

XXIX.

Wirkung der Gährung auf ein Gemenge von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas.

Von

Theodor de SAUSSURE.

(Bibliothèque universelle de Genève, No. 26. Februar 1838. S. 380.)

§. 1. Bekanntlich beläuft sich die Menge von Wasserstoffgas, welche in unsrer Atmosphäre enthalten sein kann, nicht auf ein Tausendtheil ihres Volumens. Die Seltenheit der Substanzen, welche die Verbindung dieses Gases mit dem Sauerstoffe bei der gewöhnlichen Temperatur der Luft bewirken, und die Zubereitungen, welche sie erfordern, zeigen, dass man durch diese das Verschwinden des Wasserstoffes nicht erklären kann, welcher durch die Zersetzung der organischen Substanzen beständig der atmosphärischen Luft zugeführt wird. Der elektrische Funke bei den Gewittern und die Entzündung einiger Brennmaterialien scheinen nicht hinzureichen, um diese Vernichtung unausgesetzt zu bewirken. Es wird sich ergeben, dass dieselbe grossentheils durch die Gährung der durchgängig auf der Oberfläche des Bodens verbreiteten organischen Substanzen bewirkt werde, selbst wenn sie wegen ihres kleinen Volumens und der langsamen Wirkung keine Erhöhung der Temperatur zeigen.

Bei diesen Beobachtungen müssen zwei Fälle unterschieden werden, welche ich mit aller Sorgfalt vergleichen werde; einmal der, unter welchem die Gase zu allen Theilen des gährenden Körpers leicht zutreten können; ich will ihn vollständige Berührung nennen; dann der, welchen ich unvollständige Berührung nenne, findet statt, wenn die Zusammenhäufung des gährenden Körpers oder Bedeckung mit Wasser der Wirkung der Gase zum Theil Hindernisse entgegensetzt.

Die der Gährung fähigen Körper, welche ich versucht habe und die im Zustande eines Teiges sich befanden, hatten ungefähr das Volumen einer kleinen Nuss. Sie wurden in 200 Cubikcentimeter Gas gebracht, welches in einem umgestürzten Kolben enthalten war, der einen weiten in Quecksilber tauchenden Hals hatte. Dieses Metall trat in das Innere des Halses

hinein und liess die Veränderungen des Gasvolumens bis fast auf einen halben Cubikcentimeter beurtheilen. Diese Veränderungen werde ich mit den auf Temperatur und Druck bezüglichen Correctionen angeben. Ich hätte durch Verlängerung der Operationen noch deutlichere Veränderungen des Volumens erhalten können; um aber eine grössere Genauigkeit in die Bestimmungen zu bringen, beschränkte ich sie blos auf diejenigen, welche in dem Halse der Retorte gemessen werden konnten. Alle Bemerkungen, denen keine weiteren umständlichen Angaben oder Ausnahmen beigefügt sind, beziehen sich auf die vorhergehenden Anordnungen.

§. 2. *Gährung in reinem Wasserstoffgas.*

Die Körper, mit denen ich Versuche angestellt habe, und die bei vollkommener und unvollkommener Berührung mit reinem Wasserstoffgas gährten, gingen keine Verbindung mit demselben ein und bewirkten keine Volumenverminderung, welche angeführt zu werden verdient, oder die das Volumen dieser Körper überstiegen hätte; sie vermehrten aber diese Atmosphäre beträchtlich, indem sie kohlen-saures Gas und oft Wasserstoffgas erzeugten.

§. 3. *Gährung in der Mischung des Sauerstoff- und Wasserstoffgases.*

Wenn die Gährung in einem verschlossenen Gefässe unter vollständiger Berührung einer Mischung von Sauerstoff- und Wasserstoffgas *) vorgenommen wird, in welche eins von beiden zum wenigsten zu einem Fünftel eingeht, so erleidet der Wasserstoff im Allgemeinen keine Verminderung. Ein Beispiel für dieses Resultat habe ich in meiner Abhandlung über die Veränderung der Luft durch das Keimen und Gähren gegeben **), ich hatte aber dabei anzugeben unterlassen, dass diese Bemerkung sich auf die vollständige Berührung bezieht.

Bei der unvollständigen Berührung oder unter Wasser werden die beiden Gase condensirt. Ich füge hier Beispiele für beide Fälle bei.

*) Der Sauerstoff wurde aus chloresurem Kali, der Wasserstoff durch Auflösung von Zink in Schwefelsäure bereitet.

**) S. dieses Journal. Bd. 3. 123.

154 Saussure, Wirk. d. Gährung a. d. Wasserstoffgas.

A. Versuch mit Erbsen. Vier Erbsen, welche ein Grm. wogen, wurden ihrer Keimkraft beraubt und in Gährung versetzt, indem sie mit ihrem vierfachen Gewichte Wasser unter einen mit Quecksilber angefüllten Recipienten gebracht wurden, bis sie darin ungefähr zehn Cubikcentimeter entwickelt hatten. Diese Erbsen, welche nunmehr zwei Grm. wogen, wurden an einen gekrümmten Platindraht*) gereiht und auf diese Weise in dem die Gase enthaltenden Bauche des Kolbens aufgehängt. Sie blieben acht Tage darin bei einer Temperatur von fast 21° C.

Die Atmosphäre der Erbsen enthielt:

Vor dem Versuche.		Nach dem Versuche.	
Wasserstoffgas	99,1 Cubike.	Wasserstoffgas	99,2 Cubike.
Sauerstoffgas	97,3 „	Kohlensäure	83,4 „
Stickstoffgas	3,7 „	Sauerstoffgas	11,3 „
	<hr/> 200,1 Cubike.	Stickstoffgas	<hr/> 3,4 „
			197,3 Cubike.

B. Während derselben Zeit erhielt ich ein sehr verschiedenes Resultat in einem Apparate, der eben so wie der vorige eingerichtet war, worin aber die Erbsen der vollständigen Berührung ihrer Atmosphäre nicht ausgesetzt waren, weil sie sich in vier Gramm Wasser eingetaucht befanden.

Die Retorte enthielt:

Vor dem Versuche.		Nach dem Versuche.	
Wasserstoffgas	95,3 Cubike.	Wasserstoffgas	69,8 Cubike.
Sauerstoffgas	92,6 „	Sauerstoffgas	48,4 „
Stickstoffgas	5,1 „	Kohlensäure	35,4 „
	<hr/> 193 Cubike.	Stickstoffgas	<hr/> 5,5 „
			159,1 Cubike.

Bei der Operation A nahm das Wasserstoffgas nicht ab; das Sauerstoffgas, welches verschwand, wurde in ein fast gleiches Volumen Kohlensäure verwandelt. Bei der Operation B verminderte sich die Atmosphäre um 34 Cubikcentimeter, die Verminderung des Wasserstoffgases betrug 25,5 Cubikcentimeter, das Verschwinden des Sauerstoffgases überstieg bei weitem die Erzeugung von Kohlensäure. Die Volumenverminderung begann zwei Tage nach Anfang des Versuches.

C. Versuch mit Weizen. Ein und zwanzig Weizenkörner, die ein Gramm wogen, wurden nach dem bei den Erb-

*) Das Platin und Quecksilber haben auf die allgemeinen Resultate, mit denen ich mich beschäftigte, keinen Einfluss.

sen beschriebenen Verfahren in Gährung*) versetzt, sie wurden darauf an einen Platindraht gereiht, so dass sie eine Schnur bildeten, die acht Tage lang bei einer Temperatur von 16° in einer Atmosphäre aufgehängt wurde, welche aus gleichen Theilen Sauerstoff und Wasserstoff bestand. Sie änderten das Volumen derselben nicht, condensirten keinen Wasserstoff und brachten 40,5 Cubikcentimeter Sauerstoff zum Verschwinden, welche durch dasselbe Volumen Kohlensäure ersetzt wurden.

D. Bei der folgenden Operation, welche bei unvollständiger Berührung der Gase angestellt wurde und deren Resultat dem vorher erhaltenen entgegengesetzt ist, wurden ein und zwanzig in Gährung befindliche Weizenkörner in ein rundes Beutelchen aus Gaze gebracht. Dieses Beutelchen, welches 2,4 Grammen wog und einen Raum von 2,25 Cubikcentimeter mit dem Wasser, womit es benetzt war, einnahm, wurde, ohne es unterzutauchen, in einer Atmosphäre aufgehängt, die gleiche Zusammensetzung mit der vorigen hatte. In acht Tagen erlitt sie bei 16° Temperatur eine Verminderung von 29,2 Cubikcentimeter, welche vor dem Verschwinden von 19,6 Cubikcentimeter Wasserstoff, 42,6 Cubikcentimeter Sauerstoff und der Erzeugung von 33 Cubikcentimeter Kohlensäure herrührte. Die Verdichtung wurde zwei Tage nach Beginn des Versuches merklich und sie dauerte mehrere Wochen bei demselben Weizen fort, wobei die Gase erneuert wurden. Sie konnte bei einer Temperatur von 10° bemerkt werden und fand noch statt, wenn die Menge des in dem Beutelchen befindlichen Weizens um die Hälfte vermindert wurde. Dieses war aus 0,12 Grammen dicht gewebter Gaze **) verfertigt, welche zwei

*) Die zehn Cubikcentimeter Gas, welche dieser ganz vortreffliche Weizen bei seiner vorläufigen Gährung entwickelte, enthielten ungefähr ein Drittel Wasserstoffgas. Dieselben Weizen- und Gerstesorten können je nach der Beschaffenheit der Ernte Wasserstoff bei ihrer Gährung entwickeln oder nicht. Diejenigen Sorten, welche ich früher angewendet habe (S. die oben angeführte Abhandlung), erzeugten nur Kohlensäure. Dieser Mangel entzog ihnen nicht das Vermögen, die Mischung des Wasserstoff- und Sauerstoffgases bei einer unvollständigen Berührung zu verdichten.

**) Ich will später die Wirkung der Gährung dieser Hülle auf die Mischung des Wasserstoff- und Sauerstoffgases angeben. In diesem Falle ist die Gährung der Gaze unmerklich.

156 Saussure, Wirk. d. Gährung a. d. Wasserstoffgas.

oder drei Löcher auf einem Millimeter enthielt. Da die Fächer weit grösser sind als bei gewissen Tüllen, so ist die Verdichtung nicht so merklich. Sie wird nicht bewirkt, wenn man die Körnerreihe, von der ich bei Versuch C gesprochen habe, in ein einfaches Etui oder einen Ueberzug aus dicht gewebter Gaze einschliesst. In diesem letztern Falle findet keine Zusammenhäufung statt, das Sauerstoffgas hat freien Zutritt zu den Körnern und die Berührung kann als vollständig betrachtet werden.

E. Versuch mit Heideerde. Die angefeuchteten Humusarten, welche sich zum Anbaue der meisten Pflanzen eignen, erleiden eine langsame Gährung. Diese Wirkung wird gewöhnlich nicht bemerkt, wenn sie in eine grössere Menge Wasser eingetaucht sind als diejenige ist, welche sie ohne Abtropfen zurückhalten können, weil die geringe Menge Gas, die sie erzeugen, von dem überschüssigen Wasser absorbiert wird. Wenn aber nur so viel oder noch weniger Flüssigkeit vorhanden ist als sie zurückhalten können, so bildet sich, nachdem der Teig in den luftleeren Raum gebracht und in einen mit Quecksilber angefüllten Recipienten eingeschlossen wurde, reine oder mit brennbarem Gase gemischte Kohlensäure.

Zwei Grammen Heideerde von Meudon *) wurden mit zwei Grammen Wasser gemischt, welches die zu ihrer Sättigung erforderliche Menge Wasser ist. Dieser Teig, welcher sich nach dem Anfeuchten an den Bauch des Kolbens anhing und dabei eine grosse Oberfläche darbot, wurde acht Tage lang der

*) Die bei den von mir angestellten Versuchen angewendeten Dammerden wurden durch Löcher von anderthalb Millimeter im Durchmesser gesiebt. Die gesiebte Dammerde von Meudon brauste mit den Säuren nicht auf, enthielt 0,22 organische Substanz und liess nach ihrer Verbrennung einen Rückstand, welcher hauptsächlich aus eisenhaltigem Kieselnde bestand. Hundert sechs und dreissig Grammen Teig von dieser Erde dem luftleeren Raume ausgesetzt und unter einen mit Quecksilber angefüllten Recipienten gebracht, entwickelten nur Kohlensäure. Diese zeigte sich schon in den ersten Tagen und ihre Menge belief sich nach Verlauf von fünfzehn Monaten auf 74,5 Cubikcentimeter. Der Teig, welcher im Anfange auf die Reactionspapiere keine Wirkung hatte, wurde, unabhängig von der Kohlensäure, sauer, indem er ganz deutlich Essigsäure bildete. Er gab nach dieser Gährung einen übeln Geruch von sich und lieferte mehr Extractivstoff als vor seiner Veränderung.

vollständigen Berührung der detonirenden Mischung *) ausgesetzt. Die Gase wurden dadurch nicht verdichtet, 7,5 Cubikcentimeter Sauerstoff verschwanden und wurden durch ein gleiches Volumen Kohlensäure ersetzt.

F. Die nämliche Menge Teig von dieser Erde wurde (zur unvollständigen Berührung) in dem Beutelchen aus Gaze in den Bauch des Kolbens eingeschlossen, welcher die explodirende Mischung enthielt. In acht Tagen erzeugte sich darin bei einer Temperatur von 12° eine Verminderung von 25,3 Cubikcentimeter, welche von dem Verschwinden von 17,3 Cubikcentimeter Wasserstoff, von 11,8 Cubikcentimeter Sauerstoff und von der Bildung von 3,8 Cubikcentimeter Kohlensäure herrührte. Die Verminderung wurde zwei Tage nach Anfang des Versuches bemerklich.

G. Derselbe Versuch wurde modificirt, indem ein dem vorigen ähnliches Beutelchen mit Dammerde in ein Gemenge von vier Volumen atmosphärischer Luft mit einem Volumen Wasserstoff eingeschlossen wurde. Diese nur wenig Sauerstoff enthaltende Atmosphäre erlitt in acht Tagen eine Verminderung um 12 Cubikcentimeter, welche von dem Verschwinden von 8,6 Cubikcentimeter Wasserstoff, von 14 Cubikcentimeter Sauerstoff und von der Erzeugung von 11,7 Cubikcentimeter Kohlensäure herrührte. Diese Verminderung, welche drei Tage nach Anfang des Versuches bemerklich wurde, erfolgte bei einer Temperatur von 21°.

H. Die Verdichtung des explodirenden Gemenges erfolgte ohne Dazwischenkunft der Gaze, wenn die Erde in Wasser getaucht wurde. Zu diesem Behufe wurden sechs Grammen Teig von Erde in eine Röhre von dünnem Glase gebracht, die an ihren Enden 16 Millimeter im Durchmesser und in der Höhe hatte. Diese Röhre, durch das im Halse des Kolbens befindliche Quecksilber gebracht, wurde darin mit einer Schicht Wasser von 4 Millimeter Dicke bedeckt. Nach Verlauf eines Monates hatte das explodirende Gemenge bei einer Temperatur von 16° eine Verminderung von 19,7 Cubikcentimeter erlitten, welche von der Vernichtung von 15,8 Cubikcentimeter Wasserstoff, von

*) Dieser Ausdruck, so wie der, explodirende Mischung, zeigen eine Atmosphäre an, welche aus zwei Volumen Wasserstoff und einem Volumen Sauerstoff besteht.

160 Saussure, Wirk. d. Gährung a. d. Wasserstoffgas.

Sie enthielt 0,96 verbrennliche Substanz und gab 0,04 Asche *). Vier und ein halb Grammen von dem Teige der Erde, wie die vorige im Beutelchen in den Kolben gebracht, bewirkten in dem detonirenden Gemenge in vierzehn Tagen bei einer Temperatur von 130 eine Verminderung von 10,2 Cubikcentimeter, indem sie 9,3 Cubikcentimeter Wasserstoff, 12,5 Cubikcentimeter Sauerstoff vernichteten und 11,6 Kubikcentimeter Kohlensäure erzeugten.

Vier und ein halb Grammen von dem nämlichen Teige, auf der innern Fläche des Kolbens ausgebreitet, bewirkten in siebzehn Tagen in dem detonirenden Gemenge eine kaum merkliche Verminderung. Es verschwanden 4 Cubikcentimeter Sauerstoff und wurden durch ein fast gleiches Volumen Kohlensäure ersetzt.

L. Versuch mit trocknen Dammerden. Die Pflanzenerden, mit denen ich mich bis jetzt beschäftigte, brachten bei dreiwöchentlicher Einwirkung in dem detonirenden Gemenge keine Veränderung hervor, wenn sie bei den mittleren Graden der Temperatur und der atmosphärischen Feuchtigkeit getrocknet worden waren.

M. Versuch mit dem Rückstand der Verbrennung der Dammerde. Um zu untersuchen, ob die von Natur mit der Dammerde gemengten Erden, wenn sie von dem Humus abgeschieden sind, eine Verdichtung des explodirenden Gemenges erzeugen, wählte ich den Rückstand von der Verbrennung der Heideerde von la Chapelle-en-Servat (h), weil dieser Rückstand, welcher fast neun Zehntel von dem Gewichte der Erde ausmacht, ein sehr dünner und feiner Sand ist, der durch das Verbrennen keine Modification erlitten zu haben scheint.

Dieser Sand, welcher 0,35 Wasser absorbiren kann, bringt weder im trocknen Zustande, noch beim Untertauchen, noch als Teig, welcher sich ohne Gaze an den Bauch des Kolbens anhängt, in dem detonirenden Gemenge eine Wirkung binnen einem Monate hervor. Als sechs Grammen dieses Teiges, in 0,12 Grammen Gaze eingeschlossen, in das explodirende Gemenge ge-

*) Ich erhielt (*Recherches chim. sur la végét.*) aus 100 Theilen dieser Asche in Wasser lösliche Salze 24; phosphorsaure Erdsalze 10,5; kohlensaure Erdsalze 10; Kieselerde 32; Thonerde 1; Metall-oxyde 14.

bracht wurden, so veränderte das letztere in der ersten Woche sein Volumen bei einer Temperatur von 21° nicht, nach Verlauf von funfzehn Tagen erlitt es aber eine Verminderung von 2,9 Cubikcentimeter, die sich nach Verlauf eines Monates auf 21,5 Cubikcentimeter belief. Diese rührte von der Vernichtung von 13 Cubikcentimeter Wasserstoff, von 16 Cubikcentimeter Sauerstoff und von der Erzeugung von 8,7 Cubikcentimeter Kohlensäure her. Diese Resultate zeigen, dass die Gährung der Seiden- oder Gazeuhülle einen wichtigen Einfluss bei lange fortgesetzten Operationen haben kann, dass sie aber bei allen vorigen Operationen unbedeutend gewesen ist, welche nicht über zwölf Tage dauerten und bei einer Temperatur unter 21° angestellt wurden.

N. Versuch mit Seide. Seide, von einem Zeuge entnommen, dem durch siedendes Wasser seine Appretur genommen worden war, wurde in ein Beutelchen aus dem nämlichen Stoffe gebracht. Das Beutelchen, welches im trocknen Zustande ein Gramm wog, und vier Grammen, nachdem es mit Wasser gesättigt worden war, wurde fünf Wochen bei einer Temperatur von 16° in das detonirende Gemenge gehängt. In den ersten zwei Wochen veränderte es sein Volumen nicht, während der folgenden aber erlitt es eine Verminderung von 18,8 Cubikcentimeter durch die Vernichtung von 13,6 Cubikcentimeter Wasserstoff, von 19,5 Cubikcentimeter Sauerstoff und durch die Erzeugung von 14,3 Cubikcentimeter Kohlensäure.

O. Ein Gramm von demselben Zeuge wurde mit Wasser gesättigt und mit Platindraht so aufgestellt, dass die Seide auf allen Seiten mit dem detonirenden Gemenge in vollständiger Berührung war. Sie verdichtete kein Wasserstoffgas in dem Zeitraume von fünf Wochen bei einer Temperatur von beinahe 23° , sie verminderte aber ihre Atmosphäre, indem sie mehr Sauerstoff vernichtete als sie Kohlensäure bildete, nämlich 21,5 von dem erstern auf 14 von der letztern.

P. Versuch mit Baumwolle. Ein Beutelchen, das aus 0,13 Grammen Musselin und 4,13 Grammen gekrämpelter Baumwolle, die mit Wasser gesättigt war, bestand und 0,7 Grammen trockner Baumwolle enthielt, verminderte in fünf Wochen das detonirende Gemenge um 5,4 Cubikcentimeter bei einer Temperatur von 22° . Es vernichtete 4 Cubikcentimeter Wasser-

162 Saussure, Wirk. d. Gährung a. d. Wasserstoffgas.

stoff und 20 Cubikcentimeter Sauerstoff und bildete 18 Cubikcentimeter Kohlensäure. Nach Verlauf der zwölf ersten Tage war die Verminderung des Volumens nicht merklich.

Q. Ausgebreiteter Musselin, mit Wasser gesättigt, der im trocknen Zustande ein Gramm wog, gab bei einer Temperatur von 23° in fünf Wochen 9,3 Cubikcentimeter Kohlensäure und vernichtete 11,4 Cubikcentimeter Sauerstoff und 0,8 Cubikcentimeter Wasserstoff, was eine nicht sehr merkliche Menge dieses Gases ist.

Der Teig aus Sägespänen von Eichenholz, seines Extractivstoffes beraubt, so wie von Tannenholz, in ein Beutelchen aus Gaze gebracht, veränderte, das Volumen des detonirenden Gemenges binnen zwölf Tagen bei einer Temperatur von 20° nicht. Ihre Wirkung beschränkt sich darauf, den vernichteten Sauerstoff durch ein gleiches Volumen Kohlensäure zu ersetzen.

Die Beutelchen aus allen vorher angegebenen organischen Substanzen veränderten im trocknen Zustande das detonirende Gemenge innerhalb eines Monates nicht.

Die Baumwolle und die Holzfaser erfordern im Allgemeinen viel Zeit, um eine Gährung zu erleiden, welche im Stande ist, das detonirende Gemenge zu verdichten. Sie verändern nicht so sehr als die Seide (Versuch O und Q) ihre Atmosphäre und sie zeigen, dass der Musselin, welcher ein baumwollenes Gewebe ist, bei sehr langwierigen Versuchen besser als Gaze sich eignen muss, um der Gährung fähige Substanzen darin einzuschliessen, deren Wirkung auf das Gemenge des Wasserstoffgases und Sauerstoffgases man kennen lernen will.

§. 4. Einfluss der Porosität auf die Verdichtung des detonirenden Gemenges durch Gährung.

Die vorigen Beispiele, welche beweisen, dass die organischen Substanzen das explodirende Gemenge erst nach einer Zeit vernichteten, welche hinreichend ist, sie in Gährung zu bringen, zeigen auch, dass die Gährung bei dieser Vernichtung die wesentlichste Rolle spielt. Man kann davon einen neuen Beweis geben, indem man zeigt, dass die fäulnisswidrigen Mittel ihnen dieses Vermögen nehmen, ohne ihr Gewebe zu verändern. So brachte die Heideerde von Meudon

(Versuch F), welche, als sie mit reinem Wasser gesättigt war, binnen acht Tagen das Wasserstoffgas und Sauerstoffgas condensirte, keine merkliche Verminderung hervor, als ich statt des Wassers eine Auflösung von einem Theile Kochsalz in vier Theilen Wasser anwendete. Eben so verhielt es sich, als die Erde mit Wasser getränkt wurde, das ein Hundertel Schwefelsäure enthielt. Es lässt sich jedoch nicht bezweifeln, dass die Compression der Gase, welche blos von der Porosität des der Gährung fähigen Körpers herrührt, viel zur Wirkung des letztern auf das detonirende Gemenge beitrage; denn die Gährung einer Flüssigkeit, wie Traubenmost, von dem man annehmen kann, dass er keine merklichen Poren habe, bewirkte in dem detonirenden Gemenge eine zu wenig deutliche Verminderung des Wasserstoffgases, als dass man in die Resultate einiges Vertrauen setzen könnte.

Wir sehen (Versuch M), dass der Rückstand der Verbrennung der Erde von *la Chapelle-en-Serval* das detonirende Gemenge nicht verdichtete, als er nicht in Gaze eingeschlossen war, dass er aber mit dieser Hülle nach Verlauf eines Monates (bei einer Temperatur von 21°) 21,5 Cubikcentimeter des Gemenges verdichtet hatte. Diese Operation wurde wiederholt, indem statt des kieselhaltigen Sandes ein glatter Kieselstein, eingeschlossen in angefeuchtete Gaze von demselben Gewichte, angewendet wurde, welche wegen ihrer Berührung mit der gleichfalls angefeuchteten Wölbung des Kolbens feucht blieb. Nach Verlauf von siebzehn Tagen war die Verdichtung des explodirenden Gemenges bei der vorhergehenden Temperatur unmerklich. Nach Verlauf eines Monates betrug sie 4,5 Cubikcentimeter, und nach Verlauf von zwei Monaten belief sie sich auf 8,7 Cubikcentimeter. Es waren dabei vernichtet worden 4,2 Cubikcentimeter Wasserstoff, 9,4 Cubikcentimeter Sauerstoff und 7 Cubikcentimeter Kohlensäure erzeugt worden. Diese Beobachtungen sind doppelt merkwürdig: 1) weil ihr Unterschied die Wirkung der Porosität beweist; 2) weil sie eine Ausnahme von dem allgemeinen Einflusse der vollständigen Berührung des detonirenden Gemenges mit einer in der Gährung begriffenen Substanz darbieten.

Das Vermögen, welches die der Gährung fähigen Substanzen im Allgemeinen besitzen, das Sauerstoffgas und Was-

164 Saussure, Wirk. d. Gährung a. d. Wasserstoffgas.

Sauerstoffgas nur dann zu verdichten, wenn sie sich in unvollständiger Berührung mit ihnen befinden, lässt sich durch die Annahme erklären, dass die Verwandtschaft des Kohlenstoffes zu dem Sauerstoffgase stärker ist als die des letztern zu dem Wasserstoffgase. Der Kohlenstoff wird wegen seines Eintauchens in Bezug auf das Sauerstoffgas als nicht vorhanden betrachtet, welches sich bloß alsdann mit dem Wasserstoffgase verbindet.

§. 5. *Verhältniss des Verschwindens des Wasserstoffgases zu dem des Sauerstoffgases bei der Gährung.*

Beim ersten Blicke findet man bei den vorigen Operationen kein Verhältniss zwischen der Vernichtung des Wasserstoffgases und der des Sauerstoffgases. Ihre Unbeständigkeit in dieser Hinsicht hängt von der Bildung der Kohlensäure ab, welche nicht immer den nämlichen Ursprung hat.

Eine dieser Bildungsarten ist, wenn die Säure nur einen ihrer Bestandtheile (den Kohlenstoff) von dem der Gährung fähigen Körper entnimmt, während der andere Bestandtheil (der Sauerstoff) von der Atmosphäre hergegeben wird. Die Menge Wasser und die Zusammenhäufung, welche beide zu der Gährung nothwendig sind, durch die die Verdichtung des explodirenden Gemenges bewirkt wird, können von der Art sein, dass die Verbindung des Kohlenstoffes mit dem Sauerstoffe der Luft nicht dadurch gehindert wird. Diese alsdann sehr beschränkte Wassermenge fand sich vor, wenn die, welche den der Gährung fähigen zusammengehäuften Körper, z. B. das Beutelchen, sättigte, geringer oder nur wenig grösser war als das Gewicht des Beutelchens im trocknen Zustande, und wenn das Sauerstoffgas in reichlichem Ueberschusse vorhanden war. So war es z. B. bei dem Weizen D, der Heideerde F, der Ackererde I. In diesen Fällen ist der Ursprung der Säure bestimmt und man findet ungeachtet der bei dieser Art von Beobachtungen vorkommenden Fehler, dass die Menge des Sauerstoffgases, die zur Bildung der Säure nicht gebraucht wurde, sich mit dem Wasserstoffe in dem Verhältnisse verband, worin sie Wasser bilden. So sieht man bei der Operation D, wo die Atmosphäre des Weizens um 29,2 Cubikcentimeter vermindert wurde und wo er 19,6 Cubikcenti-

meter Wasserstoff, 42,6 Cubikcent. Sauerstoff vernichtete, indem er 33 Cubikcent. Kohlensäure erzeugte, dass, wenn man von den 42,6 Cubikcent. vernichtetem Sauerstoff den Sauerstoff der Säure wegnimmt, 9,6 Cubikcent. Sauerstoff übrig bleiben, die sich mit 19,6 Wasserstoff verbanden, d. h. in dem Verhältnisse, in welchem das Wasser zusammengesetzt ist. Fast eben so verhält es sich mit den Operationen F, I, M. Sie zeigen Abweichungen, wenn der Sauerstoff zu einem andern Zwecke verwendet wurde als dem, sich mit dem Wasserstoffe des detonirenden Gemenges zu verbinden, und zur Bildung der Kohlensäure. Uebrigens müssen die Operationen lange Zeit beendigt sein, ehe das ganze Sauerstoffgas vernichtet ist.

Die zweite Bildungsweise der Kohlensäure ist die, wenn sie ihre beiden Bestandtheile von dem gährenden Körper entnimmt. Dieser Fall findet statt, wenn der Sauerstoff gänzlich ausgeschlossen ist (§. 2). Tritt er nur in geringer Menge dazu, so gehen die beiden Bildungsweisen zugleich vor sich und lassen sich nicht unterscheiden. Dieses Resultat wird durch das Eintauchen erhalten, welches dem der Gährung fähigen Körper nur durch eine beträchtliche Schicht Wasser mit dem Sauerstoffgase in Verbindung zu treten gestattet. Es verhält sich eben so, wenn der Körper, ohne untergetaucht zu sein, eine Wassermenge aufnehmen kann, welche die des Gewichtes dieses Körpers im trocknen Zustande bedeutend übersteigt, oder endlich, wenn die Atmosphäre der Gährung nur eine geringe Menge Sauerstoff enthält. So ist es bei den Operationen B, G, H, K der Fall, bei denen man das Verhältniss nicht findet, in dem die beiden Gase verschwinden; man muss aber vermuthen, dass sie sich in dem vorhergehenden Verhältnisse verbunden haben und dass der übrig bleibende Sauerstoff in der Kohlensäure enthalten ist, welche der organische Körper ganz allein hergegeben hat.

Der Grund, warum die gährende Substanz bei der vollständigen Berührung des Sauerstoffgases nicht die beiden Bestandtheile der Kohlensäure erzeugt, lässt sich auffinden, wenn man bedenkt, dass ein Körper, wenn alles gleich ist, sich eher mit einem freien Stoffe vereinigt als mit demselben Stoffe im verbundenen Zustande. Beim Untertauchen kann das freie Sauerstoffgas als nicht vorhanden betrachtet werden. Der Kohlenstoff,

166 Saussure, Wirk. d. Gährung a. d. Wasserstoffgas.

welcher alsdann keinen entgegenwirkenden Stoff findet, verbindet sich mit dem Sauerstoffe, welcher in dem gährenden Körper enthalten ist. *)

§. 6. *Einfluss einiger Gase auf die Verdichtung des explodirenden Gemenges durch die Gährung.*

Die Verdichtung des explodirenden Gemenges durch die Gährung lässt sich in mehreren Hinsichten mit dem Resultate vergleichen, welches man bei der Temperatur der Luft mit einigen Platinpräparaten oder mit einer geringen Anzahl anderer Metalle erhält. Bis jetzt unterscheiden sich die Wirkungen nur durch die Entzündung, die Geschwindigkeit oder Intensität der Wirkung und durch die Erzeugung der Kohlensäure.

Um diese Vergleichung fortzusetzen, untersuchte ich, ob einige Gase, deren Einfluss auf die Platinwirkung man versucht hat, um dieselbe zu modificiren, eine analoge Wirkung bei der Verdichtung durch Gährung erzeugen würden. Die von Faraday mit einem vollkommen gereinigten Platinbleche erhaltenen Resultate leiteten mich vornehmlich bei diesen Untersuchungen, die ich jedoch wegen der dazu erforderlichen Zeit nicht genug habe abändern können.

Alle meine Versuche sind mit einem Beutelchen angestellt, das, mit Weizen gefüllt, in einen Kolben gebracht wurde, eben so wie bei Versuch D. Nachdem ich das Gefäss mit Wasser angefüllt und dieses durch die Gase verdrängt hatte, wurde eine kleine Menge der letzteren mitten durch das Quecksilber herausgebracht, um ihr Verhältniss für den Fall zu bestimmen, dass es beim Durchgang durch das Wasser verändert

*) Man sieht, dass, unabhängig von schon bekannten Gründen, die unmittelbare Berührung der Luft mit der sich durch eine langsame Gährung zersetzenden Substanz der Alkoholgewinnung schadet; denn seine Analyse so wie die des Zuckerstoffes, woraus er entsteht, beweisen, dass der Sauerstoff der bei der Gährung sich entwickelnden Kohlensäure fast ganz vom Zucker hergegeben werden und so eine Quelle haben muss, die grossentheils durch das Eintauchen in die Flüssigkeit bedingt ist, die aber nicht mit einer vollständigen Berührung zwischen dem Zuckerstoffe und dem Sauerstoffe vereinbar ist. Ich spreche hier vornehmlich von einer langsamen Gährung, weil die schnelle und reichliche Entwicklung der Kohlensäure sich der Berührung der Luft widersetzt.

worden wäre. Der Versuch dauerte zwölf Tage, da die Verdichtung bei den 200 Cubikcent. Gas, die in dem Kolben enthalten waren, sich vor diesem Zeitpuncte nicht offenbarte. Ein längerer Zeitraum wäre bei dem Weizen überflüssig gewesen, weil die Vermehrung der Kohlensäure und das Verschwinden des Sauerstoffes sich der Verdichtung widersetzen.

Das Wort Gährung, welches ich hier in einem allgemeinen Sinne zu gebrauchen scheine, bezieht sich nur auf die besonderen Beschaffenheiten meiner Operation. Die gährenden Körper müssen sich wie das Platin verhalten, welches unter einer Gestalt auf gewisse Gase eine Wirkung ausübt, die es in einem andern Zustande nicht hat. Ich wählte das Platinblech zum Gegenstande der Vergleichung, weil seine Wirkung, die bei weitem nicht so kräftig ist als die des Platinschwammes und vornehmlich die des Platinmohres, besser mit der noch langsamern und schwächern Wirkung der Gährung verglichen werden kann.

Wasserstoffgas. Ein Volumen detonirendes Gemenge, in dem das Wasserstoffgas durch die Auflösung des Zinkes in Schwefelsäure erzeugt worden war, wurde durch die Gährung nach Hinzusetzen von drei Volumen desselben Wasserstoffgases verdichtet. Eben so verhielt es sich nach Hinzusetzen von drei Volumen Sauerstoffgas oder drei Volumen Stickstoffgas. *)

Das durch die unter Wasser vorgehende Gährung des Roggens gebildete Wasserstoffgas verhielt sich wie das vorige Wasserstoffgas bei seiner Verdichtung durch die Gährung des Weizens.

Nicht so verhielt es sich mit dem durch die Zersetzung des Wasserdampfes mittelst glühenden Eisens gebildeten Wasserstoff. Dieses Gas, statt des Wasserstoffgases gebraucht, welches bis jetzt bei der Zusammensetzung des explodirenden Gemenges Anwendung fand, wurde durch die Gährung nicht vermindert. Das Sauerstoffgas verschwand nur wegen seiner

*) Das Stickstoffgas wurde durch Blei aus der Luft abgeschieden (*Mém. de la Soc. de Phys. et d'Hist. Nat. de Geneve T. VII*). Das mittelst eines Teiges von Eisen, Schwefel und Wasser abgeschiedene Stickstoffgas verhinderte die Verdichtung des Wasserstoffgases in dem detonirenden Gemenge, wenn man immer ein Volumen des letztern und drei Volumen Stickstoffgas zuließ.

168 Saussure, Wirk. d. Gährung a. d. Wasserstoffgas.

Verwandlung in Kohlensäure. Faraday hatte an einem Platinbleche die sonderbare Anomalie beobachtet, welche dieses Gas zeigt. Er hatte selbst gesehen, dass beim Hinzusetzen von einem Volumen dieses Wasserstoffes zu vier und ein halb Volumen des gewöhnlichen explodirenden Gemenges dieses letztere sich nicht verdichtete. Ich erhielt in dieser Hinsicht bei der Gährung ein anderes Resultat. Ein Volumen anomales Wasserstoffgas und vier Volumen von dem gewöhnlichen explodirenden Gemenge erlitten nach Verlauf von neun Tagen durch die Gährung bei einer Temperatur von 11° eine Verminderung von 25,3 Cubikcent. Bei dieser Absorption, welche nach Verlauf von fünf Tagen begann, wurden 16,6 Cubikcent. Wasserstoff, 36,7 Cubikcent. Sauerstoff vernichtet und 28 Cubikcent. Kohlensäure erzeugt.

Entzündliches Sumpfgas *). Dieses Gas, zu gleichen Theilen mit Sauerstoffgas gemischt, erlitt weder eine Verminderung noch eine Veränderung durch die Gährung. Eben so ist es mit dem Platinbleche. Dieses Kohlenwasserstoffgas muss jedoch zu der Classe von Gasen gerechnet werden, die der Verdichtung des explodirenden Gemenges durch die Gährung kein Hinderniss entgegensetzen; denn gleiche Volumen Wasserstoff, Sauerstoff und Sumpfgas erlitten nach Verlauf von fünf Tagen eine Verminderung von 31 Cubikcent. bei einer Temperatur von 18° . Das Sumpfgas wurde bei dieser Operation nicht merklich verdichtet.

Oelbildendes Gas. Dieses Gas, zum detonirenden Gemenge in dem Verhältnisse von 1 zu 3 hinzugesetzt, verhin- derte die Verdichtung dieses letztern bei einer Temperatur von

*) Ich bediene mich dieses Ausdruckes, weil die Zusammensetzung, welche ich oft bei dieser Art von Gas in verschiedenen stehenden Gewässern fand, (nach Abzug der in ihnen enthaltenen andern Gasarten) nicht identisch war und sich mehr oder weniger von der dem Kohlenwasserstoff beigelegten entfernt. 100 Theile des Kohlenwasserstoffgases, welches ich hierbei anwendete, verzehrten (nach Abzug von 28 Theilen Stickstoffgas) 224 Theile Sauerstoffgas und bildeten 103 Theile Kohlensäure. Es war nach der Analyse und der Probe mit geschmolzenem Kalium frei von Sauerstoffgas. Man wird wahrscheinlich finden, dass der Stickstoff, welchen ich als diesem Gase fremd betrachtete, zum Theil zu seiner Zusammensetzung wesentlich war.

220. Sie wurde aber bei der nämlichen Temperatur bemerkt, als ein Volumen ölbildendes Gas zu vier Volumen detonirenden Gemenges gesetzt wurde. Die Verminderung des Volumens betrug nach Verlauf von sechs Tagen 33,75 Cubikcent. Das ölbildende Gas wurde nicht zersetzt. Faraday fand, dass es hinreichte, $\frac{1}{48}$ ölbildendes Gas zu dem detonirenden Gemenge zu setzen, um seine Verdichtung durch das Platinblech zu verhindern. W. Henry zeigte aber, dass dieser Widerstand nicht so gross sei, obgleich er immer sehr beträchtlich ist.

Kohlenoxydgas. Ein Volumen von diesem Gase, zu neun Volumen explodirenden Gemenges hinzugesetzt, verhinderte die Verdichtung dieses letztern durch die Gährung bei einer Temperatur von 16° völlig. Der grösste Theil des Sauerstoffgases verschwand und wurde durch ein gleiches Volumen Kohlensäure ersetzt. Das Kohlenoxydgas erlitt keine Verminderung. Faraday sah, dass dieses Gas in Verhältnissen, wie diese, die Wirkung des Platinbleches völlig hinderte, dass aber die Verdichtung erfolgte, wenn die Menge des Kohlenoxydes auf $\frac{1}{18}$ des explodirenden Gemenges reducirt worden war. Er findet so, dass das ölbildende Gas mehr als das Kohlenoxydgas die Verdichtung hindert. Die Beobachtungen Henry's beweisen das Gegentheil. Meine Resultate durch die Gährung stimmen mit denen dieses letztern Chemikers überein.

Henry erklärt das Hinderniss, welches das Kohlenoxyd der Vernichtung des explodirenden Gemenges entgegensetzt, durch die Annahme, dass das Sauerstoffgas geringere Verwandtschaft zum Wasserstoffgase habe als zu dem Kohlenoxydgase, weil das letztere bei der Wirkung des Platins sich in Kohlensäure verwandle. Diese Erklärung aber scheint für die durch die Gährung erhaltenen Resultate keinen Werth zu haben, weil sie das Kohlenoxydgas nicht veränderte.

Turner ist geneigt, die hemmende Wirkung einer mechanischen Wirkung beizumessen, vermöge deren gewisse Gase die metallische Oberfläche des Platins verunreinigen. Ich werde in einer nächsten Abhandlung Beobachtungen beschreiben, welche diese Erklärungsart im Allgemeinen bestätigen.

Kohlensaures Gas. Ein Volumen dieses Gases, zu vier Volumen des explodirenden Gemenges hinzugesetzt, verhinderte völlig dessen Verdichtung durch die Gährung bei einer Tem-

170 Saussure, Wirk. d. Gährung a. d. Wasserstoffgas.

peratur von 23°. Diese starke hemmende Wirkung findet statt, wenn die Operation mit dieser Säure angefangen wird. Wird sie aber ohne dieselbe vorgenommen und ist ihre Anwesenheit eine Folge der Gährung, so setzt sie der Verdichtung weit weniger Hinderniss als bei der vorigen Operation entgegen. Faraday rechnete dieses Gas zu denen, welche, wie der Stickstoff und Sauerstoff, der Vernichtung des explodirenden Gemenges kein beträchtliches Hinderniss entgegensetzen. Diese Beobachtung kann in Bezug auf das Platin richtig sein und doch keine Anwendung auf die Wirkung der Gährung leiden, wegen der fäulnisswidrigen Eigenschaft der Säure.

Stickstoffoxydulgas. Drei Volumen dieses Gases, zu einem Volumen des explodirenden Gemenges hinzugesetzt, verhinderten die Verdichtung des letztern nicht. Dieses Gemenge nahm um 16 Cubikcent. nach Verlauf von neun Tagen bei einer Temperatur von 10° ab. Neun Cubikcent. Stickstoffoxydulgas wurden zersetzt und entwickelten ein fast gleiches Volumen Stickstoff. Die Verminderung fing nach Verlauf von fünf Tagen an. Faraday sah gleichfalls, dass dieses Gas zu denen gehörte, welche die Wirkung des Platinbleches auf das explodirende Gemenge nicht hindern.

Aus dem vorher Gesagten sieht man, dass zwischen der Wirkung der Gährung und der des Platins in Bezug auf die hemmende Wirkung einiger Gase auf die Verdichtung des detonirenden Gemenges viel Analogie stattfindet; denn die Gase, welche, wie der Stickstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, das Stickstoffoxydulgas, diese Verdichtung durch das Platin nicht verhinderten, hemmten auch die durch die Gährung nicht. Dieselbe Aehnlichkeit findet man, mit nicht sehr bedeutenden Abweichungen, zwischen den Gasen, welche, wie das Kohlenoxydgas und das ölbildende Gas, sich durch hemmende Wirkung unterscheiden. Die Kohlensäure, welche wegen ihrer fäulnisswidrigen Eigenschaft nicht wirkt, muss von dieser Vergleichung ausgeschlossen werden.

S c h l u s s.

Die Verbindung des Wasserstoffgases mit dem Sauerstoffgase kann ohne Entzündung bei der Temperatur der Luft durch

Substanzen bewirkt werden, welche eine langsame Gährung erleiden.

Sie bewirken diese Vereinigung, wenn sie zusammengehäuft und mit einer Menge Wasser befeuchtet werden, welche hinreicht, um ihre vollständige Berührung mit dem Sauerstoffgase zu verhindern. Wenn man die Berührung dadurch geschehen lässt, dass man die Oberfläche des der Gährung fähigen Körpers vermehrt oder die Wassermenge vermindert, so wird das Wasserstoffgas nicht absorbirt und das Sauerstoffgas geht in andere Verbindungen ein.

Die Porosität des gährenden Körpers trägt sehr zur Vernichtung des detonirenden Gemenges bei.

Mehrere Beobachtungen beweisen, dass das Wasserstoffgas, welches durch die Gährung verschwindet, sich mit dem Sauerstoffgase im Verhältnisse der Bestandtheile des Wassers verbinde. Der Beweis erfordert, dass das letztere Gas nur zur Bildung dieses Wassers und der ganzen bei der Operation sich erzeugenden Kohlensäure verwendet werde.

Die in dieser Abhandlung angeführten der Gährung fähigen Substanzen bewirken die Verbindung des Sauerstoffgases und Wasserstoffgases nicht vor dem Eintreten der Gährung, noch auch, wenn dieselbe durch ein fäulnisswidriges Mittel aufgehalten wird.

Die Dammerden und der mit verschiedenen Erden verbundene Humus erleiden, sobald sie befeuchtet sind, eine langsame Gährung, die ihnen das Vermögen giebt, die Vernichtung des Gemenges des Wasserstoffgases und Sauerstoffgases zu bewirken.

Das Kohlenoxydgas, die Kohlenwasserstoffgase, das durch glühendes Eisen aus Wasser erhaltene Wasserstoffgas wurden durch die Gährung nicht zerstört, wenn sie statt des gewöhnlichen Wasserstoffgases in dem explodirenden Gemenge angewendet wurden, das aus zwei Volumen dieses letztern Gases und einem Volumen Sauerstoff bestand.

Das Stickstoffgas, Wasserstoffgas und Sauerstoffgas, zu dem explodirenden Gemenge hinzugesetzt, hindern seine Vernichtung durch einen gährenden Körper nicht bedeutend, eben so wenig

172 Saussure, Wirk. d. Gährung a. d. Wasserstoffgas.

wie die, welche unter denselben Umständen durch ein zuvor gereinigtes Platinblech bewirkt wird.

Die Gase, welche, wie das Kohlenoxyd und das ölbildende Gas, sich durch den Widerstand auszeichnen, den sie der Verbindung des Wasserstoffgases und Sauerstoffgases durch das Platin entgegensetzen, bieten auch der Verbindung derselben durch die Gährung ein grosses Hinderniss dar.

Das Stickstoffoxydulgas, zu dem explodirenden Gemenge hinzugesetzt, wurde zum Theil durch die Gährung zersetzt und es hinderte die Verbindung des Wasserstoffgases und Sauerstoffgases nicht.

Diese Resultate und vornehmlich die, welche sich auf die vegetabilischen Erden beziehen, zeigen, dass das Wasserstoffgas sich in unserer Atmosphäre nicht ansammeln kann. Die Operationen, bei denen mehrere entzündliche Kohlenwasserstoffgase die Wirkung der Gährung bei Anwesenheit des Wasserstoffgases und Sauerstoffgases hinderten, sind zu beschränkt, um zu der Annahme zu berechtigen, dass die ersteren nicht bei der Temperatur der Luft durch dieses Verfahren vernichtet werden könnten. Die gährenden Körper müssen sich wie das Platin verhalten, das in gewissen Gestalten auf die Gase eine Wirkung ausübt, die es in einem andern Zustande nicht besitzt.

Der Einfluss der Elektricität, um die Verbindung des Wasserstoffgases und Sauerstoffgases zu bewirken, und die Beobachtungen, nach denen dieses Fluidum als eine der hauptsächlichsten Ursachen der Gährung betrachtet wird, müssen auf die Vermuthung bringen, dass dieses Agens in Verbindung mit der Porosität der gährungsfähigen Körper die neuen Resultate erzeugte, welche die Gährung uns darbot.
