

I.

Beiträge zur Geschichte der Gährungstheorieen.

Unter den vielen Fragen, die seit den ältesten Zeiten die Naturforscher beschäftigen, ist eine, deren Erledigung der modernen Wissenschaft möglich geworden ist. Es ist die Frage der sogenannten Urzeugung (*generatio æquivoca*), d. h. die Frage: Ist die Entstehung von belebten Individuen ohne Entwicklung aus einem Keime möglich, oder anders gesagt: Können aus unbelebten Massen Organismen entstehen? Diese Frage muß nach den Untersuchungen Ehrenbergs, Schwann's u. A., vor Allem aber in Folge der epochemachenden Entdeckungen Pasteurs*) verneint werden. Nur Aberglauben und Ignoranz können noch (wie zu Aristoteles Zeiten von Schlangen, Fröschen, Aalen, Raupen geglaubt wurde) Thatsachen wie das Entstehen von Insekten aus fauligem Moder für möglich halten: unerschütterlich besteht jetzt zu Recht der Ausspruch Harveys: *Omne animal ex ovo*. —

Freilich — nicht so evident wie für die höher organisirten Thiere scheint die Unmöglichkeit einer Urzeugung für jene Wesen zu sein, welche auf der untersten Stufe des Lebens sowohl als der Organisation stehen, dort, wo die Gebiete und Formen der Thier- und Pflanzenwelt ineinander greifen, für jene kleine Organismen, deren gering ausgeprägte Individualität gemeiniglich die Beantwortung der Frage, zu welchem Reiche sie gehören, schwer macht. Solcher Art sind die mikroskopischen Wesen, welche bei jeder Gährung, Fäulniß und Verwesung, sei es nun ursächlich oder sekundär, auftreten, — oft in größter Menge, weil mit ungemeiner Schnelligkeit sich vermehrend. Pasteur nun hat gezeigt, daß in allen solchen Fällen, wo eine scheinbare Urzeugung stattfindet, mikroskopisch kleine, in der atmosphärischen Luft umherflotternde Sporen d. i. Keime die Ursache jener gleichsam aus Nichts entstehenden Organismen werden, sobald auf gewissen Grundlagen die Bedingungen zu ihrer Keimung erfüllt sind; er hat gezeigt, wie vor ihm schon von Spallanzani und Schwann geschehen war, daß in geglüheter oder (nach dem Vorgange von Schröder und Dusch) durch Baumwolle filtrirter Luft durchaus keine Fäulnißerscheinungen beobachtet werden können, weil durch diese Methoden die Keime

*) Pasteur, Mémoire sur les corpuscules organisés qui existent dans l'atmosphère. Annales de chimie et de physique Paris 1862. Und Compt. rend. Bd. 48—52.

zur Fäulniß zerstört werden. Man hat sich gewöhnt, alle jene Zersetzungen organischer Körper, welche unter Mitwirkung solcher mikroskopischen Wesen*) vor sich gehen, unter dem Namen „Gährungserscheinungen“ zusammenzufassen. Es gehören dahin nicht bloß die Gährungsproceße im engeren Sinne, die alkoholische Gährung bei der Spiritus- und Wein-, die Essiggährung bei der Essigfabrikation, die Milchsäuregährung bei dem Sauerwerden der Milch, bei der Bereitung der sauren Gurken und des Sauerkrauts, nicht bloß die Fäulniß- und Verwesungsproceße, welche da statt haben, wo die organischen Theile eines todtten Körpers gasförmig in den Schoß der Mutter Natur zurückkehren, — es gehören zu den Gährungserscheinungen auch im Wesentlichen alle jene dämonischen Krankheiten, wie Cholera, Typhus, Diphtheritis, Lazarethbrand, Pocken u. a., welche gleich düsteren Nachtvögeln von todeschwangeren Bestätten her zeitweise ihren unheilvollen Flug über die Erde hin nehmen, hier kürzer verweilend, dort in längerer Zeit Tausende hinwegraffend, überall meist siegreich triumphirend über der Menschen Wissenschaft und Bemühungen. Daß diese (septischen) Krankheiten ihre Ursache in der Existenz jener verhängnißvollen mikroskopischen Organismen, ihre epidemische Verbreitung in der collossal schnellen und leichten Wucherung derselben haben, gilt als ausgemacht, seitdem es Fuchs und Brunnell (1848) und später Davaine und Meißner**) gelungen ist, in dem Blute milzkranker Kinder die Anwesenheit von Bakterien nachzuweisen, seitdem Klob und Thomé***) den Choleraepidemie entdeckt haben, seitdem eine regelrechte Züchtung des Diphtheritispilzes gelungen ist und die als Muscardine bekannten Krankheiten des Kiefernspinners †) und des Seidenwurmest ††) als Krankheiten in Folge von Pilzbildungen erkannt worden sind.

So haben die Gährungsvorgänge ein erhöhtes Interesse bei den Chemikern, Aerzten, Botanikern und Zoologen gefunden und — seitdem Pettenkofer nachgewiesen, daß das Steigen des Grundwassers in den Städten die Bedingungen des Wucherns der Gährungspilze vermehre, also das Auftreten der epidemischen Krankheiten befördere, — auch in weiteren als in den gelehrten Kreisen. Ueberall bemüht man sich jetzt, die Eigenschaften und Wirkungen der Gährungserreger (Fermente), den Verlauf der Gährungen, und, wo nöthig, die Mittel zu ihrer Unterdrückung zu studiren. Nebenher aber geht das Streben nach einer Erkenntniß des eigentlichen Wesens des Gährungsprocesses. Es findet sich ausgesprochen in den verschiedenen „Gährungstheorien,“ welche, reich an streitigen Punkten, eines der interessantesten Capitel der modernen Chemie ausmachen. —

Bei dieser Lage der Dinge ist es gerechtfertigt, einen Blick auf die bisherige Entwicklung der Gährungschemie zu werfen und neben der Herausbildung der positiven Kenntnisse den Gedankengang in den verschiedenen Erklärungen der wunderbaren Gährungserscheinungen zu verfolgen. Es ist theilweise geschehen von Höfer in seiner „Histoire de la Chimie,“ von G. Koppe in seiner klassischen „Geschichte der Chemie,“ deren Angaben an den bezeichneten

*) Fermente, Schimmel, Gährungspilze, Infusorien, Bakterien, Vibrionen u. s. w.

**) Meissner, Ueber das Wesen des Milzbrandes u. der Postula maligna. Berl. klinische Wochenschrift 1864.

***) Thomé, *Cylindrotænum cholerae asiaticæ* Virchows Archiv Bd. 38.

†) *Fumago salicina*. — Hallier, Zeitschrift für Parasitenkunde Bd. 1.

††) *Botrytis bassiana*.

Stellen reproducirt sind, und abgesehen von den kurzen Uebersichten in den verschiedenen Lehr- und Handbüchern nur noch (soweit mir bekannt) in einem Aufsatz von Lunge im Journal für praktische Chemie. (T. 8. 385.)

Ich habe es für geboten erachtet, wenngleich die Forschungen und Theorien der letzten Decennien ungleich interessanter sind, als die der früheren Zeiten, die Geschichte dieser Theorien in diesen Blättern mit dem Schluß des vorigen Jahrhunderts beendet sein zu lassen. —

I. Der Zeitraum bis Boyle.*)

Obgleich den Alten die Gährungsercheinungen bekannt waren (Bereitung von Wein, Bier, Essig bei Indern, Aegyptern, Römern und Deutschen), so gelangten sie jedoch noch nicht dazu, sich eine Vorstellung über die Ursachen und das Wesen dieser Erscheinungen zu machen. Plinius weiß sich nur dahin zu äußern, „daß offenbar eine Säure bei der Gährung thätig sei.“ Nichts weniger als klar sind ferner die Ansichten der älteren Alchimisten über Gährung und Ferment; und es ist um so schwieriger, ihre Ansichten zu eruiren, als sie die Ausdrücke fermentativ und fermentum im weitesten Sinne für Veränderungen an und in den Körpern und deren Ursachen gebrauchten. Jedoch wird bei Petrus Bonus die Eigenschaft des Ferments dahin präcisirt, daß dasselbe die Kraft besitze, andere Massen sich zu assimiliren (ad se convertere), und es liegt deshalb eine Vergleichung des Ferments mit dem Stein der Weisen nahe. Klarer als die Ansichten dieser älteren Alchimisten (Raimundus Lullus, Bonus, Ripley u. A.) sind schon die der Chemiker des 16. Jahrhunderts, vor Allen des Basilius Valentinus und Libavius. Ersterer erklärt die Gährung als eine Scheidung des Trüben vom Klaren, des purum vom impurum, indem das Klare, der „spiritus,“ in der Gährungsflüssigkeit schon existirend aber durch das Unreine gewissermaßen neutralisirt, erst durch den Gährungsproceß frei werde. Der Zweitgenannte definirt die Gährung als eine „exaltatio,“ die im Wesentlichen eine Wirkung der Wärme sei.

Präcisier sind die Ansichten Van Helmonts und zwar deshalb, weil sie sich auf exacte Beobachtungen stützen. Er, der mit und neben Boyle, Glauber, Kundel die Wissenschaft von den Fesseln scholastischen Aberglaubens befreite, den Gebrauch der Wage betonte, war es zuerst, der das sich bei der Gährung entwickelnde Gas, gas vinorum, untersuchte und seine Identität mit dem beim Verbrennen von Kohlen entstehenden, dem gas carbonum, aussprach. Hunc spiritum silvestrem (den beim Verbrennen von Kohlen entstandenen) incognitum hactenus novo nomine gas voco, qui nec vasis cogi nec in corpus visibile reduci potest. Corpora vero continent hunc spiritum et quandoque tota in ejusmodi spiritum abscedunt, est spiritus concretus et corporis more coagulatus, excitaturque acquisito fermente ut in vino, pane, hydromele etc. Er sagt ferner, daß die Trauben nur bei Gegenwart von Luft gähren und daß das sich bildende Gas es sei, welches die Weine moussiren mache. Der spiritus silvestris werde ferner erzeugt bei Einwirkung von Essig auf Krebssteine, in der

*) Koppe a. a. D.

Hundsgrotte, in den Heilquellen x. Die Gährung selbst definiert er als „die Veränderung, welche die Körper in unendlich kleine Theile theilt,“ und damit hängt es zusammen, wenn er sagt, daß omnem transmutationem formalem præsupponere fermentum corruptivum, ein Satz, welcher heutzutage der medicinischen Theorie als Motto dienen könnte, welche alle Krankheiten auf Fermentwirkungen zurückführt.

Eine Erweiterung der positiven Kenntnisse über die Gährung geschah durch Kunckel (1650), indem er erstens lehrte, daß bei der freiwilligen Gährung von Fruchtsäften ein Theil des Weingeistes sich in Essig verwandle*), indem er zweitens zeigte, daß Säuren die Gährung verhindern,**) und indem er drittens zuerst die Bildung von Ammoniak aus der Gese d. i. den Stickstoffgehalt derselben beobachtete***). Ueber das Wesen der Gährung aber sagt er nur so viel, daß sie mit der Fäulniß verwandt sei „wie Schwester und Bruder, daß man kaum weiß, welchem von Beiden man den Vorzug geben soll.“ Und wiederum in „Fäulniß versehen heißt, der Sache mit einer feuchten Wärme zu Hülfe kommen, dadurch die Fäulung und Aufschließung der Theile gewirkt werde. Denn ohne Abwechslung der Principien als Wärme, Kälte, Luft, Licht und Finsterniß kann keine Alteration vorgehen, indem durch deren Bewegung und Durcheinanderwirkung Alles wird, was in der Natur und Kunst gewirkt wird.“

In ähnlicher Weise wie Helmont und Kunckel äußert sich Joach. Becher (1635—1682†). Auch er weiß, daß zuckerhaltige Flüssigkeiten bei der Gährung Weingeist und bei längerer Dauer derselben Essig liefern. Das Letztere geschähe dadurch, daß die „salzigen“ Theile über die „schwefligen“ das Uebergewicht erhielten.

Auch Fr. Sylvius Deleboë, (1659, ††) der große Physiolog des 17. Jahrhunderts, kommt in seinen Abhandlungen über Respiration und Verdauung auf die Gährung zu sprechen und betont wiederholt aufs Entschiedenste den Unterschied der Gasentwicklung bei der Gährung von der effervescentia beim Zusammenbringen von Säuren mit kohlenfauren Alkalien. Bei der ersten erfolge eine Zerlegung, bei der letzteren eine Verbindung. „Nam hujus (fermentationis) finis est partium misti ad faciliorem sui segregationem dispositio per salinarundem vinculi dissolutionem; illius autem, spiritus acidi cum lixivioso sale coagulatio, aliove subjecto concentratio, adeoque cum ipsis conjunctio.“

Es sei gestattet, an dieser Stelle anticipando zu erwähnen, daß die von Helmont begonnenen Untersuchungen über das bei der Gährung sich entwickelnde Gas von Hooke und Wren

*) „Zermalme Maulbeeren und setze sie vor sich in eine Wärme, so fangen sie in sich selber an zu fermentiren. Wenn Du nun siehest, daß sie fallen und säuerlich riechen und destillirest sie, so bekommst Du einen schönen Spiritum, obwohl nicht so viel als wenn durch Bierhefen geholfen wird. Denn durch die erste langsame Fermentation verkehrt sich soviel in eine Säure, die hernach nicht als ein spiritus vini übergehen kann.“ K.'s Vollst. Laborat. chymicum. Viert. Thl. cap. IV.

**) „Wenn Du einige Tropfen von Vitriolöl oder sonst von einem spiritu acido hinzutropfelst, so stehet die Fermentation stille.“ Eod. I.

***) Wenn man Most gähren lasse, die sich abscheidende Gese sammle und einfache, so ergebe sich eine große Menge sowohl von *sal volatile* als von *sal fixum* oder *alkali*. Eod. I. Thl. II. cap. I.

†) Koppe, Gesch. d. Chemie Bd. IV. 292.

††) Koppe, Eod. 290.

(1664) wieder aufgenommen und von ihnen und später von Black (1757) die völlige Identität desselben mit dem bei der Einwirkung von Säuren auf kohlen saure Salze sich entwickelnden Gase constatirt wurde.

II. Von Boyle bis auf Lavoisier.

Sind die im Vorhergehenden dargelegten Ansichten über die Gährung nur vereinzelte Aussprüche, die eine Erklärung der Gährungserscheinung weder sind noch eine solche sein wollen, so bieten die folgenden Zeiträume ein Bild der verschiedensten Theorien dar, die in weiterem Fortschritt immer mehr den Charakter wissenschaftlicher Begründung und Durchführung erlangen. Einzelne dieser Theorien stehen in einem gewissen innern Zusammenhange, so daß sie nach der in ihnen ausgedrückten Grundanschauung einer Eintheilung nach Gruppen sich einfügen lassen. So lassen sich in dem überschriftlich genannten Zeitraum drei dergleichen Gruppen erkennen, eine erste, welche das Princip der Gährung in der atmosphärischen Luft (Boyle, Mayow, Bernoulli), eine zweite, welche dasselbe in den gährenden Substanzen enthalten annimmt (Hales, Macbride, Lemery), und eine dritte, welche die Gährung als eine Molekular-Bewegungs-Erscheinung auffaßt (ältere mechanische Gährungstheorie: Angelus Sala, Willis, Boerhaave, Stahl.)

A. Boyle. Mayow. Bernoulli.

Boyle, (1626—1690),* einer der hervorragendsten Vorkämpfer für die experimentelle Methode „von welcher allein der größte Fortschritt nützlicher Erkenntniß zu erwarten ist,“ äußert sich über die Gährung bei Gelegenheit seiner Untersuchungen über die Luft. Aus der Beobachtung, daß Grünspan und Eisenrost unter dem Einfluß der atmosphärischen Luft entständen, sowie daß Verbrennung, Respiration und Gährung im luftleeren Raume nicht erfolgen können, folgert er die Existenz eines gewissen „Lebensstoffes“ (some vital substance) in der Luft, welcher die Ursache der genannten chemischen Vorgänge sei und speciell bei der Entstehung des in den Trauben noch nicht enthaltenen Weingeistes thätig sei. Von divinatorischem Scharfblick zeugt ferner seine Ansicht über die Bedeutung der Gährung und der Fermente, von denen er sagt**): „Die Kenntniß der Natur der Fermente und der Gährung wird wahrscheinlich eines Tags zur Erklärung vieler Krankheitserscheinungen führen, die auf anderen Wegen nicht zu erklären sind.“ Ihm selbst freilich war es vorenthalten, zu einer eingehenderen Kenntniß der Gährungserscheinungen zu gelangen und bei dem damaligen Stande der Wissenschaft unmöglich jenen Lebensstoff zu isoliren, der ein Jahrhundert später die Perle der Entdeckungen und der Grundstein zu einem wissenschaftlichen Gebäude der Chemie wurde.

In analoger Weise nimmt auch Mayow (1670)***) einen Stoff (spiritus vitalis, igneus, nitro-aëreus) in der Luft an, dessen unendlich kleine Theile die Bildung des Weingeists im

* Höfer, Histoire de la Chimie II. 165.

** Nach Höfer: Usefulness of Philos. vol. I.

*** Höfer, II. pag. 265 ff.

Wein und Bier und dessen Ueberführung in Essig bewirken und zwar so, daß eine Absorption der particula igneo-aërea das Wesen der Gährung ausmacht. Auch ihm ist dieses Universalialz (sal universale), wie er es auch nennt, identisch mit dem Stoffe, welcher bei der Respiration die Umwandlung des venösen Blutes in arterielles bewirkt. Gährungswidrig sind demnach alle Stoffe, welche dieses Gährungsprincip von den gährungsfähigen Substanzen abhalten: „Hinc ea, quæ spiritum aëreum excludunt res a corruptione vindicant.“ Es ist klar, daß auch er gleich Boyle in der Luft die Existenz eines Stoffes geahnt hat, dessen Entdeckung als Sauerstoff späteren Zeiten vorbehalten blieb.

An Boyle und Mayow schließt sich mit seiner Gährungstheorie nicht ein Chemiker, sondern ein Mathematiker an, der wegen seiner Definition der Gährung als einer innern Bewegung auch einer späteren Betrachtung vorbehalten werden könnte, wenn er nicht wegen seines größeren Zusammenhangs mit den genannten Physikern, auf deren Untersuchungen er auch häufig Bezug nimmt, als Vertreter derselben Grundanschauung anzusehen wäre.

Joh. Bernouilli hat in seiner *Dissertatio de effervescentia et fermentatione nova hypothesi fundata Basileæ 1690**) eine Erklärung der Gährung gegeben, die sich durch ihre Originalität von allen früheren und späteren auszeichnet.

Zunächst sind Gährung und Effervescenz nicht specifisch, sondern nur graduell von einander verschieden; beide sind eine *irregularis et intestinus corporis misti motus solito intensior nonnumquam cum, nonnumquam sine caloris sensu perceptibilis* und zwar so, daß eine heftigere Bewegung der Effervescenz entspricht, Gährung dagegen eine langsamere Bewegung, ein geringerer Grad der Effervescenz ist; Effervescenz ferner entsteht plötzlich und verläuft schnell, bei der Gährung ist das Gegentheil der Fall. Sind so beide Phänomene dem Wesen nach identisch, so ist ihre Erklärung auch dieselbe. Bei der Effervescenz entsteht diese Bewegung durch Einwirkung von Säuren auf Alkalien, erstere sind das „agens,“ letztere das „patiens.“ Jedes Theilchen nämlich des agens ist ein Tetraeder, jedes des patiens ein Complex mehrerer einander die Basis zugehrender Tetraeder; beim Mischen nun von Säuren und alkalischen (d. i. kohlenfauren) Flüssigkeiten, welche als solche schon eine gewisse Bewegung der inneren Theile besitzen, bewegen sich die Tetraeder des agens in die Tetraedergruppen des patiens hinein und wie Keile auf dieselben wirkend, zersprengen sie dieselben. Die Luft ferner, (deren Existenz in den Flüssigkeiten nachzuweisen einen andern Haupttheil seiner Abhandlung ausmacht) wird durch das Zersprengen der alkalischen Partikelchen frei und verursacht das Aufbrausen. Nun: derselbe Prozeß findet bei der Gährung Statt, nur in weniger energischer Weise. Der Most oder überhaupt die gährungsfähige Flüssigkeit ist die alkalische Flüssigkeit, die sauren Partikelchen sind in der äußern Luft enthalten, sie dringen nach und nach in die Poren der alkalischen Masse ein und bewirken dort die Sprengung d. i. Zerfetzung der Massentheilchen und Freimachung der eingeschlossenen Luft. So erklärt sich denn auch leicht in seinem Sinne die landläufige Anschauung, daß der Most freiwillig d. i. ohne anderweitige Mit- und Einwirkung als die der Luft gähren könne.

*) Im Tom I. der Opera omnia.

B. Hales. Macbride. Lemery.

Den Grundzug der Gährungstheorien dieser drei Chemiker bildet der Gedanke, daß das Freiwerden der in den Gährungsflüssigkeiten eingeschlossenen Luft das Wesen der Gährung ausmache.

So zunächst Hales (1700)*). Nach ihm ist „den animalischen und vegetabilischen Substanzen eine große Quantität Luft einverleibt, die sich beim Entstehen und Wachsen der den Körper bildenden Partikelchen mit diesen vermischt und vereinigt.“**) Und zwar ist die Luft in „festem Zustande“ in den Körpern enthalten; sie wird wieder „elastisch,“ wenn die Gährung sie von den Partikelchen absondert. „Diese aus den Körpern kommende Luft ist sicherlich wahre elastische Luft und hat gleiche Eigenschaften mit der ordentlichen Luft.“***) Und in der Vorrede: „Man ersieht daraus, daß alle Körper eine große Quantität Luft in sich halten; daß die Luft sich in diesen Körpern oft unter einer andern als der uns bekannten Form aufhalte. Ich will sagen, sie ist im Stande solcher Festigkeit, darin sie mit gleicher Kraft anziehet, als sie in ihrem ordentlichen Zustande der Elasticität von sich stößt. Man wird befinden, daß diese Theilchen der feste gewordenen Luft, die einander an sich ziehen, oftmals durch Wärme oder Gährung aus dichten Körpern gestoßen und in andere Lufttheilchen, nämlich elastische oder zurückstoßende verwandelt werden.“ Die abstoßende, trennende Kraft der Lufttheilchen ist ferner um so größer, je inniger vorher der Zusammenhang der einzelnen Lufttheilchen unter einander und mit denen des Körpers war, und die Gährungsbewegung beginnt, so bald die Abstoßungskräfte der einzelnen Partikelchen die gegenseitigen Anziehungskräfte (der Lufttheilchen im festen Zustande) überwiegen. Die Hitze, welche durch diese Bewegung entwickelt wird, (z. B. bei feuchtem, aufgehäuften Heu) befördert ihrerseits wiederum die Trennung der Theilchen noch mehr. Mit dieser Theorie steht dann seine andere Anschauung im Zusammenhang, wonach er auch den Ernährungsproceß der organischen Körper auf eine Gährung im weitesten Sinne des Wortes zurückführt als „die innere Bewegung flüssiger Theile in lebenden Körpern und Vegetabilien auch im allergefundensten Zustande.“ Zur geschichtlichen Würdigung dieser Theorien von Hales diene die Bemerkung, daß sie eine Anwendung der Newton'schen Hypothesen über die molekularen Anziehungs- und Abstoßungskräfte auf chemische Actionen zu sein scheinen, wie dies aus den vielfachen Hinweisungen auf Newton'sche Aussprüche hervorgeht.

Eine weitere Fortbildung der Hales'schen Ansichten wurde möglich durch die in denselben Zeitraum fallenden Entdeckungen von Black. Er stellte neue Versuche über das Gas an, welches sich beim Zusammenbringen von Säuren mit kohlensauren Alkalien entwickelt und gab ihm den Namen „fixe Luft,“ fixed air, ein Name, der später durch den von Bergmann gewählten acidum aëreum und dann durch acidum carbonicum verdrängt wurde. Zugleich constatirte er, daß die bei der Gährung sich entwickelnde Luftart fixe Luft sei, so daß er derjenige ist, welcher nach Helmont aufs Neue die Entwicklung von Kohlensäure bei der Gährung constatirte.

*) Hales, Statik der Gewächse oder angestellte Versuche mit dem Saft in Pflanzen. Deutsch Halle 1748.

) pg. 175. *) pg. 166.

Eine Combination nun der Ansichten von Hales und Black ist es, wenn der Ire Macbride (in seinen *Experimental essays on the fermentation of alimentary mixtures, on the nature and proprieties of fixed air*) folgende Theorie aufstellte. Alle Naturkörper verdanken ihre Consistenz der Anwesenheit von fixer Luft in ihnen (die pflanzlichen Organismen enthalten deren viel, die animalischen am wenigsten), die Cohärenz der einzelnen Theile wird gelöst, sobald diese als Bindemittel wirkende fixe Luft aus dem Körper austritt. Dies geschieht nun jedesmal bei Gährungs- und Fäulnißprocessen, die man deshalb auch verhindern kann, wenn man die Entwicklung der fixen Luft durch äußerliche Mittel verhindert. Dies kann nach Macbride geschehen wieder durch fixe Luft (wie z. B. fixe Luft haltige Getränke ein Remedium gegen den Scorbut seien) oder durch die bekannten fäulnißwidrigen Mittel, welche, in die Poren der Körper eindringend, der sich bildenden fixen Luft den Ausweg verschließen.*) Die Ungereimtheiten dieser Macbrideschen Theorie beleuchtete theilweise Lavoisier in seinem Referat über die Experimente Macbrides**); vollständig überzeugend widerlegte sie Smeth***), welcher ausführte, daß die fixe Luft allerdings ein Antisepticum sei, daraus aber keineswegs folge, daß sie in den Körpern, aus denen sie sich bei Gährungs- (septischen) Processen entwickle, als solche enthalten sei. Noch weniger sei die Annahme gerechtfertigt, daß diese fixe Luft die Bedingung für die Consistenz resp. Gesundheit der Körper sei. Gährungsprodukte, wie Weingeist, Essig u. s. w. seien selbst bis zu einem gewissen Grade antiseptisch — diese deswegen als einen Kitt der Körpertheilchen anzusehen, wäre absurd. †)

Auch Lemery ††) nimmt als die wesentliche Ursache der Gährung die aus den gährenden Flüssigkeiten sich lösringende Luft, welche er mit dem von Boyle oder Mayow für einen andern Begriff gebrauchten Namen als *sel essentiel* bezeichnet. Sie vermittele die Entstehung des Weingeistes und verursache das Schäumen der Flüssigkeit. „Le sel essentiel comme volatil faisant effort dans la fermentation pour se détacher des parties huileuses par lesquelles il était comme lié, il les pénètre, il les divise, et il les écarte jusqu' a ce que par ses pointes subtiles et tranchantes il les ait rarefiées en esprit.“ Daß er diese Luft thatsächlich als Kohlensäure erkannte, geht aus der Stellung hervor, die er der Gährung neben der Effervescenz (Entwicklung von Kohlensäure aus kohlenf. Alkal.) zuertheilte, so zwar, daß er sogar die Effervescenz als eine Gährung im weiteren Sinne ansah. „Il me semble qu'on pourrait admettre deux sortes de fermentation, une qui serait de l'acide avec l'alcali et que l'on appellerait effervescence, et l'autre qui serait lors que l'acide rarefié peu à peu une matière molasse comme la paste, ou claire et sulphureuse comme le moût, le sydre et tous les autres suc de plantes: on nommerait cette dernière sorte fermentation.“

*) Höfer. II. pg. 361.

**) Lavoisier, *Opuscules chimiques et physiques* cap. IX.

***) Smeth, *Dissertatio de aëre fixo*. Utrecht 1772.

†) Die Anschauung, daß die Luft das Band der Körpertheilchen sei, findet sich auch anderwärts. So Haller, *Elementa physiologiae* Tome I. pg. 6: plurimus omnino aër firmis corporis animalis partibus inest, exque iis aut ignis vi aut solventis liquoris expellitur. — Videtur aër vinculum elementorum primarium constituere cum non prius ea elementa a se invicem discedant quam aër expulsus fuerit ...

††) Koppe IV. pg. 291.

C. Angelus Sala. Willis. Boerhaave. Stahl.

Den erwähnten Theorien gegenüber steht eine Reihe von Anschauungen über den Gährungsproceß, die insofern in einem innern Zusammenhang stehen, als sie alle die Gährung als eine chemische Zerlegung in Folge einer mechanischen Bewegung der Moleküle ansehen. Die Frage, was die Ursache dieser Bewegung sei, wird verschieden beantwortet; der eine hält dafür die „innere Wärme,“ ein anderer das selbst in Zerlegungsbewegung befindliche Ferment, ein anderer das Wasser — noch keiner aber, den letzten Stahl ausgenommen, versteht es, die Gährungserscheinungen in den Rahmen einer Totalanschauung der chemischen Vorgänge einzufügen.

Der erste in der Reihe dieser Forscher ist Angelus Sala (1650)*). Biewohl er, einer der bedeutendsten Aerzte des 17. Jahrhunderts, auch in seinen Schriften chemischen Inhalts meistens die medicinische Bedeutung der zu besprechenden Objecte im Auge hat, so geht er doch in zweien seiner Abhandlungen des Näheren auf die Darstellung des Weingeistes aus Wein, Bier und Zucker ein. Seine dahin zielenden Angaben sind eine geordnete Darstellung der damaligen, zum Theil schon von seinen Vorgängern beschriebenen, Methoden. Seine Ansichten über den Gährungsproceß sind folgende: Die Gährung ist eine gewisse „durch die innere Wärme hervorgerufene Bewegung d. h. Veränderung der elementaren Theilchen, welche sich trennen und ein neues Mischungsverhältniß eingehen.**). Zu einer solchen Veränderung in den Lagerungsverhältnissen sei neben den Extracten von Obst und Getreide besonders der Zucker befähigt***), es sei aber der Zusatz von Bierhefe nöthig, wenn man Zeit und Mühe sparen wolle. †)

In der gegebenen Definition und in den sonstigen Aeußerungen Salas über die Gährung sind zwei Punkte hervorzuheben.

Erstlich ist in Betreff der „inneren Bewegung“ zu betonen, daß er dem Ferment, wie er es überhaupt erst in zweiter Linie erwähnt, keineswegs die Rolle als Gährungserreger zuertheilt. Dadurch unterscheidet er sich von seinem Nachfolger Willis. Auch die „innere Wärme“ kann ihm nicht als immanente Ursache der Gährung gegolten haben, wie dies gegenüber dem Mangel an andern bestätigenden Aeußerungen anzunehmen ist. Vielmehr lag ihm die eigentliche Ursache in „specifischen und geheimen, der gährenden Masse innewohnenden Eigenthümlichkeiten,“ und daß diese Eigenthümlichkeiten wiederum in geheimnißvollen Kräften fast dämonischer Natur beruhten, muß man um so mehr annehmen, als er beim Verdauungsproceß noch die Thätigkeit des *archæus naturæ* des Paracelsus annahm, die Verwandtschaft aber zwischen Gährung und Verdauung auch ihm offenbar zu sein scheint.

*) *Angeli Salæ Vicentini etc. opera medico-chymica. Rothomagi 1650.*

***) *Fermentatio est motus quidam seu alteratio a calore interno in humidum agente inducta, qua diversæ et inter se pugnantes substantiæ partes elementares partim separantur partim in unum nobiliorem mixtionis modum ac unionem rediguntur. Hydrelæologia cap. V. De utilitate fermentationis.*

****) *Saccharol. cap. V.*

†) *Saccharol. cap. XII.*

Eine nähere Betrachtung verlangt zweitens die nobilior mixtio ac unio der elementaren Substanzen d. h. seine Ansicht über das Verhältniß des Zuckers zum Spiritus. Er hegt nicht die Meinung, daß durch eine Umlagerung der Atome des Zuckers der Spiritus producirt werde, sondern er nimmt schon im Zucker eine Lagerung der Theilchen in dem Verhältniß an, in welchem sie Spiritus bilden d. i. eine gewisse potentielle Präexistenz des Spiritus, der im Zucker von „körperlichen Banden“ gehalten, in „dichteren Theilen“ versenkt sei und seine actuelle Existenz erst durch die Gährung erhalte. Es ist sein wiederkehrender Ausdruck, daß der Spiritus „de potentia quasi in actum“ übergeführt*) oder vielmehr (und dies ist für seine Anschauung bezeichnend) aus dem Zucker „herausgelockt“ werde. Die Ansicht, daß der Spiritus schon als solcher, actuell, als „pars oleosa“ im Zucker enthalten sein möchte, verwirft er durchaus, da man auf keine Weise eine Spur desselben in dem an Geschmack, Geruch, Farbe und Consistenz so verschiedenen Zucker finden könne.

Es ist wohl zweifelhaft, ob Sala über diesen Punkt seiner Gährungstheorie vollständig sich klar gewesen ist; die Unsicherheit seiner Ueberzeugung leuchtet durch in dem Bestreben, durch ein quasi die Ueberführung des Spiritus aus dem ersten hypothetischen Zustande in den andern plausibel zu machen, ferner in der Offenheit, mit der er schließlich dieses Problem weiteren Forschungen als philosophandi (!) materia empfiehlt. Sie geht hervor aus dem Entlehnen jener erklären sollenden Ausdrücke des potentiellen und actuellen Seins aus der philosophischen Kunstsprache. Nehmen wir Alles dies zusammen mit dem erkennbaren Einfluß Paracelsus'scher Ideen, so ergibt sich mit der Erkenntniß der Genesis der Sala'schen Theorien die Kritik derselben von selbst. Sie sind eine Verquickung philosophisch-mystischer und naturwissenschaftlich-medicinischer Elemente mit einem originalen Grundgedanken. Dieser Grundgedanke, die zuerst von ihm klar und bestimmt ausgesprochene Auffassung der Gährung als einer Bewegungsercheinung, ist es, welche ihm eine Stelle in der Geschichte der Chemie und zwar als Chorführer einer Gruppe von Chemikern verschafft hat.

Auch die Ansichten über Gährung, welche Willis (1650) in seiner Diatribe de fermentatione***) niedergelegt hat, sind nicht rein chemischer Natur; sie sind vielmehr die Grundlage seiner philosophischen Theorien, zugleich aber auch der Ausdruck seiner gesammten Naturanschauung. Eine Darstellung seiner Gährungsansichten fordert deshalb zunächst einen Abriß seiner Anschauungen über das Wesen der organischen und anorganischen Natur überhaupt.

Alle Körper bestehen aus der Vereinigung von einigen oder allen der folgenden 5 Elemente (Principia): spiritus, sulphur, sal, aqua, terra. Verschiedene Körper enthalten diese Elemente in verschiedener Mischung. Veränderungen der Körper sind eine Folge der innern Bewegung dieser Elemente, ihre theilweise oder gänzliche Trennung bewirkt die Auflösung der Körper. Sie sind ferner die Ursache gewisser Eigenschaften der Körper. So ist der spiritus als das geistigste und subtilste Element die innere Ursache des Lebens von Pflanzen und Thieren, auf seiner Vermehrung beruht die Vervollkommnung der Existenz der Körper; ihn schwächen,

*) Hydrelæologie cap. V. Sacchar. cap. V.

**) Thomæ Willis opera omnia. Herausgegeben v. Gerard Blasius Amstelæd. 1682.

heißt dem Sein des Körpers Eintrag thun. Der sulphur, von größerer Consistenz als der spiritus, ist das Princip der Farbe, des Geruchs, des Geschmacks und vor Allem der Wärme, und verursacht bei gesteigerter Bewegung die Entflammung der Körper; das sal ist das Princip der Schwere und Festigkeit und bildet somit den natürlichen Gegensatz zum sulphur und Feuer, daher Steine, Metalle zc. gar nicht oder nur schwer vom Feuer angegriffen werden. Die beiden letzten Principien, aqua und terra, in die Zwischenräume zwischen den andern eintretend, ermöglichen erst deren zusammenwirkende Thätigkeit, so zwar, daß das Wasser vermöge seiner lösenden Kraft die Berührung der einzelnen Theile und das Ineinandergreifen ihrer Bewegung vermittelt, die Erde aber die zu große Annäherung und gegenseitige Störung verhindert.

Die Bewegung nun der Partikelchen der Elemente ist die Bedingung des Aufbaues und des Lebens der Körper. Diese Bewegung aber ist Gährung im weitesten Sinne des Wortes. (So Cap. I.: . . . ut tandem significet fermentatio quaecumque effervescentiam seu turgescentiam, quae in corpore naturali a particulis istius corporis varie agitatis concitatur. Cap. III.: Fermentatio est motus intestinus particularum principiorum cujusvis corporis cum tendentia ad perfectionem ejusdem corporis). . . Es ist mithin nach Willis in allen Naturprocessen Gährung vorhanden; Leben = Gährung ist die Formel, in welche man seine Physiologie zusammenfassen könnte.

Und im Einzelnen. Die Gährungselemente, welche bei der Erzeugung der Mineralien eine Rolle spielen, befinden sich in einer auf gegenseitige Durchdringung gerichteten energischen Bewegung im Schoße der Erde. Freilich sehen wir diese Gährungsthätigkeit nicht unmittelbar, sondern nur in ihren Resultaten, in den vulkanischen Erzeugnissen. Deutlicher erkennbar ist sie in dem Keimen, Wachsen, Blühen, Fruchttragen und Verwelken der Pflanzen, am sichtbarsten in den Bewegungen des Herzens, des Blutes zc., der thierischen Organismen, so zwar, daß sich daraus sofort die Aufgabe der Heilkunde ergibt: die durch die Krankheit alterirte, sei es verlangsamte oder beschleunigte, Bewegung der gährenden Elemente auf das normale Maß zurückzubringen.

Es ist nun nichts mehr als eine Specialisirung dieser allgemeinen Idee, wenn Willis dieser Gährung im weiteren Sinne die eigentliche, „künstliche“ Gährung (quatenus in artificialibus peragitur) nicht sowohl gegenüber- als unterstellt. Die wesentlichen Eigenschaften hat die letztere mit der ersteren gemein, so vor Allem die Bewegung der Theilchen und die tendentia ad perfectionem, sie unterscheidet sich nur dadurch, daß sie sich in den von Menschenhänden gefertigten Körpern (in subjectis manu aut industria humana tractatis) vollzieht. Für die wissenschaftliche Betrachtung der Gährung ist dieser Unterschied unerheblich. Nur ist von besonderem Interesse, daß er im letzten Falle die Hinzufügung eines gewissen Fermentes verlangt, und zwar deshalb, weil die bereits in einer lebhaften Bewegung begriffenen elementaren Theilchen des (organischen) Ferments die Bewegung der fermentesciblen (an sich leblosen) Masse d. h. deren Gährung verursachen. Cap. VI.: cujus (fermenti) particulæ, cum prius sint in vigore et motu positæ, alias in massa fermentanda otiosas et torpidas exsuscitant et in motum vindicant. Es sind diese Worte interessant, weil sie das aussprechen, was ca. 200 Jahre später die Formel einer ganzen Richtung in der Erklärung der Gährungsercheinun-

gen war: Gährung ist die Zerfetzung einer gährungsfähigen Flüssigkeit durch die mechanische Einwirkung einer bereits in Zerfetzung begriffenen Substanz. Die historische Kritik aber kann diese Worte nicht für den Brenn- und Kernpunkt seiner Gährungstheorie erklären, da sie nur den Charakter eines gelegentlichen Ausspruchs tragen. —

Ziehen wir die Summe, so sind die Gährungsanschauungen Willis' ein physiologischer Versuch, in mechanisch-physikalischer Weise das Problem der Gährung zu erklären, ein Versuch, der seine Wurzeln in einer eigenthümlichen, alle Lebensprocesse der Natur umspannenden Anschauung hat. Gebührt nach alledem Willis zum Zwecke seiner vollständigen Würdigung vielmehr eine Stelle in der Geschichte der Naturphilosophie als Vertreter der allgemeinen mechanischen Principien der realistischen Philosophie seines Zeitalters innerhalb einer bestimmten Disciplin, so ist es doch für die Geschichte der Gährungstheorie von Interesse, daß er den Mechanismus der Naturgesetze und Naturprocesse als Gährung bezeichnete.

Auch in den Schriften des Arztes H. Boerhaave, (1668—1738)*), des berühmten Erfinders der Schnelleffigfabrikation, finden sich Excurse über das Wesen der Gährung. Seit Helmont, sagt er, herrsche eine bedauerliche Verwirrung über den Begriff der Gährung, da er von diesem zu dem Begriff der Umwandlung generalisirt sei, er wolle diesem Uebelstande durch eine genaue Erörterung des Gegenstandes abhelfen. Diese reinigende Tendenz hat denn sofort eine Sauberkeit der Form und Schärfe der Unterscheidung zur Folge, die sich von der seiner Vorgänger vorthellhaft unterscheidet. Es ist sein Verdienst, den Begriff der Gährung als alkoholischer und Essiggährung endgültig festgestellt und die Grenzen derselben mit der Fäulniß und andern Transmutationen abgesteckt zu haben.

Gährung ist nach ihm eine innere, in vegetabilischen Stoffen erregte Bewegung, durch welche diese entweder in einen flüchtigen brennbaren Körper (Weingeist, vinum) oder in einen sauren, nicht brennbaren (Essig, acetum) umgewandelt werden.**). Und nur eine solche Bewegung, deren Resultat die Bildung von Weingeist oder Essig sei, könne Gährung genannt werden. Die gährungsfähigen Körper seien immer vegetabilischer Natur, jedoch seien nicht alle vegetabilischen Körper der Gährung fähig zc.

Jene Bewegung aber der Theilchen, welche das wahre Wesen der Gährung ausmacht, hat in innern Principien, in einer gewissen Prädisposition der Masse ihren Hauptgrund. Die Wärme ist eine Mithelferin bei der Gährung, für sich allein aber nicht im Stande, sie hervorzurufen.***). Außerdem aber ist, neben der Löslichkeit des gährenden Körpers im Wasser, die

*) Boerhaave, Elementa Chemiae etc. Lugdun. Batav. 1732. Tom. II. pars I. proc. 42.

***) Fermentationis nomine intelligim Motum Intestinum excitatum in Vegetabilibus, quo haec ita mutantur, ut liquor, in destillatione inde primo vi ignis assurgens, sit acer, aquae miscibilis, calidi aromatici saporis, in igne olei instar inflammabilis, tenuis, volatilis, vel acer, acidus, ignem exstinguens et flammam, minus volatilis, tenuis. Und Liqueur vegetabilis fermentatus, si in destillatione primo dat Spiritus ardentis in igne, aquae miscibiles, Vinum vocabitur. — Rursumque omnem liquorem vegetabilem ita fermentatum, ut in prima destillatione acidum det liquorem, qui ignem exstinguat appellabo Acetum: neque referet undenam deductum fuerit. Adeoque omnis effectus perfectae Fermentationis erit vel Vinum vel Acetum.

****) Intestinum vero illum motum appello, quia maxime excitatur a principiis internis quae in Vegetabili haerent. — Fateor, calor aliquis hic requiritur, ille tamen in corpore non excitaret veram Fermentationem, nisi in materia ipsa antea adfuisset aptitudo Fermentationis excitandae.

Anwesenheit eines Fermentes nöthig, welches er definiert als *corpus quod intime Vegetabili fermentabili administratum Fermentationem descriptam excitat, auget, promovet*. Da ihm aber andererseits die Thatsache der freiwilligen Gährung nicht entgehen konnte, so rechnet er „alle Substanzen, welche ein freiwilliges Bestreben zur Gährung haben und daher ohne ein anderes Ferment sogleich gähren,“ zu den Fermenten selbst.*) So mußte es geschehen, daß er Substanzen wie Honig, Zucker u. sowohl in seiner Aufzählung der Fermente, als auch in seiner Aufzählung der Weingeist und Essig liefernden Substanzen figuriren ließ. Dieser zu weite Begriff des Ferments beeinträchtigt einigermassen die Einfachheit seiner Theorie; er war aber eine Folge seiner strengen Logik: gehörte zum Begriff der Gährung die Anwesenheit eines Fermentes, so konnte er nicht noch eine freiwillige Gährung ohne Fermente daneben statuiren, für sie mußte ein andrer Platz und Name geschaffen werden.

Seine Ansichten über den Proceß bei der Umwandlung speciell des Weines in Essig, welchen etwas von den eben dargelegten allgemeinen ab. Dieser Proceß besteht nach ihm***) (ohne weiteren Forschungen vorzugreifen) in einer Vereinigung des Weinalkohols mit einer im Wein enthaltenen Säure, mit einem *sal essentialis*, dem Weinstein des Weins. Denn in dem Maße, als sich Essig bilde, verschwinde der Alkohol und der Weinstein des Weins, der sich auch im besten Wein und in den reinsten Fässern ablagere. Es konnte ihm nach dem damaligen Stande der Chemie nicht bekannt sein, daß dieser Thatsache, soweit sie richtig ist, andere Ursachen zu Grunde liegen. —

Man erkennt aus den angeführten Theorien das Interesse, welches die Mediciner und Chemiker an den Gährungsercheinungen nahmen und welches sie in immer neuen Beobachtungen und Erklärungen bethätigten. Daß man aber bisher die einzelnen Gährungsercheinungen nicht im Lichte und als Ausfluß allgemein gültiger chemischer Gesetze betrachtet hatte, daran hatte der rudimentäre Charakter der damaligen chemischen Wissenschaft Schuld. Mit dem ersten System aber, das von einer Haupttheorie, dem Brennpunkt des Ganzen, aus alle Anschauungen rectificirte und vereinfachte, wurde auch eine gründlichere Theorie für die Erklärung der Gährungsercheinungen geschaffen. Die Stahl'schen Gährungserklärungen***)) hängen innig mit seiner Phlogistontheorie zusammen, über letztere deshalb zunächst ein paar Worte.

Alle Körper bestehen nach Stahl (1660—1734) aus einer Basis (Metallkalk) und dem Phlogiston. Dieser letztere Stoff ist es, welcher die Verbrennung des Körpers, in welchem er enthalten ist, ermöglicht. Je nach der Menge des Phlogiston ist der betreffende Körper leichter oder schwerer brennbar: so enthalten Kohlen, Schwefel, Del, Fett, Phosphor viel Phlogiston. Beim Erhitzen der Metalle entweicht es, und phlogistonreiche Körper mit phlogistonarmen zusammen erhitzt geben ihr Phlogiston an diese ab. Es ist im Zustande der Ruhe für unsere Sinne nicht wahrnehmbar; es äußert sich je nach dem Grade der Bewegung seiner Theile als Wärme oder als

*) *Fermenta autem praecipua habentur omnes res, quae sponte sua pronae admodum sunt in Fermentationem: hinc etiam ipsae sine alio fermento statim fermentant.* a. a. O.

**) Proc. 50. De aceti origine.

***)) Die Citate sind aus: *Fundamenta Chymiae dogmaticae et experimentalis* Norimb. 1746. Seine in dieser Bzgg. wichtige Zymotechnia fundamentalis war ich leider nicht in der Lage benutzen zu können.

Licht und Wärme. Diese Bewegung wird hervorgerufen durch Bewegung der Lufttheilchen, durch Reibung oder durch bereits in Bewegung befindliches Phlogiston, sie pflanzt sich fort auf alle Phlogistontheile desselben und eines andern brennbaren Körpers, d. h. eine geringe Menge Feuer kann die Verbrennung unendlicher Mengen brennbarer Substanzen bewirken.

Ähnliche mechanische Prozesse nun finden nach Stahl auch bei der Gährung statt. Seine Definition der Gährung ist*): Gährung ist die innere Bewegung der Theilchen eines Körpers, deren Kraft im Verhältniß steht zu deren Beweglichkeit und je nach ihrer Richtung eine trennende oder vereinigende sein kann. Und an einer andern Stelle**): „Gährung ist die innere Bewegung in einem Körper, durch welche der Zusammenhang der diesen Körper constituirenden Partikelchen gelöst wird und diese selbst mehr und mehr zerkleinert und in eine neue Lagerung übergeführt werden, so daß bald die Auflösung des Körpers, bald die Bildung eines neuen die Folge ist.“

Diese Bewegung der Moleküle wird durch einen Körper verursacht, dessen innere Theile in Bewegung begriffen sind. Man hat nun gemeint, daß dieser Körper das Ferment (im neueren Sinne des Wortes) sei***), und damit wäre allerdings eine große Uebereinstimmung mit der später von Liebig vorgetragenen mechanischen Gährungstheorie constatirt, allein mir scheint es, als ob Stahl dem Ferment nicht die Rolle als Gährungserreger zuertheilt habe, welche es heutzutage besitzt. Ich habe für die erste Ansicht (in den Fundamentis) nur eine Bestätigung finden können an einer Stelle (Pars II. Sect. I. pg. 25) wo er als viertes Requisite zur Gährung das Ferment anführt mit den Worten: *Quod tamen semper non opus sit additio fermenti sen materia quæ jam in motu intestinalium particularum vehementi consistit.* Zu diesen Fermenten rechnet er vor allen Dingen die Bierhefe. Geht aus diesem Passus schon hervor, daß ihm die Hefe von untergeordneter Bedeutung erscheint, so tritt ihr Werth für die Gährung noch mehr zurück, wenn er an einer andern Stelle ein andres movens der Gährung aufstellt, den in den Partikelchen eingeschlossenen „Aether,“ und das Ferment nur als Hilfsmittel bei der Thätigkeit des Aethers gelten läßt. †) Allein auch die an dieser Stelle geschehende Annahme des Aethers als Gährungserreger wird nirgends weiter ausgeführt, vielmehr schreibt Stahl an vielen andern Stellen dem Wasser die Eigenschaften zu, die geeignet sind, die Zer-

*) *Fermentatio est motus intestinus partium mixtarum horum pro mobilitatis proportionem disgregativus et pro motus intentione disjunctivus aut combinativus.* — Pars I. Sect. III. Art. III. cap. II.

***) *Considerabimus fermentationem tamquam motum intestinum in aliquo aggregato quo compages compositionis individuorum hoc aggregatum constituentium perpetuo mutuo attritu successive divellitur, particulae mutuo divulsae ipso actu attritionis magis comminuantur et facile in aliam novam mixtionem transeunt: unde tum resolutio simplex compositi, tum nova compositio resultat.* — Pars II. pg. 124.

****) So Höfer II. Koppe IV. 295. Chevreul in einer Abhlg. zu d. *Recherches experimentales sur la végétation par Ville.* Journal des Savants 1856 pg. 100.

†) *Mobile subministrant particulae salinae, acidae, terreae, sulphureae. Motor autem principalis aether est in particulis illis concentratus, subque harum viscosa textura latitans, qui adjutus aetheris motu calido externo sese expandit et claustra quibus innexus fuerat, perrumpere tentat. . . . — Actio illa aetheris interna non tantum externo tepore, verum etiam fermento addito quod desumi solet ex materia in fermentatione existente vel ad ipsam summe idonea valde adjuvatur.* a. a. O. pg. 26.

setzung der gährungsfähigen Körper einzuleiten. Es scheint, als wenn nach seiner Ansicht das Wasser bei der Gährung dieselbe Rolle spiele, wie das Phlogiston bei der Verbrennung. Er spricht dies ziemlich direkt an zwei Stellen aus*). Und als er (Pars II. Sectio IV. de fermentatione) seine bisher entwickelten Ansichten über die Ursachen der Gährung zusammenfaßt, nennt er an erster Stelle das Wasser.***) Am deutlichsten erhellt es aus seiner Erklärung des Gährungsprocesses***) bei welchem, wie er sagt, das in Bewegung begriffene Wasser die Theile des gährenden Körpers in eine gleichartige Bewegung hineinreißt. Auch wird er nicht müde, mit den verschiedensten Ausdrücken die Wichtigkeit des Wassers für die Gährung hervorzuheben; so nennt er es†) den „praeses fermentationis,“ das „organon“ oder „instrumentum totius hujus motus fermentativi“ ††) und sagt †††): Primum horum et quod Moderationem illam motus intestini formalem absolvit, aqua est.

Als ein zweites Moment für den normalen Verlauf des Gährungsprocesses betont er ferner den freien Zutritt warmer Luft (aëris tepidi liberior accessus, aër cum motu caloris, tepor externus etc.) Es bleibe jedoch dahingestellt, inwieweit nach Stahl die Bewegung der Wassertheilchen durch die Wärme vermehrt wird (damit wäre eine Brücke zwischen Stahls Gährungs- und Phlogistontheorie geschaffen), desgleichen, in wie fern die Bewegung des erwähnten Aethers mit der des Wassers in Zusammenhang zu bringen ist. Desgleichen erachte ich ein Eingehen auf den Unterschied der fermentatio von der putrefactio, der conformatio und deren Unterarten nicht für geboten.

Es ist das Verdienst Stahls, eine Erklärung der Gährungsercheinungen gegeben zu haben, die das Glied eines Systems war. Mit diesem System stand und fiel seine Gährungstheorie.

*) Aqua tamquam corpus inter fluida crassissimum id habet tamquam formale omnis fluiditatis, ut particulae ejus minimae singulae actu intense moveantur. Hoc itaque corpus (i. e. multa millena millia corpusculorum actu satis intense motorum) affunditur corpori constanti ex particulis pluribus certa ex parte mobilibus, interim actu vel non intense motis. (Pars I. Art. III. cap. II. §. 6.) Und: Omni autem sensui et rationi consentaneum est, quod corpus actu motum contingens alterum mobile, set actu non motum, huic tantum ut loquantur de motu sui communicet, quanti illud in proportione magnitudinis suae capax est. Aqua itaque actu mota particulas corporis quas contingit sibi commovere incipit. a. a. O. §. 7.

***) Primo aqua, tamquam corpus fluidum, est aggregatum seu acervus quidam ex multis millibus millenis exilibus corpusculis, quae singulae actu satis intenso moventur. —

****) Modus Fermentationis Physico-Mechanicus sequens est: aqua seu corpus actu motum affunditur corpori partes mobiliiores et immobiliiores quam aqua continenti. Aquae ergo particulae perpetuo motae particulas mobilissimas concreti antea actu immotas in motum secum corripunt, quae hoc ipso in situ suo et connexionem quoque seu continuitate mutatae sui juris finit et a sociis partibus semoventur. Cum vero hae ipsae partes solutae a consortio immobiliorum aqua sunt mobiliiores, et majorem illum motum ab eodem principio a quo Aqua nanciscantur, contingit ut jam libera existens pars oleosa actu fortius moveatur et aquam antea sui motorem jam in gradu motus augeat. Aucto hoc sui motu commovet aqua particulas se proxime immobiliiores easque ab inertissimis crassis detrudis. a. a. O. §. 12.

†) Pars II. Art. III. De aqua.

††) Pars III. pg. 82.

†††) Pars I. Sect. III. cap. II. §. 4.

III. Lavoisier.

Die mechanischen Gährungstheorien der Chemiker des abgehandelten Zeitraums, die theils im Anlehnen an philosophische Begriffe oder auf Grund einer organisch-vitalen Naturanschauung, theils nach Principien, die von vornherein festgestellt waren, eine Lösung des Räthfels der Gährungsercheinungen suchten, — sie alle wurden in der nächsten Periode der Wissenschaft nur schätzbares Material für den Geschichtsschreiber als Zeugnisse des die Wahrheit suchenden menschlichen Geistes, nicht aber das Fundament neuer Ideen, geschweige denn, daß man sie als Ausdruck der Wahrheit anerkannt hätte. Ja man hielt es nicht einmal der Mühe werth, den Irrthum der Voraussetzungen oder der Consequenzen nachzuweisen. Der Grund ist, daß der Charakter der modernen Chemie, wie sie Lavoisier begründete, von Grund aus von dem bisherigen Experimentiren und Theoretisiren verschieden war. Das Ziel und der Weg der Forschung waren wesentlich andere: Erkenntniß der Elemente und ihrer Eigenschaften auf Grund der Zerlegung der Körper und Erkenntniß der qualitativen und quantitativen Zusammenfügung der letzteren. In Folge dieses rein practischen und sachlichen Interesses ist es das Verdienst Lavoisiers und seiner Zeitgenossen, der Chemie allererst einmal den Boden reiner Wissenschaft erobert und ihr, die häufig eine ancilla selbstlicher Begierden, immer eine der Medicin gewesen war, das Recht und die Grundlage freier, selbstständiger Entwicklung verschafft zu haben. Die Neigung nach Vervollkommnung der positiven Kenntnisse entfremdete die Chemiker den spekulativen Ideen der vorausgegangenen Zeiten. Man verließ den bisher bebauten Boden um anderwärts und nach andern Methoden das Feld der Wissenschaft zu bestellen. Die Gährungstheorien nun waren eine Frucht jenes Bodens; was Wunder, wenn auch sie mit allem andern über Bord geworfen wurden! Sie geriethen in das Dunkel der Vergessenheit durch die Morgenröthe der modernen Wissenschaftsperiode. Die Wahrheit aber, die bei alledem theilweise in ihnen enthalten war, wurde erst in einer späteren Zeit neu erwachten theoretischen Interesses aus der Asche der Vergangenheit durch Liebig in verjüngter Gestalt, ein Phönix des Gedankens, zu einem neuen Leben hervorgezogen. Sie theilte darin das Geschick so mancher großen Gedanken, die wohl während ganzer Zeitalter begraben liegen, dann aber in einem congenialen Geiste wiedergeboren zu erneuter Anerkennung rehabilitirt werden.

Das praktische Interesse der neuen Zeit zeigte sich zunächst darin, daß allererst einmal wissenschaftliche Untersuchungen über die Gegenstände und Hilfsmittel, andrerseits über die Produkte der Gährung angestellt wurden. „Il faut d'abord bien connaître l'analyse et la nature du corps susceptible de fermenter et les produits de la fermentation: car rien ni se crée ni dans les opérations de l'art ni dans celles de la nature.“ Dieser Ausspruch Lavoisiers ist die Signatur der neuen Bestrebungen. Die Gegenstände des Studiums können auch zur Orientirung in diesem bis Cagniard de la Tour reichenden Zeitraum dienen; einerseits Untersuchungen über die Natur der gährungsfähigen Substanzen (vor Allem des Zuckers) und der Gährungsprodukte: Lavoisier, Gay-Lussac, Thénard, Saussure, Dumas, Boullay, Dubrunfaut; auf der andern Seite Studien über die Fermente, vor allem über die Hefe: Fabroni, Fourcroy, (Thénard), Desmazières. Die nebenher gegebenen Erklärungen

sind keine vollständigen Theorien, sie versuchen nur ein mehr oder minder genügendes, von den äußeren Erscheinungen abstrahirtes Bild des innern Verlaufes zu geben. Erst als jene Untersuchungen bis zu einem gewissen Abschluß gediehen waren, erwachte das Bedürfnis nach einer völlig erschöpfenden theoretischen Erkenntniß des Wesens der Gährung selbst, welches im naturgemäßen Anschluß an die Fermentstudien seine nächste Befriedigung durch Cagniard de la Tour fand. Diesem folgen der Reihe nach die physiologischen Untersuchungen Schwann's, die Contacttheorie von Mitscherlich, die mechanische Theorie Liebig's, und dann die Untersuchungen Pasteurs, welche schließlich auf die Forschungen der neuesten Zeit (Hallier u. A.), hinüberleiten. —

Den ersten Stoß gegen die mechanische Gährungstheorie führte Wiegleb (1776)*. Die Anerkennung, die er in dem Streite Bergmann-Marggraf contra Macquer, betreffend die Bildung der Alkalien in den Pflanzen durch deren Verbrennung gefunden hatte, veranlaßte ihn, wie dort die Präexistenz der Alkalien in den Pflanzen, so jetzt die Präexistenz des Weingeistes und Essigs in den gährenden Flüssigkeiten zu behaupten. Wenn auch diese Ansicht, wie das Gegentheil ja schon längst erwiesen war, bald als unrichtig verworfen wurde, die Einleitung und Einläutung einer neuen Zeit war geschehen. —

Das antiphlogistische System Lavoisiers auf Gewichtsanalysen basirend vollzog den vollständigen Bruch mit der Vergangenheit.

Die Ansichten Lavoisiers über die Constitution der organischen Verbindungen und speciell des Zuckers haben im Laufe der Zeit eine Entwicklung erfahren; in Folge dessen waren auch die damit in engem Zusammenhange stehenden Gährungsansichten zu verschiedenen Zeiten verschieden. Seine ersten Anschauungen sind niedergelegt in mehreren der Königl. Academie vorgelegten Abhandlungen aus den Jahren 1782 und 1783: *Mémoire sur la décomposition et récomposition de l'eau*, Tome II. der Gesamtwerte, *Mémoire sur la fermentation spiritueuse* Tome III. der Ges.-W.**). Auch: *Sur l'affinité du principe oxygine* 1783. Eine veränderte Anschauung über die Constitution des Zuckers und über Gährung findet sich in dem *Traité élémentaire* vom Jahre 1789 Tome I. cap. XIII. d. Gsw.

Zunächst die Ansichten der ersten Periode. Der Zucker ist wie alle ähnlichen vegetabilischen Stoffe zusammengesetzt aus Kohlenstoff und Wasser, mit einem geringen Ueberschuß von Sauerstoff, und zwar ist der Kohlenstoff als solcher (*matière charbonneuse toute formée*), das Wasser in fester Form (*concrète*) im Zucker enthalten, so daß letzterer als carbonisirtes Wasser (*de l'eau carbonisée*) anzusehen ist. Dies das Resultat sowohl der Analyse***) als der Berechnung mittelst arithmetischer Gleichungen zwischen dem Zucker und seinen (vorher analysirten) Gährungsprodukten. Der Weingeist ferner besteht nach seinen Untersuchungen aus

*) Koppe, IV. 296.

***) Ohne Angabe der Jahreszahl jedenfalls vor 1786 abgefaßt.

100 Pfd. Zucker	}	H = 10 Pfd. — Unz. 7 Dr. 52 Gr.	}	8 Pfd. 15 Unz. 3 Dr. 30 Gr.
		O = 57 " — " 1 " 5 "		60 " 3 " 5 " 52 "
		C = 32 " 14 " 7 " 15 "		30 " 12 " 6 " 62 "
		100 Analyse		100 Berechnung.

Wasser, Wasserstoff und Kohlenstoff, letztere beide als huile (carbonisirter Wasserstoff) mit einander verbunden und das brennbare Princip des Weingeistes bildend. Wird eine gewogene Menge Zucker durch Auflösen in einer gewogenen Menge (dem 4fachen Gewicht) Wasser und durch Hinzufügung einer gewogenen Menge Hefe in Gährung versetzt, so ist nach vollendeter Gährung der Zucker verschwunden, Weingeist und Kohlenensäure sind die aus ihm entstandenen Produkte. Die Gesamtsumme aller Produkte ist dabei zwar gleich der Gesamtsumme der angewandten Substanzen, aber im Einzelnen ist das Gewicht von Weingeist + Kohlenensäure größer als das des angewandten Zuckers, das Wasser hat eine Gewichtsabnahme erlitten, und jene Gewichtszunahme ist gleich dem Deficit im Wasser. Die Gewichtszunahme beträgt ungefähr 1 Gewichtstheil auf 10 Gew.-Th. Zucker. Ein Theil des Wassers verschwindet also während der Gährung als solches, seine Elemente aber finden sich in den Gährungsprodukten wieder.

Aus alledem folgt: Bei der Gährung findet zunächst eine Spaltung des Kohlenstoffs und dann vermöge einer doppelten Verwandtschaft eine Zerlegung sowohl des im Zucker enthaltenen Wassers als eines Theiles des Wassers der Lösung statt; ungefähr die Hälfte des Kohlenstoffs verbindet sich mit dem Sauerstoff des Wassers zu Kohlenensäure, während der frei werdende Wasserstoff sich mit der andern Hälfte des Kohlenstoffs zu Kohlenwasserstoff und dieser sich mit unzerlegtem Wasser zu Weingeist vereinigt. Es geschieht also die Gährung nicht allein auf Kosten des Zuckers, sondern auch auf Kosten des ein integrierendes Element der Gährung bildenden Wassers.

Außerdem findet sich unter den Gährungsprodukten des Zuckers eine kleine Menge Essig- oder einer andern organischen Säure*), von der Lavoisier nachzuweisen verspricht, daß „ihre Bildung eine nothwendige Folge der Operation ist und daß sie von einem Rest Sauerstoff herrührt, der in die andern Verbindungen nicht hat eintreten können.“ Es ist wohl nicht zweifelhaft, daß mit diesem Rest der oben erwähnte Ueberschuß von Sauerstoff gemeint ist.

Es ist also nach Lav. die alkoholische Gährung nichts anderes als eine Zerlegung (*décomposition*) des Wassers durch Kohlenstoff, eine Umsezung zwischen den Wasser- und Kohlenstofftheilen nach den rein chemischen Gesetzen der Affinität, also ein chemisch-dynamischer Proceß. Lav. sucht auch abgesehen davon, daß sich diese Erklärung unmittelbar als Schluß aus den Resultaten ergibt, noch durch andere Reflexionen seine Anschauung zu stützen. Vor allen Dingen betont er die Affinität zwischen Kohlenstoff und Wasserstoff, wie sie sich in der Zerlegung des Wassers durch die Vegetation bei der Bildung der kohlenstoff- und wasserstoffhaltigen öligen Bestandtheile der Pflanzen zeige. „Wenn nun der Kohlenstoff eine Zerlegung des Wassers auf trockenem Wege verursache, warum nicht auch auf nassem?“ Tome II. pg. 356 Und an einer andern Stelle (*Sur l'affinité de l'oxygène* 1783. Tome II. pg. 548), wo er von der Aufstellung von Tafeln für die Verwandtschaftstafeln spricht, sagt er: „Es ist ein Fehler unserer Verwandtschaftstafeln, daß sie die Anziehungskraft des Wassers

*) Es sei an dieser Stelle bemerkt, daß die erste Beobachtung der Bernsteinsäure, als Gährungsprodukt des Zuckers, die man gewöhnlich Pasteur zuschreibt, von Schmidt schon im Jahre 1847 gemacht worden ist. — *Annal. d. Chemie* 126.

und die bei seiner Zerlegung vielleicht wirksamen Affinitäten nicht berücksichtigen: man betrachtet das Wasser als eine schlechthin indifferente Substanz (*agent simplement passif*), während es thatsächlich mit einer tief eingreifenden Kraft wirksam ist (*avec une force réelle et perturbatrice*), die man nothwendig bei den Resultaten mit in Rechnung ziehen muß.“

Es bedarf nur einer Vergleichung der von Lav. angenommenen Zusammensetzung der hier in Betracht kommenden Körper mit ihrer heutzutage genau erkannten Constitution, um den Irrthum Lav.'s in seinen Deductionen klar zu legen. Erstens nahm er den Wasserstoffgehalt im Wasser zu groß an (15%), daraus folgte ein zu großer im Weingeist und daraus ergab sich ein falscher Schluß auf die Zusammensetzung des Zuckers. Ferner sind der Alkohol und die Kohlensäure nicht wasserfrei, daraus erklärt sich der Verbleib jener Portion Wasser, der das Fundament seiner Erklärung der Gährung als Wasserzerfetzung ausmacht. Waren aber diese Irrthümer bei dem damaligen mangelhaften Zustande der Elementaranalyse unausbleiblich, so ist es doch sein Verdienst, die qualitative Zusammensetzung des Zuckers ermittelt und den Weg gezeigt zu haben, auf dem allein Aufklärung über die Gährung erhalten werden kann.

Lavoisiers Ansichten aber modificirten sich. In den *Réflexions sur la décomposition de l'eau* (Tome II. d. *Oeuvres*), welche eine Mittelstellung zwischen den ersten und letzten Ansichten einnehmen, giebt er die Zusammensetzung des Zuckers folgendermaßen an. Er besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff; ein Theil der beiden letzten Elemente ist zu Wasser (Krystallwasser) vereinigt und deshalb für die Constitution unwesentlich. Sonst finden sich Wasserstoff und Sauerstoff beinahe in dem Verhältniß, in welchem sie Wasser bilden, mit einem kleinen Ueberschuß von Sauerstoff, der Kohlenstoff findet sich im Verhältniß zu den beiden andern Elementen in beträchtlicher Menge (*dans un excès considérable*). Es enthält also der Zucker die Elemente zu Wasser, Kohlensäure und einer Kohlenwasserstoffverbindung; sie stehen als ternäre Verbindung im Gleichgewicht.

In dem schon erwähnten *Traité élémentaire* cap. VIII. (Gf. ausg. 1 Bd.) vom Jahre 1789 entwickelt er zunächst dieselben Ansichten. Vor Allem hebt er hervor, daß im Zucker kein fertig gebildetes Wasser sei. Wenn er andererseits den Zucker als *oxyde végétale*, *oxyde à deux bases* bezeichnet, so ist wohl zu denken, daß der Zucker durch die Gährung in zwei Dryde zerlegt werde, die dann sofort weiter auf einander einwirken. Das ternäre Gleichgewicht kann durch einen geringen Anstoß alterirt werden. Diese Störung des Gleichgewichts nun geschieht durch die Einwirkung des Ferments, welches für die Gährung absolut nothwendig ist. „*De l'eau et du sucre mêlés ne fermenteraient jamais seuls, et l'équilibre subsisterait toujours entre les principes de cette combinaison si on ne le rompait pas par un moyen quelconque.*“ Sie hat zur Folge, daß ein Theil des Zuckers auf Kosten des andern zu Kohlensäure oxydirt wird, während der andere unter Wasseraufnahme Alkohol bildet, „so daß, wenn es möglich wäre diese beiden Körper zu recombiniiren, man wieder Zucker erhalten würde.“ Daraus geht hervor, daß das Gewicht des Zuckers gleich der Summe der Gewichte der Gährungsprodukte sein muß, daß sich der Zucker ohne Zutritt fremder Elemente in Kohlensäure und Alkohol zerlegt. „*Je puis considérer les matières*

mises à fermenter et le résultat obtenu après la fermentation comme une équation algébrique.“ Und dies ist ein Resultat, welches dem Princip seiner Methode entspricht, daß man nämlich bei den Untersuchungen über einen Körper eine völlige Gleichheit zwischen den ihn constituirenden Elementen und den als Resultat erhaltenen annehmen müsse. „On est obligé de supposer dans toutes les expériences une véritable égalité ou équation entre les principes du corps qu' on examine et ceux qu' on retire par l'analyse.“

Es spaltet sich also durch einen chemischen Akt der Zucker in Alkohol und Kohlenensäure. Wenngleich auch Lavoisier die Antwort auf die Frage nach dem Zusammenhang von Gährung und Ferment schuldig bleibt*), so ist es doch auch das Verdienst dieser Untersuchungen, die qualitative Zusammensetzung des Zuckers aufs Neue constatirt zu haben. Wenngleich auch jetzt noch seine Analysen von der Wahrheit abweichende Resultate gaben, so waren sie doch schon um so viel genauer, daß sie nicht zu irrigen Schlüssen Veranlassung geben. Die Fehler (zu hoher Wasserstoff- und zu niedriger Kohlenstoffgehalt) gleichen sich aus und waren ohne Einfluß auf die Richtigkeit des Schlusses von den Resultaten der Gährung auf diese selbst.

Was leztens noch die Essigsäure-Gährung betrifft, so hält sie Lavoisier für nichts anderes, als für eine einfache Drydation des Weingeistes. „La fermentation acéteuse n'est autre chose que l'acidification du vin qui se fait à l'air libre par l'absorption de l'oxygène.“ Tr. élém. cap. XV. Diese Drydation wurde außer durch den Sauerstoff der Luft auch durch die Kohlenensäure der Luft und der weingeistigen Flüssigkeit bewirkt. Es erhellt dies aus einer Aeußerung über einen Versuch von Chaptal, welcher kohlenensäure- und weingeisthaltiges Wasser durch Stehenlassen an der Luft in Essig verwandelte. Alle Elemente zur Essigbildung seien hierbei vorhanden gewesen, der Alkohol liefere Kohlenstoff und Wasserstoff, die Kohlenensäure Kohlenstoff und Sauerstoff, den übrigen Sauerstoff die Luft. Zu der Ansicht, daß die Essigsäure ein Drydationsprodukt des Alkohols sei, ist er abgesehen von der Erwägung, daß sie als Säure Sauerstoff enthalten müsse, auch durch die Beobachtung gelangt, daß 1) sich der Wein durch Berührung mit der (Sauerstoff haltenden) Luft in Essig verwandle, 2) dabei eine Volumverminderung der Luft stattfinde und 3) Wein auch durch jedes andere Drydationsmittel in Essig verwandelt werden könne.

*) Es ist zu bedauern, daß sein an mehreren Stellen gegebenes Versprechen, seine Ansichten über das Wesen und die Bedeutung der Fermente noch näher auseinander zu setzen, in Folge seines Todes auf der Guillotine unerfüllt geblieben ist.