

# Über die Ursachen und Natur der Fäulnissprocesse.

Von

Prof. Dr. FRANZ SCHNEIDER.

Vortrag gehalten am 12. März 1866.



Es gehört zu den Aufgaben der Naturforschung, die Wandlungen des Stoffes nicht bloß so weit zu verfolgen, als er sich zu lebensfähigen Gestalten entwickelt, sondern darüber hinaus auch jene Veränderungen zu ermitteln, welche der Stoff erfährt, sobald er dem Einflusse des Lebens entzogen ist.

Nach dieser Richtung angestellte Untersuchungen haben gelehrt, dass die Endprodukte des organischen Zerfalls: Wasser, Kohlensäure, Ammoniak, Salze insgesamt also solche elementare Verbindungen sind, welche die organisirende Thätigkeit der Pflanzenzelle zu ihren Geweben verarbeitet.

Der thierische Organismus, unfähig aus elementaren Verbindungen die Baustoffe des eigenen Leibes zu erzeugen, ist damit an die Pflanzenwelt gebunden, von dieser empfängt er die Bestandtheile seines Blutes bereits fertig gebildet, sie bedürfen nur wenig tief eingreifender Metamorphosen, um auch Bestandtheile seiner Organe zu werden. Dagegen kehren alle Substanzen, welche das Thier während des Lebens ausscheidet, in die es nach dem Tode zerfällt, in Form elementarer Verbindungen, theils in die Luft, theils

zum Boden zurück, um nach wechselvollem Geschieke abermals in dem organischen Gestaltungsprocesse Verwendung zu finden. Was uns also von den organischen Baustoffen in leblosen Formen entgegentritt, war belebt, wird belebt, um wieder leblos zu werden! —

Aus diesen allgemeinen Umrissen lässt sich der Kreislauf des Stoffes erkennen, wie er sich seit Jahrtausenden stetig, unwandelbar in der organischen Natur entwickelt. Die Auflösung der organischen Substanz in elementare Verbindungen ist nur eine Phase desselben, sie knüpft das scheinbare Ende an den Anfang und macht aus dem, was uns als Vernichtung erscheint, eine Uebergangsform zu neuem Leben. Es ändert sich die Gestalt, es wechselt die Mischung, das Wesen bleibt, kein Molekül des Stoffes geht verloren, dessen elementare Bestandtheile finden sich alle in den Verbindungen wieder, die bei dem Zerfalle des organischen Körpers gebildet wurden.

Die wichtige Rolle, welche dieser Zersetzungsprocess spielt, dürfte es rechtfertigen, dass wir ihm eine besondere Erörterung widmen, und diess um so mehr, als über die Ursachen und über die Natur desselben ganz irrige Voraussetzungen bestehen, die den Forschungsgeist gefangen halten und das unbefangene Erkennen dieses Naturprocesses nach allen seinen Richtungen beirren. Man ist seit jeher gewohnt die Vorgänge, welche bei der Fäulniss stattfinden, dem Wesen nach für gleichartig mit jenen anzusehen,

welche bei der Gährung beobachtet werden, und hält es demgemäss für gerechtfertigt, das thatsächliche Verhältniss, was man bei der Gährung aufgefunden hat, auch auf die Fäulnissvorgänge zu beziehen. Wie wenig diess zulässig sei, ergibt eine eingehende Prüfung der gangbaren Ansichten über die Ursache und die Natur beider Processe. Dieser Prüfung dürfen nicht Voraussetzungen, sondern nur einzig und allein experimentelle Ergebnisse zur Grundlage dienen.

Man glaubt eine kleine Zahl organischer Verbindungen, zu diesen zählen insbesondere die eiweissartigen Bestandtheile des Thier- und Pflanzenreiches, sei fähig, bei Gegenwart von Wasser und — für den Beginn des Processes — von Luft Zersetzungen zu erleiden. Diese Zersetzungen erfolgen schon bei gewöhnlicher Temperatur und bestehen darin, dass sich die elementaren Atome in anderen Verhältnissen untereinander vereinigen und so neue Verbindungen bilden. Nach der Beschaffenheit der letztern unterschied man diese Processe 1. in Fäulniss, wenn übelriechende Zersetzungsproducte auftraten, wie diess vorzüglich bei Stickstoff und schwefelhaltigen Verbindungen der Fall ist, 2. in Gährung, wenn brauchbare Produkte entstehen.

Da jedoch die organischen Substanzen, welche als fäulnissfähig bezeichnet werden, auch die Eigenschaft haben, beim Liegen an der Luft Sauerstoff aufzunehmen und dafür Kohlensäure abzugeben, somit eine allmälige Verbrennung zu erleiden, so war es

nöthig, diesen Process, der durch den Sauerstoff der Luft nicht blos veranlasst, sondern auch zu Ende geführt wird, von der Fäulniss zu unterscheiden. In diesem Sinne soll das Wort Verwesung gebraucht werden. In Uebereinstimmung mit diesen Ansichten erscheint es denkbar, dass ein Körper oberflächlich verwesen, im Innern faulen könne. Zur Benennung dieses vermeintlich gemischten Processes soll der Ausdruck Vermoderung dienen.

Ueber die Ursachen, welche diese Prozesse veranlassen, sind die Ansichten getheilt.

Bei der Gährung ist nachgewiesen, dass ihre Producte nur durch die Elemente der gährenden Substanz allein oder höchstens unter Zutritt der Elemente des Wassers gebildet werden, dass ein dritter Körper an der Bildung der Gährungsproducte keinen Antheil nehme, dass aber demungeachtet ein dritter Körper — man nennt ihn Ferment — nothwendig sei, damit der Gährungsprocess beginne und verlaufe.

Welche chemische Function das Ferment dabei verrichte, ist völlig unbekannt; nur so viel ist gewiss, dass für alle Gährungen die wirksamsten Fermente Keime niederer Organismen sind, und dass an die Entwicklung dieser Keime — man nennt sie Gährungshefezellen — so wie an deren Vermehrung der Erfolg der Gährung geknüpft ist, derart, dass Flüssigkeiten, welche gährungsfähige Substanzen enthalten, aber nicht auch zugleich das Bildungsmateriale zur Entwicklung neuer Zellen, aufhören zu gähren, sobald

die Productivität der Gährungszellen erschöpft, aber noch viel gährungsfähige Substanz vorhanden ist.

Es ist vielfältig bestätigt, dass auch bei vollkommener Ausschliessung der Luft selbst bei Beginn der Gährung letztere erfolgt, wenn es nicht am Fermente fehlt. Die Beobachtung älterer Forscher, dass mindestens zum Beginne der Gährung der Luftzutritt unerlässlich sei, ist dahin zu berichtigen, dass gährungsfähigen Flüssigkeiten das Ferment von der Luft geliefert wird, wenn es nicht in anderer Art in selbe gelangte.

Da die Gährung nur so lange stattfindet, als die Bildung neuer Gährungszellen erfolgt, so ist klar, dass die Wirkung des Fermentes nicht darauf beschränkt sein kann, den Gährungsprocess anzuregen, der sich sodann selbst weiter fortpflanzen könne, sondern dass die Gährungsproducte das unmittelbare Ergebniss der Wechselwirkung sind, die zwischen Ferment und gährungsfähiger Substanz eintritt, und dass daher das letzte Molekül der letztern gerade so wie das erste mit entwicklungsfähigen Gährungszellen in Berührung kommen müsse.

Ob übrigens nur durch organisirte Fermente Gährungen erzeugt werden können, ist um so weniger gegenwärtig zu beantworten, als deren Wirkungsweise gänzlich unbekannt ist und sich daher nicht bestimmen lässt, dass diese Wirkungsweise ausschliesslich nur Organismen zukömmt. Dass dies kaum der Fall sei, dürfte aus den Versuchsergeb-

nissen von Berthelot gefolgert werden, denen zu Folge Gährungen auch in Flüssigkeiten auftreten, in welchen kein organisirtes Ferment aufgefunden werden konnte.

Durch eine ganz eigenthümliche Theorie verknüpfte Liebig die Processe der Fäulniss und Gährung und suchte dadurch die Erscheinungen zu erklären, welche bei beiden auftreten. Er geht hierbei von der Wahrnehmung aus, dass die eiweissartigen Bestandtheile des Thier- und Pflanzenreiches durch den Sauerstoff der Luft eine Aenderung im Mischungsverhältnisse erleiden — verwesen, sobald sie der Lebensthätigkeit entrückt und somit die Ursachen nicht mehr thätig sind, unter deren Einfluss sie gebildet wurden. Hat dieser Zersetzungsprocess unter Mitwirkung von Wasser und mässiger Wärme einmal begonnen, so pflanzt er sich nach Liebigs Meinung von dem ersten Theilchen aufs nächstliegende u. s. w. fort, selbst wenn der weitere Zutritt der Luft vollkommen abgeschlossen wird. Es stellt sich also unter Wasser ein Zerfall der organischen Verbindung dem ähnlich ein, der bei der trockenen Destillation stattfindet nur mit dem Unterschiede, dass hier die Wärme, dort der atmosphärische Sauerstoff die Gleichgewichtslage der Atome stört und deren neue Gruppierung veranlasst. Indem die elementaren Atome sich zu neuen Verbindungen ordnen, verlassen sie den Platz in ihrem Moleküle und nehmen einen neuen ein. Diesen Zustand der Bewegung theilt das

getroffene Molekül den umgebenden mit, so dass auch diese, obwohl die ursprüngliche Ursache nicht mehr wirkt, der Zersetzung anheimfallen.

Diesen Annahmen entsprechend nennt Liebig Fäulniss einen Zersetzungsprocess, der durch eine äussere Ursache an einem Theile eines organischen Körpers beginnt und sich sodann ohne weiterer Mitwirkung der ursprünglichen Ursache durch die ganze Masse desselben fortsetzt.

Es ist nach Liebigs Meinung eine bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit faulender Körper, dass sie die Zersetzung einer grössern Zahl von Substanzen, die für sich der Fäulniss nicht fähig sind, veranlassen, wenn sie damit in Berührung kommen. In dieser Art zersetzbare Körper nennt Liebig gährungsfähige, den Zersetzungsprocess, den gährungsfähige Substanzen durch faulende erleiden, nennt er Gährung, den faulenden Körper aber, der den Zustand der Bewegung den Atomen des gährungsfähigen mittheilt, Ferment.

Nach dieser Theorie müsste eine zur Gährung gebrachte Flüssigkeit vollständig vergähren, wenn nur der Anstoss dazu gegeben ist. Dass dies nicht der Fall sei, wurde bereits im Vorausgehenden hervorgehoben, dass ein faulender Körper, an dem nicht Keime niederer Organismen — von Pilzen — haften, keine Gährung hervorbringt, wird im Folgenden bewiesen werden. Ueberhaupt ist durch die Ergebnisse der neuesten Untersuchungen die Unhaltbarkeit der Lie-

big'schen Gährungstheorie dargelegt; es scheint sonach überflüssig, auch noch die gewichtigen Einsprachen zu erörtern, welche schon vor dem dagegen erhoben worden sind.

Dagegen lassen die bisherigen Untersuchungen die Frage offen, ob die Fäulnissprocesse in der Art vor sich gehen wie Liebig annimmt, ob sie nach der Meinung von Schwann etc. ebenfalls durch organisirte Fermente, ähnlich den Gährungsvorgängen bedingt sind, ob die einmal begonnene Fäulniss auch nach Abschluss der Luft fortschreitet, ob überhaupt bezüglich der Ursachen, welche die Fäulniss veranlassen, der Producte, welche sich dabei bilden und der Art ihrer Bildung eine Aehnlichkeit mit den Gährungsvorgängen besteht, und es sonach gerechtfertigt sei, beide von gleichem Gesichtspunkte aus zu betrachten.

Es muss im Allgemeinen bemerkt werden, dass die Vorgänge, welche bei der Fäulniss stattfinden, bei weitem nicht so gründlich auf experimentellem Wege studirt wurden, wie jene der Gährung. Ob die Fäulniss bei vollkommenem Abschlusse der Luft fortschreitet, also wirklich ein Zersetzungsprocess sei, an dem sich nur die Elemente der faulenden Substanz betheiligen, ist durch kein entscheidendes Experiment ermittelt worden. Die Versuche von Hildebrand, die den Einfluss verschiedener Gase — Kohlensäure, Wasserstoff, Sticksoxyd u. s. w. — auf den Verlauf der Fäulniss kennen lernen sollten, blieben gänzlich unbeachtet. Da Fäulniss und Gährung widerspruchsfrei

für, ihrem Wesen nach, gleichartige Prozesse angesehen wurden, so galt es als ausgemacht, dass die Zersetzungsart, welche für die Gährung nachgewiesen war, auch bei der Fäulniss stattfindet.

Den Beweis, dass organisirte Fermente die Fäulnissreger seien, entnehmen Schwann, Ure etc. der Thatsache, dass fäulnissfähige Körper, wenn sie zur Zerstörung der an ihnen allfällig haftenden Keime höheren Temperaturen einige Zeit ausgesetzt gewesen sind und sodann nur mit ausgeglühter oder durch Kalilauge und Schwefelsäure geleiteter Luft in Berührung kommen, keine stinkenden Fäulnissproducte bilden, dass aber diese alsbald auftreten, wenn die Substanzen sodann der gewöhnlichen Luft preisgegeben sind. Da ausgeglühte oder durch Schwefelsäure und Kalilauge geleitete Luft dieselbe Sauerstoffmenge wie die gewöhnliche Luft enthält, so kann nach der Ansicht Schwann's das Ausbleiben der Fäulnisserscheinungen nicht mit dem Sauerstoffgehalte der Luft in ursächlichem Zusammenhange stehen, die Fäulniss muss durch etwas Anderes erregt werden, was in der gewöhnlichen Luft enthalten ist und in der ausgeglühten fehlt. Dieses Etwas sind die infusoriellen Keime, welche die Luft führt und welche die Gährungs- wie die Fäulnissprocesse veranlassen. Es hatte jedoch schon Helmholz beobachtet, dass die organischen Substanzen auch aus der ausgeglühten Luft Sauerstoff aufnehmen und Kohlensäure entwickeln, dass aber erst, wenn gewöhnliche Luft Zutritt, die

gewöhnlichen Fäulnisproducte zur Wahrnehmung kommen. Dieser letztere Umstand veranlasste Helmholtz zur Folgerung, dass die Einwirkung des Sauerstoffs allein keine Fäulnis bedinge, dass dazu ein Ferment nöthig sei. Ein weiterer Versuch lehrte ihm, dass dieses Ferment in dem Fäulniswasser gelöst sein müsse, dass es durch thierische Membranen diffundire, was bei organisirten Fermenten, welche Gährungsprocesse erregen, nicht der Fall sei. In jüngster Zeit sind von Dusch und Schröder insbesondere von letzterem sehr sorgfältige Versuche zur Ermittlung der Fäulnisfermente angestellt worden. Das Ergebniss derselben war, dass über Baumwolle filterirte Luft allerdings oxydirend auf fäulnisfähige Stoffe wirke, aber die gewöhnlichen Produkte der Fäulnis nicht erzeuge, wenn anders die Substanzen genug hohen Temperaturen — die bis  $160^{\circ}$  steigen müsste — ausgesetzt wurden; Schröder lässt es unentschieden, ob die specifischen Fäulnisfermente nur durch die Luft zugeführt werden, es scheint ihm wahrscheinlicher, dass das Ferment in vielen Substanzen — Milch, Fleisch, Eiweiss — schon ursprünglich in den Organen und Secreten der Pflanzen und Thiere enthalten sei. Er schliesst dies aus dem Umstande, dass diese Substanzen bei 4 Atmosphären im Digestor gekocht, völlig geschützt bleiben, auch wenn sie nach dem Kochen im Digestor mit der Luft längere Zeit in Berührung geblieben sind; hierauf aber nochmals aufgeköcht (bei gewöhnlichem Luft-

druck) unter Baumwollverschluss aufbewahrt werden; dass dagegen stinkende Fäulniss eintritt, wenn das Aufkochen im Digestor nicht vorausgeht, sondern die Substanzen nur bei gewöhnlichem Luftdruck gekocht und sodann durch Baumwolle geschützt werden.

Diese eben angeführten, so verschiedenartigen und sich widersprechenden Ansichten legen die Nothwendigkeit dar, durch weitere experimentelle Untersuchungen zu ermitteln, in welcher Art und durch welche Ursachen die Fäulnissprocesse erfolgen.

Ich theile im Nachstehenden eine Reihe von Versuchen mit, welche in der Absicht angestellt wurden, positivere Grundlagen zu gewinnen als jene sind, auf welche bisher die Erkenntniss der Fäulnissprocesse gestützt ist.

Allgemein ist die Annahme, dass bei der Fäulniss der Sauerstoff der Luft unbetheiligt bleibe. Es ist also durch Versuche festzustellen: ob eine bereits faulende Substanz weiter fault, wenn der Zutritt von freiem Sauerstoff völlig abgeschlossen ist, und ob eine ganz frische fäulnissfähige Substanz bei völligem Abschluss der Luft in Fäulniss geräth.

Sehr einfache Versuche beantworten diese Fragen. Da am Fleische sich die Fäulnisserscheinungen sehr deutlich und rasch entwickeln, soll dieses als Versuchsobject dienen. Beiläufig möge bemerkt werden, dass auch Eigelb, Eiweiss und Fleisch-Flüssigkeit dieselben Versuchsergebnisse geben, dass aber insbe-

sondere bei Eiweiss sich die Fäulnisserscheinungen sehr langsam einstellen.

Wir nehmen Glaskolben, die mit Kautschukpfropfen luftdicht verschlossen werden. Die Pfropfen haben zwei Bohrungen, welche entsprechend gebogene Glasröhren aufnehmen, die es ermöglichen, je nach Bedarf Flüssigkeiten oder Gase in den Kolben einzuführen oder aus denselben abzuleiten. Wir beschicken eine Partie dieser Kolben mit ganz rohem aber frischem Fleische, eine zweite Partie mit Fleisch, das einige Tage an der Luft gelegen hat, eine dritte Partie mit faulem Fleische. Alle Kolben werden mit luftfreiem Wasser vollständig gefüllt und dann unter Quecksilberverschluss zur Beobachtung hingestellt. Die Temperatur des Beobachtungsraumes schwankte während des Versuches zwischen 15—20 G. Cts., in einer Versuchsweise wurde sie absichtlich 6 Wochen lang auf 30—35 G. erhalten. Den Bedingungen, unter welchen nach den herrschenden Ansichten Fäulnis zu Stande kommt, war also vollkommen genügt, möge das Ferment aus der Luft kommen oder im Fleische schon enthalten sein, oder die vorausgegangene Verwesung in Sinne Liebig's den Zerfall bewirken.

Was tritt ein? Am 2. oder 3. Tage beginnt eine langsame Gasentwicklung, die bei den einzelnen Versuchsobjekten um so beträchtlicher ist, je mehr dieselben vor dem Versuche mit der Luft in Berührung waren; immer aber ist sie im Vergleich zur Menge der Substanz unbedeutend, sie beträgt selten 10 bis

15 Cub. Centim. bei 4 Loth Fleisch. Nach etwa 8 Tagen hört diese Gasentwicklung vollkommen auf und tritt dann im weiteren Verlaufe des Versuchs nicht mehr ein. Das entwickelte Gas ist bei nicht faulem Fleisch nur Kohlensäure, bei faulem kommt zuweilen auch Schwefelwasserstoff spurenweise vor.

Das Fleisch zeigt zu Ende des Versuchs allerdings die Merkmale der Auslaugung, aber keineswegs die einer tiefergreifenden Structuränderung. Die Textur der Muskelfaser ist beim nicht faulen Fleisch unversehrt, das faule Fleisch, welches zum Versuche absichtlich genommen war, ist nach 18 Monaten nicht anders beschaffen, als es zur Verwendung kam.

Wird nach dieser langen Versuchszeit ein Theil des Wassers in dem Versuchskolben durch Luft, Sauerstoff oder Stickstoff verdrängt, wobei die Vorsicht gebraucht wurde, dass die Gase vor dem Eintritt in den Kolben Schwefelsäure und dann eine Baumwollschicht passieren mussten, so tritt sehr bald in den Oxygen haltenden Kolben eine Gasabsorption ein, die sich durch das Aufsteigen des Quecksilbers in den Glasröhren bemerkbar macht. Nach einiger Zeit kommt das Gegentheil vor. Es stellt sich in dem Kolben ein stärkerer Druck und dann Gasentwicklung ein. Das aus den Sauerstoffkolben ausgetriebene Gas enthält in der ersten Zeit neben Kohlensäure noch Sauerstoff, später ist letzterer ganz verschwunden, und das Gas ist entweder bloß Kohlensäure oder es finden sich ausserdem noch kleine Mengen von

Schwefelwssaerstoff und Wasserstoff, von jenem aber so wenig, dass nach Einführung einer mit Bleilösung durchfeuchteten Papierkugel eine genau messbare Abnahme des gesammelten Gasvolums nicht bemerkt wird. So lange das entwickelte Gas nur Kohlensäure enthält, treten keine stinkenden Fäulnissprodukte auf. Später, wenn auch die ebengenannten Gase hinzukommen, stellt sich der bekannte höchst widerliche Geruch ein, der jedoch nicht von einer gasförmigen Verbindung stammt. An den Pfröpfen und Glasröhren haftet der Gestank Monate lang, selbst wenn sie wiederholt mit Wasser gewaschen und durchspült werden. Die Einwirkung des Sauerstoffs auf die faulenden Substanzen erfolgt sehr langsam. Im Kölbchen von etwa 400 Cub. Centim. Rauminhalt, die zur Hälfte oder zwei Drittel mit Sauerstoff gefüllt wurden, dauert es 6 Wochen, bevor aller Sauerstoff gebunden ist, und um nur wenige Lothe Fleisch in solchen Kölbchen vollständig verfaulen zu machen, ist mehremale Sauerstoff neu zuzuführen. Unterlässt man diess, so bleibt die Substanz in dem Zustande, in dem sie sich nach völliger Aufzehrung des Sauerstoffes befand, eben so unverändert, wie wenn sie nur unter Wasser allein bewahrt worden wäre.

Eine andere Eigenthümlichkeit, die sich bei diesen Fäulnissversuchen ergab, ist die, dass nach mehrmaligem Ersatze des Sauerstoffs eine weitere Oxydation selbst nach Wochen langem Stehen nicht weiter erfolgt, ungeachtet noch viel unzersetzte Sub-

stanz vorhanden ist. Es bleibt also faules Fleisch in einer Sauerstoffatmosphäre unverändert. Wird jedoch die Fäulnisflüssigkeit durch frisches Wasser ersetzt, oder doch bedeutend damit verdünnt, so stellt sich alsbald neuerdings der unterbrochene Zersetzungsprocess wieder ein und kann, wenn den erwähnten Bedingungen genügt wird, bis zu Ende geführt werden. Immer sind dazu Monate erforderlich; erwärmen bis 40 G. fördert den Process nicht. Wird das Fleisch vor dem Versuche mit concentrirter Kalilauge zur Gallerte angequellert oder setzt man dem Wasser eine Mineralsäure zu, so findet gleichfalls keine Sauerstoffaufnahme statt, wird aber die Gallerte bis zur schwachalkalischen Reaction ausgewaschen oder das saure Wasser entfernt, so stellt sich alsbald in der Sauerstoffatmosphäre der Fäulnisprocess ein, und er nimmt bei dem mit Alkali behandelten Fleische einen rascheren Verlauf, als dies beim rohen Fleische der Fall ist.

Ganz dieselben Erscheinungen werden in den Versuchskolben beobachtet, welche durch Schwefelsäure geleitete und über Baumwolle filtrirte atmosphärische Luft enthalten.

Dagegen zeigt sich in den mit reinem Stickstoff gefüllten Versuchskolben der Inhalt nicht mehr verändert, als wenn er unter Wasser allein bewahrt worden wäre, die Fleischfaser hat ihre Textur erhalten, sieht nur ausgelaugt aus, eine nennenswerthe Gasentwicklung hat zu keiner Zeit stattgefunden.

Wird statt rohem bluthältigem Fleisch solches zu den Versuchen verwendet, das fein zerhackt und so lange mit Wasser ausgeknetet wurde, bis es völlig farblos geworden ist, also alle Blutbestandtheile verloren hat, so stellen sich allerdings dieselben Erscheinungen ein, wie sie im rohen Fleische auftreten, nur erfolgt die Einwirkung des Sauerstoffs besonders anfangs viel langsamer.

Diese Versuchsreihe lehrt:

1. Dass fäulnissfähige Substanzen unter Wasser verwahrt keine Zersetzung erleiden, selbst dann nicht, wenn sie vor dieser Verwahrung eine theilweise Zersetzung erfahren haben.

2. Dass überhaupt, wenn specifische Fermente den Fäulnissprocess bedingen, dieselben nicht den Gährungsfermenten ähnlich wirken und für sich allein blos in Berührung mit der fäulnissfähigen Substanz diese nicht zu zersetzen vermögen.

3. Dass der Beginn wie der Verlauf der Fäulniss nothwendig an die Anwesenheit von Sauerstoff gebunden ist, der an der Bildung der Fäulnissproducte Theil nimmt.

4. Der chemische Process, welcher die Zersetzung bewirkt, besteht der Hauptsache nach in einer Oxydation. Die verschiedenen Producte, die im Verlaufe der Fäulniss auftreten, beweisen aber, dass nicht alle Moleküle in gleicher Art oxydirt werden. Wahrscheinlich modificiren die ersten Zersetzungsproducte den weitem Verlauf der Oxydation theils

dadurch, dass sie selbst weiter oxydirt werden, theils dadurch, dass sie mit den noch unzersetzten Molekülen des faulenden Körpers in Gegenwirkung treten.

5. Dass sich im Verlaufe der Fäulniss Producte bilden, die ähnlich den Alkalien und Mineralsäuren die Einwirkung des Sauerstoffs auf die fäulnissfähige Substanz hindern.

6. Dass die durch vorläufige Behandlung mit Alkali angequollene Fleischfaser nach Entfernung des Alkali der Sauerstoffwirkung rascher unterliegt als die rohe blutreiche, dass dagegen die völlig ausgelaugte, von allen löslichen Bestandtheilen befreite Fleischfaser viel langsamer oxydirt wird.

7. Dass die Worte Verwesung, Vermoderung, Fäulniss nicht verschiedene Prozesse bedeuten, sondern Synonymen sind.

Durch diese Versuchsreihe ist die Frage, ob Fermente die Fäulniss bedingen nur in so weit gelöst, als damit nachgewiesen wurde, dass sie für sich allein bei Gegenwart von Wasser dieselbe nicht bewirken; sie lassen aber noch der Voraussetzung Raum, dass sie ähnlich den katalytischen Körpern (Platinschwamm) die Oxydation vermitteln.

Ist diess der Fall, so müssen fäulnissfähige Substanzen, wenn sie längere Zeit hindurch der Einwirkung höherer Temperaturen ausgesetzt sind, in einer Sauerstoffatmosphäre unverändert bleiben, wenn nur dafür gesorgt wird, dass der zugeführte Sauerstoff

völlig frei von Keimen niederer Organismen ist. Dasselbe muss der Fall sein, wenn die ausgekochten Substanzen mit ausgeglühter, durch Schwefelsäure und Kalilauge geleiteter oder durch Baumwolle filtrirter Luft in Berührung gebracht werden.

Es wurde daher in einer zweiten Versuchsweise das Fleisch vorerst im Digestor bei einem Druck von 3—4 Atmosphären eine viertel bis halbe Stunde lang gekocht, dann in die vorbeschriebenen Kölbchen gebracht. Jedes Kölbchen wurde mit siedendem Wasser gefüllt, der Pfropf aufgesetzt, dann der Inhalt wieder bis zum Sieden erhitzt, letzteres so lange unterhalten bis der Wasserdampf aus beiden Röhren abflies. Nachdem das Ausblasen des Dampfes einige Zeit anhielt, wurde das Sieden unterbrochen, sodann von organisirten Keimen freie Luft oder Sauerstoff eingeleitet.

Die Glasröhren tauchten bei diesen Versuchen ebenso wie bei den ersten in Queksilber einige Zoll tief ein. Die Einwirkung des Sauerstoffs machte sich bei diesen Versuchen viel langsamer bemerkbar, trat aber in ganz gleicher Art ein. Anfangs fand ebenfalls eine Sauerstoffabsorption, später eine Kohlensäureentwicklung statt, dem sich dann die Ausscheidung von Schwefelwasserstoff und Wasserstoff zugesellte. War einmal die Oxydation im Gange, so setzte sie sich gleich rasch wie bei den ungekochten Substanzen fort, überhaupt zeigte sich im weitem Verlauf des Processes nicht die geringste Verschiedenheit.

Nachdem also die gekochten und ungekochten Substanzen dasselbe Verhalten zeigen, nur mit dem einzigen Unterschiede, dass sich bei jenen die Einwirkung des Sauerstoffes vieles langsamer entwickelt, so darf wohl mit Recht gefolgert werden, dass es nicht nöthig sei, ein spezifisches Fäulnissferment anzunehmen, um für diesen Unterschied eine genügende Erklärung zu finden. Vergegenwärtigt man sich die Veränderungen, welche coagulable Substanzen beim Kochen erleiden, so kann man nicht lange über die wahre Ursache des verschiedenen Verhaltens der Körper im gekochten und im rohen Zustande im Unklaren bleiben. Ungekocht befinden sich diese Substanzen im Zustande der Quellung, die grosse Wassermenge, die sie einschliessen, begünstigt die Diffusion des Sauerstoffes und damit dessen Fixirung von den Molekülen, deren Cohäsion jener Aggregatform nahe gebracht ist, in welcher erfahrungsmässig die chemischen Reactionen am leichtesten eintreten. Schönbein hat nachgewiesen, dass der diffundirte Sauerstoff activer Sauerstoff — Ozon, Antozon — wird, und da es feststeht, dass nur der erregte Sauerstoff Oxydationen bewirkt, so ist es leicht begreiflich, dass ein und dieselbe Substanz je nach dem sie die Umwandlung des inaktiven Sauerstoffes in aktiven rascher oder langsamer bewirken kann, auch der Verwesung früher oder später anheimfallen werde. Durch Kochen aber wird die imbibirte Flüssigkeit aus den Substanzen entfernt, und zwar um so mehr, bei je

höherer Temperatur das Sieden erfolgt, diese schrumpfen zu einem kleinen Volumen zusammen und erhalten eine Form, die weder die Diffusion des Sauerstoffs, noch dessen Anziehung Seitens der einzelnen Moleküle begünstigt.

Diese Erörterungen erhalten eine weitere Begründung durch mehre bei der ersten Versuchsreihe gemachte Wahrnehmungen. Die durch Auskneten unter Wasser von allen löslichen Bestandtheilen befreite, ganz farblose Muskelfaser befindet sich nicht mehr in dem vollkommenen Zustande der Quellung wie die rohe, es kommt aber auch die Einwirkung des Sauerstoffs bei jener später als bei dieser zur Wahrnehmung. Dagegen fault die mit Kali bis zur halb durchsichtigen Gallerte angequollene Muskelfaser sehr rasch, wenn das Alkali weggewaschen ist.

Von diesen Gesichtspunkten sind auch die Angaben zu würdigen, denen zufolge bei höheren Temperaturen gekochtes Fleisch u. dgl. in durch Baumwolle filtrirter Luft keine deutlich wahrnehmbaren Merkmale vorgeschrittener Fäulniss zeigt. Zieht man dabei in Erwägung, dass der Fäulnissprocess überhaupt nur langsam selbst unter günstigen Verhältnissen fortschreitet, dass in dem ersten Stadium des Processes nur Kohlensäure entwickelt wird, erst später stinkende Producte auftreten, dass in Kölbchen, deren Inhalt durch eine Baumwollschichte von der äussern Luft geschieden ist, nur ein langsamer Luftwechsel eintritt, und dass durch die Entwicklung

der schwer diffusibeln Kohlensäure innerhalb dem Kölbchen der Sauerstoffzutritt, aus der Luft nur spärlich stattfinden kann, so wird es von selbst verständlich, dass unter solchen ungünstigen Verhältnissen die Bildung von stinkenden Fäulnisproducten nur spät erfolgen werde.

Da nach dem früher Mitgetheilten die stinkenden Producte nur in einem bestimmten Stadium des Processes zum Vorschein kommen, so ist klar, dass aus dem Fehlen dieser Stinkkörper nicht der Schluss gezogen werden dürfe, die Substanz faule nicht, man müsste denn diese Phase des Processes aus ihrem ursächlichen Zusammenhang mit dem vorausgehenden und folgenden bringen und für sie allein den Ausdruck Fäulnis gebrauchen wollen. Demungeachtet bleibt die nächste Ursache in diesem Prozesse der Sauerstoff. Ein specifisches Ferment, welches den Sauerstoff zur Oxydation anregt und durch Schwefelsäure so wie durch Erhitzen zerstört, durch Baumwolle zurückgehalten wird, kann es nach den Resultaten der zweiten Versuchsreihe nicht geben. Damit soll aber nicht gesagt sein, dass es überhaupt keine Körper gebe, die auf den Eintritt der Fäulnis einen Einfluss üben.

So wie wir gesehen haben, dass Alkalien, Mineralsäuren und Fäulnisproducte selbst den Fäulnisprocess hindern, selbst während seines Verlaufes, so gibt es gewiss auch viele Substanzen, welche dessen Verlauf fördern oder dessen Eintritt bedingen.

Dahin werden all die Umstände und Mittel zu zählen sein, welche den inactiven Sauerstoff in den sogenannten aktiven oder erregten Zustand überführen. Wenn wir z. B. beobachten, dass Eiweiss, welches in rein wässeriger Lösung der Einwirkung des Sauerstoffs lange widersteht, alsbald einem raschen Zerfall unterliegt, wenn sich an demselben eine Pilzbildung einstellt, so ist dies nicht blos darin begründet, dass der Pilz den Eiweissmolekülen die Elemente zu seiner Entwicklung entzieht, sondern auch darin, dass, wie Schönbein beobachtete, Pilze den Sauerstoff polarisiren, in aktiven verwandeln.

Fassen wir zum Schlusse die Ergebnisse der vorstehenden Versuche zusammen, so lassen sie sich in wenigen Sätzen ausdrücken. Sie lauten:

1. Zwischen Gährung und Fäulniss besteht keine Analogie, weder bezüglich der Ursachen noch der Entstehungsweise ihrer Producte.

2. Die Fäulniss besteht nicht in einem durch ein bestimmtes Ferment angeregten Zerfall einer höher zusammengesetzten organischen Substanz.

3. Die Fäulniss ist ein Oxydationsprocess, der nur unter Mitwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs erfolgen und zu Ende geführt werden kann.

4. Alle Mittel, welche den inactiven Sauerstoff in den erregten Zustand überführen, begünstigen den Eintritt und den Verlauf der Fäulniss.

5. Die Fäulnissproducte sind innerhalb der verschiedenen Zeitdauer, während welcher der Prozess

statt findet, verschieden. Die Unterschiede lassen sich an den gasförmigen Zersetzungsproducten, wie sie sich der Reihe nach folgen, am besten wahrnehmen.

---

Im Vorstehenden ist der Fäulnisprozess bloß vom theoretischen Standpunkte gewürdigt. Es möge mir nun erlaubt sein, in der gedrängtesten Kürze nachzuweisen, dass die theoretischen Sätze auch einer praktischen Verwerthung fähig sind.

Die wichtige Rolle, welche die Fäulnisvorgänge im grossen Haushalte der Natur spielen, ist Eingangs hervorgehoben. Aber auch in unsern beschränktern Lebensverhältnissen haben wir häufig Anlass, dieselben zu berücksichtigen. Wissen wir sicher die Bedingungen, unter welchen diese Prozesse eintreten und verlaufen, kennen wir genau die Producte, die sie erzeugen, so ist es nicht schwer, die Directiven zu finden, wie vorzugehen sei, wenn die Fäulnis einer Substanz gehindert oder befördert oder unterbrochen werden soll. Wir werden je nach den Absichten, die erreicht sein sollen, die zweckentsprechendste Wahl der Mittel treffen, um der gestellten Aufgabe zu genügen. Ich erinnere an die Conservirung der Nahrungsstoffe einerseits, an die Mittel zur Desinfection von Latrinen und Kloaken, die entweder dadurch wirksam sind, dass sie die Fäulnis hindern, oder dadurch, dass sie dieselben einem raschen Ende zuführen; an die entsprechendste Wahl von Begräb-

nissplätzen u. s. w. Alle diese Fragen, so wie noch viele auf dem Gebiete der Hygiene, sie können eine befriedigende Beantwortung nur finden, wenn der Gegenstand auf den sie sich beziehen, klar erfasst und in allen seinen Theilen richtig erkannt ist.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1867

Band/Volume: [6](#)

Autor(en)/Author(s): Schneider Franz (Ser. Cölestin von)

Artikel/Article: [Über die Ursachen und Natur der Fäulnisprocesse. 307-332](#)