

X. *Zur Theorie der Gährungs- und Verwesungserscheinungen, wie der Fermentwirkungen überhaupt; von Dr. Moritz Traube jun. in Ratibor.*

(Auszug aus einer demnächst im Drucke erscheinenden Schrift.)

I.

In einer demnächst im Druck erscheinenden Abhandlung »Theorie der Gährungs- und Verwesungs-Erscheinungen« habe ich zunächst nachgewiesen, dafs die von Mitscherlich und Schwann zur Erklärung der Gährungs- und Verwesungs-Erscheinungen aufgestellten Hypothesen theils nichts erklären, theils auch mit den Thatsachen im Widerspruch stehen.

Ich habe nachgewiesen, dafs die v. Liebig'sche Hypothese in den zu ihrer Begründung herangezogenen Thatsachen keine Stütze findet, indem sich dieselben nach andern bereits bekannten Principien viel besser erklären lassen. Ich habe aber diese Hypothese auch direct experimentell widerlegt.

Nach v. Liebig würde nämlich die durch gewisse Fermente bewirkte Oxydation von Alkohol, Wasserstoff u. s. w. dadurch hervorgerufen, dafs der *Zustand* der Verbrennung des Ferments sich auf die daneben befindlichen passiven Körper übertrüge.

Folgerecht müfsten also *alle* Körper, die sich leicht an der Luft oxydiren, die Verbrennung anderer neben ihnen befindlicher, leicht oxydabler Körper veranlassen. Diefs ist nun nicht der Fall, wie ich durch directe Versuche mit Pyrogallussäure und Schwefelkalium erwiesen habe. Diese beiden Körper bewirken bei dem Act ihrer langsamen Verbrennung in wässriger Lösung nicht die Oxydation von neben ihnen in Lösung befindlichem Traubenzucker, der unter andern weiter unten zu erörternden Umständen sehr leicht sich oxydirt.

Nachdem nun die sämmtlichen bisher aufgestellten Gärungstheorien widerlegt waren, wurde zunächst durch Versuche mit Diastase und Stärkelösung nachgewiesen, daß jedes Atom des passiven Körpers mit dem Ferment direct in Berührung kommen müsse, um eine Unwandlung zu erleiden, d. h. daß, wenn auch ein Ferment die Fähigkeit besitzt, fast unbegrenzte Mengen anderer Stoffe zu metamorphosiren, seine Wirkung sich doch niemals über seine chemische Anziehungssphäre hinaus erstreckt.

II.

Die wahre Ursache der Gährungs-Erscheinungen beruht in nachstehend entwickelten, theils direct experimentell begründeten, theils aus bereits gegebenen Thatsachen unwiderleglich erschlossenen Principien:

1) Die Fäulniß- und Verwesungsfermente sind *bestimmte chemische Verbindungen*, entstanden aus der Umsetzung der Proteinstoffe mit Wasser (vielleicht unter Mitwirkung des Sauerstoffs), entstanden mithin durch einen chemischen Process, den wir kurzweg mit *Fäulniß* zu bezeichnen gewohnt sind.

So wenig bei der Veränderlichkeit der Fermente eine Reindarstellung möglich ist, so weisen doch alle Thatsachen darauf hin, daß sie in ihrer Zusammensetzung nur wenig von den Proteinstoffen abweichen können, aus deren Umsetzung mit Wasser sie entstanden sind.

2) Die in den Organismen vorhandenen Fermente sind, *höchster Wahrscheinlichkeit* nach, ebenfalls aus der Umsetzung der Proteinstoffe mit Wasser (vielleicht unter Mitwirkung des Sauerstoffs) entstanden; nur haben sie, als unter besondern, in den lebenden Organismen gegebenen Bedingungen gebildet, auch andere Eigenschaften, als die außerhalb der Organismen gebildeten Fäulnißfermente. Die Schwann'sche Hypothese, die die Fäulniß und Verwesung, als durch niedere Organismen, durch Lebensvorgänge bedingt, hinstellt, muß *umgekehrt* werden, d. h. die in der atomistischen Zusammensetzung der Proteinstoffe beruhende Fähigkeit, das Wasser zu zersetzen und Fermente

zu bilden, ist auch in den Organismen die Ursache der meisten Gährvorgänge, der meisten vital-chemischen Prozesse überhaupt.

3) Unter den innerhalb und außerhalb der Organismen gebildeten Fermenten giebt es

a) solche, die bloß *freien* Sauerstoff mit Leichtigkeit aufzunehmen im Stande sind, und ihn nur lose gebunden halten (*Verwesungsfermente*);

b) solche, die auch bereits gebundenen Sauerstoff aufnehmen, d. h. andere Körper mit Leichtigkeit zu desoxydiren im Stande sind. Der Vorgang der Desoxydation ist in den meisten Fällen folgender: Das Ferment zieht den Sauerstoff des Wassers an sich, während der passive Körper, z. B. Indigo oder Indigoschwefelsäure, den Wasserstoff aufnimmt. Das Wasser wird also hierbei durch Einwirkung zweier, sich gegenseitig unterstützenden Affinitäten resp. zum Sauerstoff und Wasserstoff zersetzt (*Reductionsfermente*);

c) solche Fermente, die, auch ohne Hinzutreten einer zweiten Affinität zum Wasserstoff, das Wasser direct zu zersetzen im Stande sind, wobei sich der Wasserstoff frei entwickelt. Diese Fermente, oder dießs Ferment entwickelt sich im vorgeschrittenen Stadium der Fäulnis des Klebers und Käsestoffs. (Wir nennen es „*höchstes Fäulnisferment*“).

4) Alle diese Fermente haben die Fähigkeit, den auf die eine oder die andere Art aufgenommenen Sauerstoff auf andere Körper zu übertragen, d. h. von ihnen wieder reducirt und in den Stand gesetzt zu werden, neue Quantitäten Sauerstoff aufzunehmen, wieder zu übertragen u. s. w. Auf diese Weise vermögen alle Fermente freien oder gebundenen Sauerstoff in fast unendlicher Menge auf andere Körper zu übertragen, d. h. *Gährungen und Verwesungen zu bewirken*.

5) Die Fermentwirkungen äußern sich also in nachfolgender Weise:

- a) *Verwesungen* passiver Körper durch Verwesungsfermente, die den freien Sauerstoff der Atmosphäre aufnehmen, um ihn auf andere Körper selbst mit geringerer Affinität zum Sauerstoff zu übertragen.
- b) *Einfache Reductionen*. Hier nimmt das Ferment den Sauerstoff, der passive Körper den Wasserstoff auf.
- c) *Gährungen*, deren Resultat in der Desoxydation des einen Körpers, und in der Oxydation des andern Körpers besteht. In der warmen Indigküpe zersetzt das Ferment mit Hilfe des Indigos das Wasser. Der Farbstoff nimmt den Wasserstoff auf (wird reducirt), das Ferment übergibt den aufgenommenen Sauerstoff an die Gährungsproducte der Kleie (Milchsäure, Mannit u. s. w.).
- d) *Gährungen*, deren Resultat in der Desoxydation oder vielmehr Hydrogenisation einer Atomgruppe *A* eines Körpers, und in der Oxydation einer zweiten Atomgruppe *B* desselben Körpers besteht.

Hier zersetzt das Ferment mit Hilfe der einen Atomgruppe *A* das Wasser. *A* nimmt den Wasserstoff, das Ferment den Sauerstoff auf, um ihn auf die andere Atomgruppe *B* zu übertragen.

In der Gährung des Harnstoffs nimmt das Amid den Wasserstoff, das Ferment den Sauerstoff auf, um ihn an die übrigbleibende Atomgruppe abzugeben.

Es entsteht einerseits Kohlensäure, andererseits Ammoniak, die zusammen verbunden bleiben. Genau denselben Vorgang finden wir bei der alkoholischen Gährung des Traubenzuckers, wo ein wasserstoff- und sauerstoffreicheres Product sich bildet, die aber nicht mit einander verbunden bleiben. Hieher gehören überhaupt die meisten Gährungen.

- e) *Gährungen* durch das höchste Fäulnisferment, in denen sich Wasserstoff entwickelt und der passive Körper durch Vermittelung des Ferments den Sauerstoff des Wassers aufnimmt.

Am Schönsten zeigt sich diese Gährungsweise bei der fauligen Gährung des milchsauren Kalks. Die Milch-

säure besteht aus Ameisensäure, gepaart mit Aldehyd. Das Ferment oxydirt durch den dem Wasser entzogenen Sauerstoff die Ameisensäure zu Kohlensäure. Die Aldehyd-Atome werden frei und treten unter dem Einfluß der ebenfalls freiwerdenden Basis, des Kalks, zu der ihnen polymeren Buttersäure zusammen. Es ist übrigens nicht nöthig, daß der Wasserstoff in allen durch das höchste Fäulnisferment bewirkten Gährungen gänzlich frei werde; ein Theil oder die Gesamtmenge kann im status nascens an eine Atomgruppe des gährenden Körpers herantreten, wenn dieselbe Verwandtschaft zu diesem Element besitzt.

6) Es ist nun klar, daß die *Verwesungsfermente* am *Leichtesten* andere Körper oxydiren, da sie den der Atmosphäre entzogenen Sauerstoff nur sehr schwach festhalten. *Die Reductionsfermente* aber können ihren schon stärker gebundenen Sauerstoff nur an eine Atomgruppe mit größerer Affinität zum Sauerstoff abgeben; das *höchste Fäulnisferment* endlich kann seinen durch Reduction des Wassers selbst aufgenommenen, mithin bereits sehr stark gebundenen Sauerstoff nur an solche Körper abgeben, die mit der energischsten Verwandtschaft zum Sauerstoff begabt sind. Bei der Wirkung der *Reductionsfermente* (sub 5 d) kommt aber nicht bloß die Affinität der einen Atomgruppe des passiven Körpers zum Sauerstoff, sondern auch die größere oder geringere Affinität der andern Atomgruppe zum Wasserstoff in Betracht. *Je größer diese Letztere ist, eine um so geringere Affinität zum Sauerstoff bedarf das Ferment, um die Wasserzersetzung zu Wege zu bringen und sich den Sauerstoff des Wassers anzueignen.*

7) Hieraus resultirt die Nothwendigkeit verschiedener Fermente für verschiedene passive Körper und es stellen sich in Bezug hierauf folgende, durch Thatsachen verificirte Möglichkeiten heraus:

- a) Hat in einem Körper eine Atomgruppe A bedeutende Affinität zum Wasserstoff, eine andere Atomgruppe B bedeutende Affinität zum Sauerstoff, so können ver-

schiedene Fermente die Gährung dieses Körpers bewirken, und zwar in einer nach Temperatur, neutraler oder alkalischer Reaction, oder nach der Verschiedenheit des Ferments verschiedenen Weise. Das Ferment vermag in solchem Falle selbst bei *geringer* Affinität zum Sauerstoff unter Mithülfe der Atomgruppe *A* das Wasser zu zersetzen, und wird andererseits selbst bei *starker* Affinität zum O von der Atomgruppe *B* reducirt werden können.

- b) Umgekehrt sind die sogenannten *specifischen* Fermente für solche Körper erforderlich, in welchen die Affinität der einen Atomgruppe *B* zum Sauerstoff nur um ein sehr Geringes gröfser ist, als die Affinität der andern Gruppe *A* zum Wasserstoff. In solchen Fällen ist der Affinität des Ferments zum Sauerstoff ein genau bestimmter Affinitätsgrad vorgeschrieben. Ist derselbe nur um ein Minimum überschritten, so kann das Ferment von *B* nicht mehr reducirt werden. Alsdann tritt
- c) der Fall ein, dafs der passive Körper blofs Wasserstoff aufnimmt, ohne eine weitere Veränderung zu erleiden. Dies ist der Fall bei der Réduction vieler Farbstoffe z. B. des Indigos durch Fermente. Hier kann eine eigentliche Gährung nur dann eintreten, wenn ein *zweiter* Körper gegenwärtig ist, dem das Ferment den aufgenommenen Sauerstoff abgeben kann.
- d) Umgekehrt: besitzt keine Atomgruppe eines Körpers Affinität zum Wasserstoff, dagegen energische Affinität zum Sauerstoff, so kann er nur durch das *höchste Fäulnisferment* eine Gährung erleiden, das schon für sich allein das Wasser zu zersetzen vermag. Hierbei wird der Wasserstoff frei, während der Sauerstoff durch Vermittelung des Ferments an eine Atomgruppe des passiven Körpers tritt, um sie in *allen Fällen* zu *Kohlensäure* zu oxydiren, denn nur die energischste Verwandtschaft zum Sauerstoff vermag hier noch dem Ferment das bereits so stark gebundene Oxygen zu

entziehen (s. oben 5 e das über Buttersäuregährung Gesagte).

- e) Hat aber keine Atomgruppe eines Körpers Affinität zum Wasserstoff, noch auch eine Affinität zum Sauerstoff, die hinreicht, um den ihn durch das *höchste Fäulnisferment* gebotenen, schon stark gebundenen Sauerstoff anzuziehen, so ist *kein Reductions-* oder *Fäulnisferment* im Stande, ihn in irgend einer Beziehung zu verändern. Hierher gehören die Kohlenwasserstoffe, ferner Alkohol, Wasserstoff, Ammoniak und die Alkaloide als gepaarte Ammoniake (im Gegensatz zu den Amidon, die bei ihrer hervortretenden Verwandtschaft zum Wasserstoff so sehr zu Gährungen geneigt sind).
- f) Sehr viele dieser Körper können aber noch durch *Verwesungsfermente* oxydirt werden, die den der Atmosphäre entzogenen Sauerstoff nur lose gebunden enthalten und ihn leicht an andere Körper, selbst mit schwacher Affinität zum Sauerstoff, abgeben können. In ihrem Endresultat hat also die Verwesung mit der unter Wasserstoffentwicklung vor sich gehenden fauligen Gährung die größte Aehnlichkeit. Beide bewirken reine Oxydationen, jene durch den Sauerstoff der Atmosphäre, diese durch den Sauerstoff des Wassers.
- g) Sehr häufig kommen Gährungen im Innern einer Flüssigkeit und Verwesungen an deren Oberfläche gleichzeitig vor.

Bei der älteren Methode der Essigfabrikation, wo man direct zuckerhaltige Flüssigkeiten der Essiggährung unterwarf, entwickelte sich im Innern Kohlensäure und Alkohol, der an der Oberfläche durch ein Verwesungsferment zu Essigsäure oxydirt wurde.

Bei der Salpeterbereitung entwickelt sich, ähnlicher Weise im Innern der Salpeterwände, Kohlensäure und Ammoniak, das an der Oberfläche zu salpetersaurem Ammoniak sich oxydirt.

Läfst man Erbsen unter Wasser faulen, so bildet sich Buttersäure und Wasserstoffgas.

Werden solche Erbsen nach Beobachtungen von Sausure der Luft dargeboten, so oxydirt sich der Wasserstoff.

III.

Aus dem Vorhergehenden ergibt sich zwar, dafs die von mir aufgestellte Theorie nicht nur mit allen vorhandenen Thatsachen übereinstimmt, sondern, dafs dieselben sogar eine nothwendige Consequenz der Theorie sind.

Indefs ist es immer noch nothwendig zu beweisen, dafs wirklich diese entwickelten, und keine anderen Ursachen den Gährungs- und Verwesungserscheinungen zu Grunde liegen. Es ist zu beweisen:

1) dafs die *Verwesungsfermente* wirklich Sauerstoff aus der Luft aufnehmen, und durch andere Körper, die direct keinen freien Sauerstoff aufzunehmen vermögen, *reducirt* werden;

2) dafs die *Reductionsfermente* unter Hinzutreten einer zweiten Affinität zum Wasserstoff das Wasser zu zersetzen und den Sauerstoff sich anzueignen im Stande sind, dafs sie

3) diesen aufgenommenen, bereits früher *gebundenen* Sauerstoff ebenso an andere Körper oder Atomgruppen abzugeben im Stande sind, wie die Verwesungsfermente den der Atmosphäre entzogenen *freien* Sauerstoff;

4) dafs das höchste Fäulnißferment auch wirklich das Wasser direct unter Freimachung des Wasserstoffs zu zersetzen und den aufgenommenen Sauerstoff an andere Körper zu übertragen, fähig ist.

Ad 1. Dafs die Verwesungsfermente mit Begierde Sauerstoff aus der Luft aufnehmen, ist eine längst bewiesene Thatsache. Schwieriger ist der Beweis, dafs sie die Verwesung anderer Körper, wie z. B. des Alkohols, nur dadurch bewirken, dafs sie von diesem *reducirt* werden.

Direct würde sich ein solcher Beweis nur durch Elementaranalyse der Verwesungsfermente in oxydirtem und desoxydirtem Zustande liefern lassen; diefs ist aber bei dem jetzigen Stande der Wissenschaft vollkommen unmöglich. Der Beweis kann also nur *indirect* geführt werden.

In dieser Beziehung habe ich nun zunächst als allgemein gültiges Gesetz erwiesen, dafs:

Wenn ein Körper A, der direct aus der Luft freien Sauerstoff aufnimmt, neben einem Körper B befindlich ist, der diefs nicht im Stande ist, der aber dem Körper A den aufgenommenen Sauerstoff zu entziehen vermag, in allen Fällen die Verwesung (langsame Verbrennung) einer unbegrenzten Menge von B durch eine verschwindend kleine Quantität von A bewirkt wird.

Traubenzucker in kalischer Lösung vermag keinen Sauerstoff aus der Luft aufzunehmen; fügt man aber eine kleine Menge von Indigschwefelsäure zu, so wird diese sofort reducirt, färbt sich aber an der Oberfläche blau, um den aufgenommenen Sauerstoff an den Zucker von Neuem abzugeben und so fort, bis die ganze Quantität des Zuckers sich oxydirt hat.

Es geht hier der nämliche Procefs wie bei der Bereitung der englischen Schwefelsäure aus schwefliger Säure durch Vermittlung einer geringen Menge von Stickstoffoxyd vor sich.

Ich habe erwiesen, dafs die durch Platin bewirkte langsame Verbrennung des Alkohols, Wasserstoffs u. s. w. durch den nämlichen Vorgang, d. h. durch die immer aufeinanderfolgende Oxydation und Reduction des Platins verursacht wird, dafs überhaupt in allen *der directen Prüfung* zugänglichen Fällen, wo die langsame Verbrennung *unbegrenzter* Mengen eines Körpers durch Vermittlung *kleiner* Mengen eines andern Körpers bewirkt wird, die *Verwesung auf der abwechselnden Oxydation und Reduction des Vermittlers* beruht.

Kein Theilchen des atmosphärischen Sauerstoffs geht an den passiven Körper, ohne zuvor mit dem Verwesungsvermittler verbunden gewesen zu sein.

Unter solchen Umständen ist nicht der geringste Grund vorhanden, gerade in dem einzigen Falle, wo *kein directer Beweis möglich* ist, bei der Function der Verwesungsfer-

mente einen andern Proceß anzunehmen um so weniger, als ich von dem durch Schönbein in den Kartoffeln nachgewiesenen Verwesungsferment gezeigt habe, daß es, mit Luft in Berührung gebracht, immer neue Quantitäten Guajakharz zu oxydiren, resp. zu bläuen, im Stande ist.

Ad 2. Daß faulende pflanzliche und thierische Theile auf andere Körper reducirend wirken, ist eine längst bekannte Thatsache.

Sie übertreffen hierin bei gewöhnlicher Temperatur fast alle andern uns bekannten Körper.

Ich habe mich durch Versuche überzeugt, daß bei der Fäulniß aller Protein- und Leimstoffe Fermente mit stark reducirender Kraft entstehen.

Aber nicht bloß die *Fäulnißfermente* besitzen diese Fähigkeit: auch unter den in den *Organismen* vorkommenden Fermenten giebt es solche, denen sie in hohem Grade eigen ist.

Die Hefezellen, z. B. lebende Organismen, mit der Fähigkeit zu wachsen und sich zu reproduciren, enthalten ein die alkoholische Gährung verursachendes Ferment, das eine enorm reducirende Kraft besitzt.

Ganz frisch gewaschene Hefe, mit etwas verdünntem, kohlenurem Ammoniak und Indigschwefelsäure versetzt, bewirkt die Reduction der letzteren, bei gewöhnlicher Temperatur unter Umständen in einigen Minuten.

Auch die Diastase scheint ähnliche Eigenschaften zu besitzen, doch habe ich sie nur in Form von Malzinfus, nicht in concentrirtem Zustande auf Indigschwefelsäure wirken lassen. Die andern organischen Fermente habe ich in dieser Beziehung noch nicht untersuchen können, doch werden vermuthlich die meisten, vielleicht alle mehr oder weniger reducirend wirken.

In welcher Art die Reduction der Indigschwefelsäure vor sich gehe, ob durch directe Entziehung des Sauerstoffs, oder durch Zersetzung des Wassers durch zwei sich wechselseitig unterstützende Affinitäten, ist eine alte Streitfrage, deren Schlichtung nicht hierhergehört. Die letzte Annahme

ist für uns die wahrscheinlichere, weil sie mit allen übrigen Gährungs-Erscheinungen besser übereinstimmt. Wir finden in der That fast bei allen Gährungsprocessen die Bestandtheile des Wassers mit in die Zersetzungsproducte eingehen, ein Beweis, dafs es hier nicht als blofs passives Lösungsmittel dient.

Die Fermente vermögen natürlich nur eine begrenzte, ihrem Aequivalent entsprechende Menge eines andern Körpers zu reduciren. Fügt man zu einem Fäulnißferment, oder zu Hefe immer neue Portionen Indigschwefelsäure hinzu, so tritt bald ein Punkt vollkommener Sättigung des Ferments mit Sauerstoff ein, auf dem angelangt, es keine reducirende Wirkung mehr auszuüben vermag.

Ad 3. Um nachzuweisen, dafs die Fermente den durch Reduction anderer Körper aufgenommenen Sauerstoff an dritte Körper abzugeben vermögen, fügte ich zu einer Mischung von Hefe, kohlenurem Ammoniak und so viel Indigschwefelsäure, als die Hefe für sich allein nicht zu reduciren vermochte, etwas Rohrzuckerlösung. Es erfolgte nach einigen Stunden vollständige Reduction der Indigschwefelsäure, während eine gleiche Mischung, zu der kein Rohrzucker zugesetzt worden, sich fast gar nicht verändert hatte. Zucker für sich allein ist unter den nämlichen Umständen, ohne Mithilfe der Hefe, nicht im Stande Indigschwefelsäure zu reduciren.

Aehnliche Versuche mit nämlichem Erfolge machte ich auch mit Fäulnißfermenten.

In der warmen Indigküpe begegnet uns derselbe Procefs. Hier nimmt das Ferment unter Reduction des Indigblaus Sauerstoff auf, um dieselben auf die Gährungs-Producte der Kleie zu übertragen und sie zu Kohlensäure zu oxydiren.

Ich habe nachgewiesen, dafs der Procefs der warmen Indigküpe auf keine andere Weise erklärt werden kann.

Es ist mir endlich auch gelungen nachzuweisen, dafs *nicht blofs die Fermente, sondern auch andere Körper von genau bekannter Zusammensetzung und Constitution die Fähigkeit besitzen, andern Körpern Sauerstoff zu entziehen,*

um ihn an dritte Körper abzugeben, d. h. überhaupt bereits gebundenen Sauerstoff zu übertragen.

Traubenzucker vermag eine Kupferoxydlösung bei Gegenwart von viel Salmiak nicht zu reduciren, selbst nicht bei Kochhitze. Gießt man aber diese Mischung zu reducirter Indigschwefelsäurelösung, so wird diese sofort wieder blau und übergiebt den aufgenommenen Sauerstoff an den Zucker. Nach einiger Zeit ist durch Vermittlung der Indigschwefelsäure das Kupferoxyd gänzlich zu Oxydul reducirt, der Traubenzucker aber oxydirt. Die Indigschwefelsäure selbst bleibt hierbei natürlich unverändert.

Es ist dies ein den Gährungen völlig analoger Vorgang.

Das Merkwürdige dieses Experiments besteht darin, *dafs die Indigschwefelsäure, die viel leichter reducirt wird als Kupferoxyd, nichts destoweniger diesem den Sauerstoff mit Leichtigkeit entzieht.*

Einer ähnlichen, höchst merkwürdigen, den bisher bekannten Affinitätsgesetzen widersprechenden Eigenthümlichkeit verdanken die Fermente die Fähigkeit, Gährungen zu erregen. *Sie werden leichter reducirt als solche Körper, denen sie selbst den Sauerstoff zu entziehen vermögen.*

Ad 4. Dafs das im vorgeschrittenen Stadium der Fäulnis des Klebers sich entwickelnde Ferment das Wasser zersetzt und Wasserstoff entwickelt, ist von Saussure beobachtet worden. Das Nämliche beobachtet Proust bei der Fäulnis des Käses.

Wenn wir nun bei den durch diese Fermente hervorgerufenen Gährungen neben dem Wasserstoff immer auch Kohlensäure auftreten sehen, so liegt es wohl nach den vorgegangenen Deductionen und Thatsachen ohne weitere specielle Experimente auf der Hand, dafs auch hier der Sauerstoff, den das Ferment dem Wasser entzogen, auf eine Atomgruppe des gährenden Körpers übergegangen sey, die sich bei der hierzu nöthigen energischen Affinität zum Sauerstoff allemal zu Kohlensäure oxydirt.

IV.

Wir kommen nun zur Erörterung der Frage, in wie weit sich die Verwesungs- und Gährungs-Erscheinungen auf die bis jetzt bekannten Affinitätsgesetze zurückführen lassen, denen sie völlig zu widersprechen scheinen.

Wir haben nachgewiesen, daß bei den Verwesungen der Vermittler *A* Sauerstoff aus der Luft aufnimmt, und von dem Körper *B*, der dies nicht direct im Stande ist, reducirt wird.

Man muß nun fragen: warum ist Körper *B*, der doch offenbar mehr Verwandtschaft zum Sauerstoff hat, wie *A*, nicht im Stande, den Sauerstoff direct aus der Luft aufzunehmen, wozu bedarf er bei seiner größeren Affinität erst der Vermittlung von *A*?

Durch einfache Schlußfolgerungen aus gegebenen That-sachen gelangte ich zu dem Resultat, daß man hier nothwendig zwei Widerstände annehmen müsse, die sich der Aeußerung der Affinitäten entgegenstellen. Den einen, in dem elastischflüssigen Zustand des freien Sauerstoffs gegebenen Widerstand nenne ich den *Elasticitäts-Widerstand*, den andern, unzweifelhaft in der Lagerung der Atome des passiven Körpers gegebenen, nenne ich den *moleculären Widerstand*. Es ist mir danach möglich geworden, eine fast mathematische Analyse der Verwesungs-Erscheinungen zu geben.

Der Elasticitäts- und moleculäre Widerstand treten übrigens nicht bloß in den Verwesungs-Erscheinungen, sondern nachweisbar in sehr vielen andern chemischen Processen in die Erscheinung, und der moleculäre Widerstand namentlich ist es, der überhaupt die Existenz der meisten organischen Verbindungen den natürlichen Affinitäten ihrer Elemente zuwider möglich macht.

Bei den Gährungs-Erscheinungen und bei dem obigen Experiment mit Indigschwefelsäure, Traubenzucker und Kupferoxyd tritt uns eine ähnliche Frage wie bei den Verwesungsprocessen entgegen. Warum bedarf ein Körper *B* um einem Körper *A* Sauerstoff zu entziehen, erst eines Ver-

mittlers *C*; warum ist er bei größerer Affinität zum Sauerstoff dieß nicht direct im Stande.

Auch hier sind es zwei Widerstände, worunter unzweifelhaft auch der moleculäre, die der Aeußerung der Affinitäten entgegenstehen. Welcher Art der andere Widerstand sey, darüber giebt uns die Wissenschaft auf ihrem heutigen Standpunkt keinen Aufschluß.

Die Eigenthümlichkeit der Fermente, Sauerstoff auffallend leichter anzuziehen und abzugeben als andere Körper, beruht unzweifelhaft darin, daß sie diesen chemischen Veränderungen vermöge der Lagerung ihrer Atome einen verschwindend kleinen moleculären Widerstand entgegenstellen.

Ich habe schließlichsch nur noch zu erwähnen, daß in einigen von mir gefundenen Thatsachen eine Erklärung dafür gegeben ist, warum *Salze antiseptisch* wirken.

Traubenzucker, der bei Erwärmung eine ammoniakalische Kupferoxydlösung ziemlich leicht reducirt, ist dieß bei Gegenwart einer größern Quantität von Salmiak, selbst bei Kochhitze, nicht mehr im Stande. Weinsaures Ammoniak hat einen ähnlichen, aber nicht so hervortretenden Einfluß.

Auch die Reduction der Indigschwefelsäure durch Traubenzucker wird durch Salmiak, wenn auch nicht verhindert, aber doch deutlich erschwert. Es ist hieraus klar, daß auch die Gährungsprocesse, die, wie wir gezeigt, *zunächst auf Reductionen beruhen, durch Salze erschwert und verhindert werden müssen.* Es ist die hinzutretende Affinität der Salze zu dem Wasser, die seiner, bei den meisten Reductions- und Gährungsprocessen anzunehmenden Zersetzung ein Hinderniß entgegenstellt.

Ratibor, den 31. Januar 1858.