

Justus von Liebig - Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie (1840)

In Justus von Liebig, *Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie*, Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig 1841.

parole chiave: chimica, agricoltura, Marx, ecologia

Questo trattato scientifico affronta da una prospettiva innovativa i principi che definiscono la condizione del suolo agricolo (resa, sterilità, concimazione); la particolarità della settima edizione risiede nel fatto che l'autore si mostra per la prima volta scettico nei confronti dell'impiego massiccio di fertilizzante, adoperato per sopperire all'impoverimento del terreno causato dall'agricoltura intensiva su scala industriale.

Il testo di Liebig non ha solo influenzato per decenni le tecniche e le teorie dell'agricoltura industriale, ma rientra tra i riferimenti che hanno influenzato maggiormente la formazione scientifica di Karl Marx, specie in merito alle sue concezioni dell'ecologia e sull'impossibilità di un progresso senza fine (si parla principalmente del Marx che scrive a partire dagli anni '60).

Bibliografia essenziale

- Kohei Saito, *Natur gegen Kapital. Marx' Ökologie in seiner unvollendeten Kritik des Kapitalismus*, Campus Verlag Frankfurt a.M.-New York 2017.

Justus von Liebig

Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie (1840)

Gegenstand.

Die organische Chemie hat zur Aufgabe die Erforschung der chemischen Bedingungen des Lebens und der vollendeten Entwicklung aller Organismen.

Das Bestehen aller lebenden Wesen ist an die Aufnahme gewisser Materien geknüpft, die man Nahrungsmittel nennt; sie werden in dem Organismus zu seiner eigenen Ausbildung und Reproduction verwendet.

Die Kenntniß der Bedingung ihres Lebens und Wachsthums umfaßt demnach die Ausmittlung der Stoffe, welche zur Nahrung dienen, die Erforschung der Quellen, woraus diese Nahrung entspringt, und die Untersuchung der Veränderungen, die sie bei ihrer Assimilation erleiden.

Den Menschen und Thieren bietet der vegetabilische Organismus die ersten Mittel zu seiner Entwicklung und Erhaltung dar.

Die ersten Quellen der Nahrung der Pflanzen liefert ausschließlich die anorganische Natur.

Der Gegenstand dieses Werkes ist die Entwicklung des chemischen Processes der Ernährung der Vegetabilien.

Der erste Theil ist der Aufsuchung der Nahrungsmittel so wie der Veränderungen gewidmet, die sie in dem lebenden Organismus erleiden; es sollen darin die chemischen Verbindungen betrachtet werden, welche den Pflanzen ihre Hauptbestandtheile, den Kohlenstoff und Stickstoff, liefern, so wie die Beziehungen, in welchen die Lebensfunktionen der Vegetabilien zu dem thierischen Organismus und zu andern Naturerscheinungen stehen.

Der zweite Theil handelt von den chemischen Processen, welche nach dem Tode aller Organismen ihre völlige Vernichtung bewirken; es sind dies die eigenthümlichen Zersetzungswisen, die man mit Gährung, Fäulniß und Verwesung bezeichnet; es sollen darin die Veränderungen der Bestandtheile der Organismen bei ihrem Uebergange in anorganische Verbindungen, so wie die Ursachen betrachtet werden, von denen sie abhängig sind.

Die allgemeinen Bestandtheile der Vegetabilien.

Der Kohlenstoff ist der Bestandtheile aller Pflanzen, und zwar eines jeden ihrer Organe.

Die Hauptmasse aller Vegetabilien besteht aus Verbindungen, welche Kohlenstoff und die Elemente des Wassers, und zwar in dem nemlichen Verhältniß wie im Wasser, enthalten; hieher gehören die Holzfaser, das Stärkemehl, Zucker und Gummi.

Eine andere Klasse von Kohlenstoffverbindungen enthält die Elemente des Wassers, plus einer gewissen Menge Sauerstoff; sie umfaßt mit wenigen Ausnahmen die zahlreichen in den Pflanzen vorkommenden organischen Säuren.

Eine dritte besteht aus Verbindungen des Kohlenstoffs mit Wasserstoff, welche entweder keinen Sauerstoff enthalten, oder wenn Sauerstoff einen Bestandtheil davon ausmacht, so ist seine Quantität stets kleiner, als dem Gewicht-Verhältniß entspricht, in dem er sich mit Wasserstoff zu Wasser verbindet. Sie können demnach betrachtet werden als Verbindungen des Kohlenstoffs mit den Elementen des Wassers, plus einer gewissen Menge Wasserstoff. Die flüchtigen und fetten Oele, das Wachs, die Harze gehören dieser Klasse an. Manche da- von spielen die Rolle von Säuren.

Die organischen Säuren sind Bestandtheile aller Pflanzensaftes und, mit wenigen Ausnahmen, an anorganische Basen, an Metalloxide, gebunden; die letzteren fehlen in keiner Pflanze, sie bleiben nach der Einäscherung derselben in der Asche zurück. Der Stickstoff ist ein Bestandtheil des vegetabilischen Eiweißes, des Klebers; er ist in den Pflanzen in der Form von Säuren, von

indifferenzen Stoffen und von eigenthümlichen Verbindungen enthalten, welche alle Eigenschaften von Metalloxiden besitzen, die letzteren heißen organische Basen. Wassers und seiner Elemente, so wie eines Bodens, welcher die anorganischen Materien darbietet, ohne die sie nicht bestehen kann.

Seinem Gewichtsverhältniß nach macht der Stickstoff den kleinsten Theil der Masse der Pflanzen aus, er fehlt aber in keinem Vegetabil, oder Organ eines Vegetabils; wenn er keinen Bestandtheil eines Organs ausmacht, so findet er sich dennoch unter allen Umständen in dem Saft, der die Organe durchdringt.

Die Entwickelung einer Pflanze ist nach dieser Auseinandersetzung abhängig von der Gegenwart einer Kohlenstoffverbindung, welche ihr den Kohlenstoff, einer Stickstoffverbindung, welche ihr den Stickstoff liefert; sie bedarf noch außerdem des Wassers und seiner Elemente, so wie eines Bodens, welcher die anorganischen Materien darbietet, ohne die sie nicht bestehen kann.

[...]

Gährung und Fäulniß.

Manche Materien gehen dem Anschein nach von selbst in Gährung und Fäulniß über, und dieß sind namentlich diejenigen, welche Stickstoff oder stickstoffhaltige Substanzen beigemengt enthalten, und das Merkwürdigste hierbei ist, daß außerordentlich kleine Quantitäten derjenigen Substanzen, die in den Zustand der Gährung und Fäulniß übergegangen sind, die Fähigkeit besitzen, in unbegrenzten Mengen der nämlichen Materien denselben Act der Zersetzung hervorzurufen.

Eine kleine Quantität gährenden Traubensaft zu nicht gährendem zugesetzt, bringt die ganze Quantität in Gährung.

Die kleinste Quantität im Zustande der Gährung begriffener Milch, Mehlteig, Rübensaft, faulenden Fleisches, Blut etc. mit frischer Milch, Rübensaft, Mehlteig, Fleisch oder Blut in Berührung gebracht, macht, daß diese Materien in den nämlichen Zersetzungssproceß übergehen.

Diese Erscheinungen treten, wie man leicht bemerkt, aus der Klasse der gewöhnlichen Zersetzung, die durch chemische Verwandtschaften bewirkt werden, heraus; ihre Elemente ordnensich in Folge einer Störung nach ihren Verwandtschaften; es sind Aeußerungen chemischer Thätigkeiten, Umwandlungen oder Zersetzung, die vor sich gehen, in Folge der Berührung mit Körpern, die sich in dem nemlichen Zustande befinden.

Um sich ein klares Bild über diese Vorgänge zu verschaffen, muß man analoge aber minder verwickelte Erscheinungen in's Auge fassen.

Die Zusammengesetztheit der organischen Atome und ihr Verhalten gegen andere Materien im Allgemeinen führt von selbst auf die wahre Ursache, durch welche diese Metamorphosen herbeigeführt werden.

Aus dem Verhalten der einfachen Körper weiß man, daß bei Bildung von Verbindungen die Kraft, mit welcher die Bestandtheile zusammenhängen, in demselben Verhältniß abnimmt, in welchem die Anzahl der Atome in dem zusammengesetzten Atome zunimmt.

Manganoxidul geht durch Aufnahme von Sauerstoff in Oxid, in Hyperoxid, in Mangan und Uebermangansäure über, wodurch die Anzahl der Sauerstoffatome in dem ersten um die Hälfte vermehrt, oder verdoppelt, verfünffacht wird, aber alle Sauerstoffmengen über die hinaus, welche in dem Oxidul enthalten ist, sind bei weitem schwächer gebunden, die bloße Glühhitze treibt Sauerstoff aus dem Hyperoxide aus und die Mangansäuren können von den Basen nicht getrennt werden, ohne augenblicklich eine Zersetzung zu erfahren.

Die umfassendsten Erfahrungen beweisen, daß die am einfachsten zusammengesetzten anorganischen Verbindungen die beständigsten, die den Veränderungen am meisten widerstehendensind, und daß mit ihrer Zusammengesetztheit, ihre Veränderlichkeit, ihre leichte Zersetbarkeit zunimmt, offenbar nur deshalb, weil mit der Anzahl der Atome, welche in Verbindung treten, die Richtungen sich vervielfältigen, in denen ihre Anziehung thätig ist.

Welche Art von Vorstellung man auch über die Natur der Materie haben mag, die Existenz der chemischen Proportionen weis't jeden Zweifel über das Vorhandensein von gewissen be- grenzten

Gruppen oder Massen von Materie zurück, über deren weitere Spaltung oder Theilung wir keine Erfahrungen besitzen. Diese in der Chemie Aequivalente benannten Massen sind nicht unendlich klein, denn sie wiegen, indem sie je nach ihren Anziehungen sich auf die mannigfaltigste Weise ordnen, gehen aus dieser Verbindung die zahllosen zusammengesetzten Atome hervor, deren Eigenschaften in der organischen Natur nach der Form, ja man kann bei vielen sagen, nach der Richtung, nach dem Platze wechseln, den sie in dem zusammengesetzten Atome einnehmen.

Vergleicht man nun die Zusammensetzung der organischen mit den anorganischen Verbindungen, so wird man wahrhaft überrascht durch die Existenz von Verbindungen, in denen sich 90 und mehrere hundert einzelne Atome oder Aequivalente vereinigt finden, zu einem einzigen zusammengesetzten Atom. Das Atom einer organischen Säure von einfacher Zusammensetzung, die Essigsäure z. B. enthält 12 Aequivalente, 1 Atom, Chinasäure enthält 33, 1 Atom Zucker 36, Amygdalin enthält 90 und 1 Atom Talgsäure 138 Aequivalente an Elementen und die Bestandtheile der thierischen Körper übertreffen die genannten bei weitem noch an Zusammengesetztheit.

In eben dem Grade, als die anorganischen Verbindungen die organischen an Einfachheit in ihrer Zusammensetzung übertreffen, weichen sie von diesen durch ihr Verhalten ab. Während z. B. ein zusammengesetzter Atom, das schwefelsaure Kali, mit einer Menge von Materien in Berührung, nicht die geringste Veränderung in seinen Eigenschaften erleidet, während bei seiner Zerlegung mit andern Substanzen die Cohäsionskraft, die Fähigkeit von einem seiner Bestandtheile mit den berührenden Körper eine unlösliche feste, oder bei gewisser Temperatur flüchtige Verbindung zu bilden, während also andere Ursachen mitwirken, um seine Zerlegung zu bewerkstelligen, finden wir bei complexen organischen Atomen nichts ähnliches.

Betrachten wir die Formel des schwefelsauren Kalis: SKO₄, so haben wir darin nur 1 Aeq. Schwefel und 1 Aeq. Kalium, wir können im höchsten Fall den Sauerstoff uns ungleich in der Verbindung vertheilt denken und bei einer Zersetzung einen Theil oder allen Sauerstoff der Verbindung entziehen, oder einen der Bestandtheile ersetzen, eine verschiedene Lagerung der Atome können wir aber nicht hervorbringen, eben weil es die einfachste Form ist, in welcher die gegebenen Elemente zu der Verbindungen zusammenzutreten die Fähigkeit besitzen.

Vergleichen wir damit die Zusammensetzung des Traubenzuckers, so haben wir darin, auf 12 Aeq. Kohlenstoff, 12 Aeq. Wasserstoff und 12 Aeq. Sauerstoff; wir haben darin eine Anzahl von Atomen, von denen wir wissen, daß sie die mannigfaltigsten Verbindungen mit einander einzugehen vermögen; die Formel des Zuckers kann ausdrücken ein Hydrat des Kohlenstoffs, oder ein Hydrat des Holzes, oder der Stärke, oder des Milchzuckers, oder eine Verbindung von Aether mit Alkohol, oder von Ameisensäure mit Sachulmin, wir können mit einem Worte, wenn wir die Elemente von Wasser hinzutreten lassen oder einzelne Elemente in dem Zucker ersetzen, die meisten bekannten stickstofffreien organischen Stoffe durch Rechnung daraus entwickeln; die Elemente dazu sind also in der Zusammensetzung des Zuckers enthalten, und man kann hinzufügen, die Fähigkeit, zahllose Verbindungen mit einander zu bilden, ist in der Anziehung, welche diese Elemente zu einander gegenseitig haben, ebenfalls vorhanden. Untersuchen wir nun, wie sich der Zucker bei Berührung mit Materien verhält, die eine bemerkbare Wirkung auf ihn haben, so finden wir, daß die Veränderungen, die er erfährt, nicht in die engen Grenzen eingeschlossen sind, die wir bei den anorganischen Verbindungen bemerken; diese Veränderungen haben in der That keine Grenzen.

[...]

Metamorphosen stickstoffhaltiger Körper.

Wenn wir die Materien in's Auge fassen, welche die Eigenschaft, Metamorphosen, Gährung und Fäulniß zu bewirken, im vorzüglichsten Grade besitzen, so finden wir, daß es ohne Ausnahme solche sind, in deren Zusammensetzung der Stickstoff einen Bestandtheil ausmacht. Wir finden, daß in vielen derselben eine Umsetzung ihrer Elemente zu neuen Producten von selbst erfolgt, von dem

Augenblicke an, wo sie aufhören dem lebenden Organismus anzugehören, wo sie also aus der Sphäre der Anziehung heraustreten, durch die allein sie zu bestehen vermögen.

Wir kennen zwar stickstofffreie Körper, die ebenfalls nur in Verbindung mit andern einen gewissen Grad von Beständigkeit besitzen, die im isolirten Zustande also unbekannt sind, eben weil ihre Elemente, der Kraft entzogen, durch deren Wirkung ihre Elemente zusammengehalten sind, sich nach ihren eigenen Anziehungen ordnen; Uebermangansäure, Mangansäure, unterschweflige Säure sind schon als Verbindungen dieser Classe bezeichnet worden, allein wie bemerkt, diese Eigenschaft kommt nur wenigen stickstofffreien Verbindungen zu.

Ganz anders verhält es sich mit den stickstoffhaltigen Körpern; man kann sagen, daß in der eigenthümlichen Natur des Stickstoffs die Ursache der außerordentlichen Leichtigkeit gegeben ist, welche ihre eigene Zerstörung herbeiführt. Als das indifferenteste unter den bekannten Elementen zeigt er keine hervorstechende Anziehung zu irgend einem andern einfachen Körper, und diesen Character trägt der Stickstoff in alle Verbindungen über, die er einzugehen fähig ist, ein Character, der seine leichte Trennung von den Materien, mit denen er verbunden ist, erklärlieh macht.

Nur wenn seine Quantität im Verhältniß zu den Elementen, mit denen er verbunden ist, eine gewisse Grenze übersteigt, wie bei Melamin, Ammelin etc, fangen die Stickstoffverbindungen an, eine gewisse Beständigkeit zu erhalten; sie verlieren ebenfalls bis zu einem gewissen Grade ihre Veränderlichkeit, wenn seine Quantität zu der Masse der Elemente, mit denen er verbunden ist, zu der Summe ihrer Anziehungen also, ein Minimum beträgt, wie bei den organischen Basen.

Wir sehen in den beiden Knallsilbern, dem Knallquecksilber, dem Jod- und Chlorstickstoff in den sogenannten fulminirenden Verbindungen diesen Character der leichten Umsetzung am entschiedensten hervortreten.

Alle anderen erhalten die nämliche Fähigkeit, sich zu zerlegen, wenn ihnen die Elemente des Wassers dargeboten werden, ja die meisten sind keiner Metamorphose fähig, wenn diese Bedingung ihrer Umsetzung ausgeschlossen ist.

Die veränderlichsten stickstoffhaltigen Substanzen, Theile von Organismen, gehen in trocknem Zustande nicht in Fäulniß über.

Aus den Resultaten der bekannten Metamorphosen stickstoffhaltiger Körper ergiebt sich nun, daß hierbei das Wasser nicht bloß als Medium dient, welches den sich umsetzenden Elementen Bewegung gestattet; es stellt sich klar daraus hervor, daß sie in Folge von chemischer Verwandtschaft vor sich gehen.

Fragen wir nun nach den Veränderungen, welche die stickstoffhaltigen Körper im Allgemeinen erleiden, wenn ihnen die Bestandtheile des Wassers unter Umständen dargeboten werden, wo ihre Zersetzung, gleichgültig durch welche Ursache, herbeigeführt wird, so ergiebt sich als eine Regel, die keine Ausnahme kennt, daß unter diesen Bedingungen der Stickstoff dieser Substanzen stets bei vollendeter Zersetzung als Ammoniak in Freiheit gesetzt wird. Alle stickstoffhaltigen organischen Materien entwickeln durch die Einwirkung von Alkalien, allen Stickstoff in der Form von Ammoniak; Säuren und eine erhöhte Temperatur wirken auf die nämliche Weise; nur beim Mangel an Wasser oder seinen Elementen bilden sich Cyan und andere Stickstoffverbindungen.

Man kann hieraus entnehmen, daß das Ammoniak die stärkste Stickstoffverbindung ist, daß Wasserstoff und Stickstoff zu einander einen Grad von Verwandtschaft besitzen, der die Anziehung des Stickstoffs zu allen übrigen übertrifft.

Bei den stickstofffreien Materien haben wir in der ausgezeichneten Verwandschaft, welche der Kohlenstoff zum Sauerstoff besitzt, eine Ursache kennen gelernt, welche die Spaltung der Elemente eines complexen organischen Atoms nach einer bestimmten Weise herbeiführt; in den stickstoffhaltigen macht nur der Kohlenstoff einen nie fehlenden Bestandtheil aus und in diesen kommt in der hervorstechenden Verwandtschaft des Stickstoffs zum Wasserstoff eine neue höchst kräftige Ursache einer leichteren Umsetzung der Bestandtheile hinzu. Bei den stickstofffreien Körpern haben wir ein Element, bei den stickstoffhaltigen zwei Elemente, die sich in die Elemente des Wassers theilen, wir haben darin zwei entgegengesetzte Verwandtschaften, die ihre Wirkung gegenseitig verstärken.

Wir wissen nun, daß wir im Stande sind, durch den Einfluß zweier Verwandtschaften die stärksten Anziehungen zu überwinden, wir bringen mit der größten Leichtigkeit eine Zersetzung der Thonerde hervor, wenn wir die Verwandtschaft der Kohle auf ihren Sauerstoff und die des Chlors auf das Aluminium in Thätigkeit setzen, eine Zersetzung, die mit jedem allein nicht bewirkt werden kann, und es ist mithin in der Natur und der Constitution der Stickstoffverbindungen selbst eine Art von Spannung der Bestandtheile, eine hervorstechende Neigung zu Metamorphosen gegeben, welche bei vielen eine von selbst erfolgende Umsetzung von dem Augenblick an bewirkt, wo sie mit Wasser oder mit den Elementen des Wassers in Berührung gebracht werden.

Das Verhalten der einfachsten aller Stickstoffverbindungen, des Cyansäurehydrats ist vielleicht am besten im Stande eine bestimmte Vorstellung über diese Theilungsweise zu geben.

Diese Säure enthält Kohlenstoff, Stickstoff und Sauerstoff genau in den Verhältnissen, daß mit dem Hinzutreten einer gewissen Menge Wasser die Elemente dieses Wassers gerade hinreichen, sein Sauerstoff einerseits, um mit ihrem Kohlenstoff und Sauerstoff Kohlensäure und sein Wasserstoff andererseits, um mit ihrem Stickstoff Ammoniak zu bilden.

Bei diesen Körpern vereinigen sich also die günstigsten Bedingungen, um die vollkommenste Metamorphose zu erleiden, und es ist wohl bekannt, daß diese Spaltung augenblicklich erfolgt, sobald die Cyansäure mit Wasser zusammengebracht wird; unter lebhaftem Aufbrausen verwandelt sie sich in Kohlensäure und Ammoniak.

Diese Zersetzung läßt sich als Typus aller Metamorphosen stickstoffhaltiger Körper betrachten, es ist die Fäulniß in ihrer reinsten und vollendetsten Form, denn die neuen Produkte, Kohlensäure und Ammoniak, sind keiner weiteren Metamorphose mehr fähig.

Eine ganz andere und weit verwickeltere Form nimmt aber die Fäulniß an, wenn die ersten Produkte, welche gebildet werden, einer fortschreitenden Veränderung unterliegen, sie zerfällt in diesen Fällen in mehrere Perioden, bei denen es unmöglich ist die Grenze zu bestimmen, wo die eine aufhört und die andere anfängt.

Die Metamorphose einer aus Kohlenstoff und Stickstoff bestehenden Verbindung des Cyans, des einfachsten unter allen stickstoffhaltigen Körpern, giebt eine klare Vorstellung von der Mannigfaltigkeit der Produkte, die hierbei auftreten, es ist die einzige Fäulniß einer stickstoffhaltigen Substanz, die einigermaßen untersucht ist.

Eine Auflösung von Cyan im Wasser trübt sich nach kurzer Zeit und setzt eine schwarze oder braun-schwarze Materie ab, welche die Ammoniakverbindung eines Körpers ist, der durch eine einfache Vereinigung von Cyan mit Wasser entsteht. Diese Substanz ist unlöslich im Wasser und entzieht sich durch ihren Zustand jeder weiteren Veränderung.

Eine zweite Metamorphose wird bedingt durch die Theilung des Cyans in die Elemente des Wassers, es entsteht Cyansäure, indem sich eine gewisse Menge Cyan mit Sauerstoff verbindet, es bildet sich Blausäure, indem eine andere Portion Cyan sich mit dem freiwerdenden Wasserstoff vereinigt.

Eine dritte Metamorphose erfährt das Cyan, indem eine vollkommene Spaltung der Elemente des Cyans und eine Theilung dieser Elemente in die Bestandtheile des Wassers stattfindet. Oxalsäure auf der einen Seite, Ammoniak auf der andern, sind die Producte dieser Spaltung.

Cyansäure, deren Bildung so eben erwähnt worden ist, kann in Berührung mit Wasser nicht bestehen; sie zersetzt sich im Moment ihrer Bildung, wie oben erwähnt, in Kohlensäure und Ammoniak, die sich neu bildende Cyansäure entgeht aber dieser Zersetzung; indem sie mit dem freigewordenen Ammoniak in Verbindung tritt, entsteht Harnstoff.

Die Blausäure zerstetzt sich ebenfalls in eine braune Materie, welche Wasserstoff und Cyan, das letztere in einem größeren Verhältniß als wie im gasförmigen enthält; es wird bei ihrer Zersetzung ebenfalls Oxalsäure, Harnstoff und Kohlensäure gebildet, und durch Spaltung ihres Radikals tritt Ameisensäure als neues Produkt auf.

Eine Substanz mithin, welche nur Kohlenstoff und Stickstoff enthält, liefert im Ganzen acht von einander durchaus verschiedene Produkte. Einige dieser Produkte sind durch die Metamorphose des ursprünglichen Körpers, durch die Theilung seiner Elemente in die Bestandtheile des Wassers, andere in Folge einer weitern Spaltung der ersteren entstanden.

Der Harnstoff, das kohlensaure Ammoniak sind durch die Verbindung von zwei der gebildeten Produkte entstanden; an ihrer Bildung haben alle Elemente Antheil genommen.

Wie aus den ebenangeführten Beispielen entnommen werden kann, umfassen die Zersetzung durch Gährung oder Fäulniß in ihren Resultaten verschiedene Erscheinungen.

Es sind entweder Umsetzungen der Elemente einer complexen Verbindung zu neuen Verbindungen, welche mit oder ohne Hinzuziehung der Elemente des Wassers vor sich gehen. In den neuen auf diese Weise gebildeten Produkten findet man entweder genau das Verhältniß der Bestandtheile wieder, welche vor der Metamorphose in der Materie enthalten waren, oder man findet darin einen Ueberschuß, der in den Elementen des Wassers besteht, welche Antheil an der Theilung der Elemente genommen haben.

Oder es sind Umsetzungen zweier und mehrerer complexer Verbindungen, aus welchen die Elemente beider sich wechselseitig mit oder ohne Hinzutreten der Elemente des Wassers zu neuen Produkten ordnen. Bei dieser Art von Metamorphosen enthalten also die neuen Produkte die Summe der Bestandtheile aller Verbindungen, welche an der Zersetzung Antheil genommen haben.

Die erstere Zersetzungswweise characterisirt die eigentliche Gährung, die andere die sogenannte Fäulniß. Wir werden in dem folgenden diese Bezeichnungsweise stets nur für die beiden in ihren Erfolgen sich wesentlich von einander unterscheidenden Metamorphosen, beibehalten.