XLIII.

Ueber den Humus und die Wirkung des Düngers bei der Ernährung der Pflanzen.

Von

E. Soubeiran.

(*Journ. de Pharm. et de Chim.* XVII, 321.)

Die Centralackerbaugesellschaft des Departements der unteren Seine stellte die Fragen:

„Sind die Kohlensäure, die Luft, das Wasser, das Ammoniak und die unorganischen oder mineralischen Substanzen die einzigen Körper die zur Entwicklung der Pflanzen beitragen?“

„Ueben die organischen Bestandtheile der Dammerde und des Düngers nur dadurch einen günstigen Einfluss auf die Pflanzen aus, dass sie durch ihre freiwillige und langsame Zersetzung Kohlensäure und Ammoniak liefern?“

„Es ist die Aufgabe gestellt, die chemische Geschichte des Humus oder der Dammerde zu erörtern und besonders zu prüfen, ob die Substanz, die man Ulminsäure nennt, wesentlich bei dem Ernährungsakte der Pflanzen mitwirkt. Es ist genau die Rolle des Humus zu bestimmen und der Antheil der mineralischen und der organischen Substanzen zu untersuchen, die sich in dem Humus finden.“

„Es ist endlich auf experimentellen Wege zu untersuchen, ob, wie Theodor von Saussure, den Ansichten mehrerer Chemiker und Physiologen zuwider, annimmt, das *lösliche Extrakt* der Dammerde unverändert mit Wasser in die absorbirenden Gefässe der Pflanze übergeht.“

Die Gesellschaft lenkt die Aufmerksamkeit der Beobachter auf die Wirkung des Humus bei der Vegetation. Dieser Punkt der Wissenschaft schien auf positive Weise festgestellt zu sein, als er von den Chemikern in Frage gestellt wurde. Es ist nothwendig, diese Frage unverzüglich zu entscheiden, damit man entweder dem Humus die Hauptrolle, die man demselben bis jetzt in der Düngertheorie gab, wiederertheile, oder demselben seinen in der neuern Zeit bestimmten untergeordneten Platz

anweise. Die Gesellschaft wünschte eine schnelle Antwort und hat zu diesem Behufe den 1. Juli als Termin für die Ablieferung der Abhandlungen bestimmt. Die Versuche der Concurrenten wurden in einem Zeitraume beendigt, der nicht eine Periode der Vegetation umfasst. Ich glaube aber, dass die in gegenwärtiger Abhandlung niedergelegten Thatsachen hinreichend sein werden, um die Hupterscheinung bei der Ernährung durch den Humus aufzuklären. Später werde ich dieselben durch noch nicht beendigte Versuche vervollständigen, die aber das bis jetzt beobachtete nur bestätigen können.

In der ersten Abtheilung meiner Abhandlung werde ich die chemische Natur des Humus erörtern und die Rolle desselben bei der Ernährung der Pflanzen aufzuklären suchen. In der zweiten Abtheilung werde ich einige Düngerarten mit Rücksicht auf den Humus und die Substanzen, welche denselben bilden können, prüfen. Zu gleicher Zeit werde ich die Gelegenheit wahrnehmen, einige Irrthümer aufzuklären, die Methoden der Analysen der Düngerarten verbessern und hauptsächlich einige Axiome, die in der Wissenschaft als absolutes Gesetz dastehn, auf ihren wahren Werth zurückführen.

Erste Abtheilung.

Ueber den Humus.

In der ersten Abtheilung dieser Abhandlung will ich die Eigenschaften des Humus, den Zustand, in welchem er sich in der Dammerde befindet, und seinen Einfluss auf die Vegetation festzustellen suchen. Es sind die Fragen zu lösen, ob der Humus den Pflanzen als direktes Nahrungsmittel dient, oder ob derselbe nur durch die bei seiner Gährung entwickelte Kohlensäure wirkt, oder ob er ein Rückstand, ein nutzloses Caput mortuum ist. Ich studirte zuerst die bisher veröffentlichten Arbeiten und bemerkte, dass die Widersprüche und die augenscheinlich irrigen Ansichten mich nöthigen mussten, mich nur auf meine eigenen Versuche zu verlassen. Glücklicher Weise gelang es mir, einige Wahrheiten festzustellen und mehrere Irrthümer zu beseitigen.

Hinsichtlich des Düngers sind die Beobachtungen der prak-

tischen Landwirthe im Allgemeinen wenig beweisend und widersprechen sich oft. Die chemische Zusammensetzung der Düngemittel und die Beschaffenheit des Bodens ist ihnen oft nicht hinlänglich bekannt. Daraus folgt, dass die erhaltenen Resultate, so getreu wie sie unter den gegebenen Umständen auch sind, nicht generalisirt werden können, ohne dass man bei jedem Schritte auf Unzulässigkeiten träfe.

Den Chemikern wirft man andererseits nicht mit Unrecht vor, dass sie auf eine kleine Anzahl von Thatschen gestützt, sich zu leicht theoretischen Ansichten hingeben. Diejenigen, die sich vertrauensvoll diesen Ansichten hingeben, sind nur zu oft getäuscht worden. Die Rathschläge der Männer der Wissenschaft sind dadurch in einen oft nur zu sehr begründeten Miskredit gekommen, welcher der Einführung der wissenschaftlichen Erfahrung in die Praxis die grössten Schwierigkeiten entgegenstellt.

Es sind besonders drei Theorien über die Düngerarten herrschend. Diese Theorien enthalten aber die Wahrheit obgleich sie anscheinend im Widerspruch stehn. Eine jede derselben ist ein Fortschritt, unter der Bedingung, dass man keiner einen absoluten Werth zuschreibt und die beiden anderen ausschliesst.

Die Landwirthe behaupten, dass die humusreichsten Ackerboden die besten seien, dass der Dünger die Bestimmung habe, dem Boden Humus zu geben, und dass der letztere für die Pflanzen das vorzüglichste Nahrungsmittel sei. Ein Dünger ohne Humus ist folglich nach dieser Ansicht ein unwirksames Ding. Liebig nimmt hingegen an, dass der Humus nur ein unwesentlicher Nebenbestandtheil des Düngers sei. Dieser Chemiker sagt, dass man einer Pflanze nur die zu ihrer Existenz nothwendigen mineralischen Bestandtheile zu geben brauche, damit dieselben verhältnissmässig die bluterzeugenden Principe bilden, nach welchen sich der Werth unserer Nahrungsmittel richtet. Nach Liebig ist der Humus niemals direktes Nahrungsmittel für die Pflanze; er trägt nur indirekt zur Ernährung durch die bei seiner Zersetzung entstehende Kohlensäure bei. Die französische Schule endlich, an deren Spitze Boussingault und Payen stehen, nimmt an, dass der Stickstoffgehalt den Massstab für den Werth der Nahrungsmittel abgäbe. Beide Ge-

lehrte gingen sogar so weit, nach ihrem Princip eine Aequivalententafel aufzustellen.

Die Aufgabe erscheint nach dem Vorstehenden für jeden, der sich mit systematischen Ideen nicht befasst, vollständig gelöst. Die Landwirthe schreiben mit Recht der Gegenwart des Humus im Dünger eine grosse Wirksamkeit zu. Liebig war ebenfalls vollkommen im Rechte, als er den Einfluss der Salze als Reizmittel auf die Vegetation und als wesentlich constituirende Elemente einiger Nahrungsstoffe hervorhob. Boussingault und Payen hatten endlich ihre gewichtigen Gründe, als sie angaben, dass der Werth eines Düngemittels mit seinem Gehalte an Stickstoff zunehme. Derjenige hat aber sicher das grösste Recht auf seiner Seite, der da annimmt, dass der beste Dünger der sei, der zu gleicher Zeit die drei Hauptbestandtheile: Humus, Salze und stickstoffhaltige Substanz enthält.

Der Humus kommt aus der Dammerde und rührt von der langsamen Verwesung der Holzfaser her. Bei Gegenwart von Luft und von Feuchtigkeit verbrennt ein Theil des Wasserstoffs der Holzfaser und so wie das Gleichgewicht einmal gestört ist, bildet sich Kohlensäure auf Kosten der zurückbleibenden Elemente. Das Resultat dieser Einwirkung ist eine allmähliche Zunahme in der Menge des Kohlenstoffs, die indess ihre Grenze hat, da die Verwandschaft des Wasserstoffs zum Kohlenstoff in dem Masse der Verwesung hindernd entgegentritt, als das Holz ärmer an Wasserstoff wird. Diese Verwandschaft hält endlich der oxydirenden Einwirkung der Luft das Gleichgewicht.

Der *Humus*, die *schwarze Dammerde* (*terreau charbon-neux*) und der *Moder* sind die drei Glieder, die man bei der allmählichen Zersetzung des Holzes wahrgenommen zu haben glaubt. Der *Humus* charakterisirt sich durch seine Löslichkeit in den Alkalien; die *schwarze Dammerde* ist darin unlöslich; an der Luft aber giebt sie Kohlensäure aus und wird dadurch löslich. Der *Moder* ist nach Liebig das Endprodukt der Zersetzung des Holzes. Ebenso wie das Holz enthält der Moder Sauerstoff und Wasserstoff in dem Verhältniss, um Wasser zu bilden, nur ist der Kohlenstoffgehalt weit beträchtlicher. Nach Liebig ist derselbe nur bei Gegenwart von Alkalien fähig, auf den Sauerstoff der Luft zu wirken, und ein dem Humus ähnliches, lösliches Produkt zu erzeugen.

Die Reihe dieser Verbindungen ist nicht gehörig festgestellt; das erste Glied derselben ist jedenfalls die Substanz, die man mit dem Namen der schwarzen Dammerde bezeichnet hat; ich behalte diese Benennung nur deshalb bei, weil es unnöthig ist, einen neuen Namen für ein Uebergangsprodukt zu erfinden, das jeden Augenblick seine Zusammensetzung verändert. Die schwarze Dammerde entsteht durch die Einwirkung der Luft auf das Holz, ehe sich durch diese Einwirkung der Humus bildet. Bei fortgesetzter Einwirkung entsteht der Humus; daher kommt es auch, dass erschöpfte Dammerde beim Liegen an der Luft nach einer längeren Zeit von Neuem löslichen Humus giebt.

Der Humus ist, wie schon erwähnt, der in alkalischen Lösungen lösliche Theil der Dammerde. Was den Moder anbelangt, so ist dessen Existenz hypothetisch. Kein Versuch hat bis jetzt die Existenz eines Körpers in der Dammerde nachgewiesen, der kohlenstoffreicher als der Humus wäre, und die merkwürdige Eigenschaft hätte, die Reihe der Zersetzungsprodukte wieder hinaufzusteigen und unter Mitwirkung der Alkalien und der Luft einen Körper zu liefern, der weniger Kohlenstoff enthält als er selbst*).

Ich stellte meine Versuche mit einer Dammerde an, die mir von Herrn Neumann, Obergärtner des *Jardin des plantes* übergeben worden war. Dieselbe war im dritten Jahre und eine von denjenigen Sorten, die von den Gemüsegärtnern nicht gesucht sind, weil sie nicht hitzig sind, obgleich dieselben eine üppige Vegetation entwickeln.

Alkohol zog daraus nur einige unwesentliche fette oder harzähnliche Substanzen aus. Wasser färbte sich gelb und erst nach sehr langer Zeit entstand eine gefärbte Lösung. Dieselbe enthielt eine kleine Menge von salpeter- und schwefelsauren Salzen, Chlormetallen und Spuren von phosphorsauren Salzen. Diese Salze können wohl die Ursache der Auflösung der organischen Substanz sein.

*) Ich spreche hier nicht von dem Moder, der unter Wasser bei fehlendem Sauerstoffe entsteht. Ich fand denselben in einer Dammerde, die sich am Fusse eines Baumes gebildet hatte. Er findet sich ferner im Miste, wenn die Luft nicht bis in das Innere der Haufen gelangen konnte.

Verdünntes oder concentrirtes Ammoniak giebt bei Abschluss der Luft mit der Dammerde zusammengebracht, eine nur schwach gefärbte Flüssigkeit, in welcher Säuren einen geringen Niederschlag hervorbrachten. Bei Zutritt der Luft erzeugte sich aber, besonders unter Mitwirkung der Wärme eine braun gefärbte Lösung, in der Säuren einen starken Niederschlag erzeugten.

Dieser Versuch beweist, dass in der Dammerde wenig freier Humus enthalten ist. Derselbe zeigt zugleich die reichliche Bildung dieses Körpers unter dem gleichzeitigen Einflusse der Luft und der Alkalien.

Eine grössere Menge Humus findet sich in der Dammerde an Kalk gebunden. Man beweist diess, wenn man die Dammerde mit einer verdünnten Säure behandelt, auswächt und sodann mit ammoniakalischem Wasser behandelt. In diesem Falle erhält man direkt ohne Mitwirkung der Luft eine sehr dunkle Lösung, in welcher Säuren einen starken Niederschlag erzeugen. Der entscheidende Versuch war aber folgender. Ich stellte humussauren Kalk durch Fälln einer ammoniakalischen Humuslösung mit Chlorcalcium dar. Der humussaure Kalk wurde nach dem Auswaschen mit Aetzammoniak behandelt. In der Kälte sowohl als in der Wärme, nahm die Flüssigkeit kaum eine gelbliche Färbung an. Daraus folgt, dass die Färbung des Ammoniaks, die unmittelbar bei seiner Berührung mit der Dammerde eintritt, durch die Auflösung des freien Humus, nicht aber durch Entziehung des Humus aus dem humussauren Kalke entsteht.

Ersetzt man bei diesem Versuche das Ammoniak durch kohlen-saures Ammoniak, so erhält man sowohl mit reinem humussauren Kalk, als auch mit Dammerde dunkelgefärbte Flüssigkeiten. Dieser Versuch zeigt uns die Rolle des kohlen-sauren Ammoniaks im Dünger, die darin besteht, den an Kalk gebundenen Humus löslich zu machen.

Die mit Wasser, Chlorwasserstoffsäure und Ammoniak erschöpfte Dammerde erhält, wenn man sie der Luft aussetzt, die Eigenschaft, von Neuem mit Ammoniak eine gefärbte Flüssigkeit zu geben. Bei Gegenwart eines Alkalis geht die Umwandlung noch weit schneller vor sich. Als ich in einer Glocke über Quecksilber operirte, wies ich direkt die Absorption des Sauerstoffs der Luft und die Bildung von in Ammoniak löslichem Humus nach. Bei einem anderen Versuche, nahm die erschöpfte

Dammerde an der Luft unter der Einwirkung des Ammoniaks schon nach einigen Augenblicken die Eigenschaft an, Wasser braun zu färben. Durch Waschen und Wiederholen des Versuchs konnte ich dasselbe Resultat viele Male hervorbringen. Die Bildung des Humus unter dem Einflusse der Alkalien ist demnach unbestreitbar; die kohlen sauren Alkalien und besonders die ätzen den besitzen diese Eigenschaft in einem noch höheren Grade als das Ammoniak.

Es ist die Identität des vermittelst Alkalien ausgezogenen Humus mit dem in der Dammerde vorkommenden in Zweifel gezogen worden. Man hat jedoch durchaus keinen Grund, einen Unterschied zwischen diesen beiden Körpern anzunehmen, und diess zwar um so weniger als der Humus niemals direkt, sondern erst, nachdem derselbe durch die Alkalien löslich geworden ist, von der Pflanze aufgenommen wird. Der Humus, welcher als Nahrungsmittel dient, war demnach demselben Einflusse ausgesetzt, als wenn derselbe direkt aus Ammoniak und Dammerde dargestellt worden wäre.

Ehe ich weiter gehe will ich einige Worte über das sogenannte *Humusextrakt* (*extrait de terreau*) anführen. Einige verstehen unter dieser Bezeichnung denjenigen Theil des Humus, der sich beim Behandeln der Dammerde mit Wasser löst. In der That ist diess nichts als Humus, dessen Lösung durch Kalk- oder Alkalisalze begünstigt worden ist. Andere verstehen unter *Humusextrakt* den in Alkohol löslichen Theil, den man erhält, wenn man, nachdem eine alkalische Humuslösung gefällt worden ist, den Niederschlag mit Alkohol behandelt. In diesem Falle ist es nicht der Humus, der sich löst, sondern eine Verbindung von Humus mit der Säure, die zum Fällen angewendet worden ist. Ich fand, dass Humus, der vermittelst Schwefelsäure gefällt worden war, sich in Alkohol in reichlicher Menge löste. Eine Lösung von Humus in einem Alkali wird bekanntlich durch Essigsäure nicht gefällt. Ich fällte Humus vermittelst Chlorwasserstoffsäure, wusch den Niederschlag längere Zeit hindurch mit destillirtem Wasser; die ablaufende Flüssigkeit wurde kaum durch salpetersaures Silberoxyd getrübt. Zu diesem Zeitpunkte behandelte ich den Niederschlag sowohl in der Kälte als auch in der Wärme mit Alkohol. Darauf prüfte ich die alkoholische Flüssigkeit und den unlöslichen Rückstand auf Chlor. Ich verfuhr dabei auf die

Weise, dass ich die Flüssigkeit und den Rückstand trocknete und darauf mit kohlensaurem Natron glühte. Die Flüssigkeit gab einen sehr chlorhaltigen Rückstand. Der mit Alkohol erschöpfte Humus enthielt kein Chlor.

Die Zusammensetzung des Humus lässt sich nicht mit absoluter Genauigkeit bestimmen. Wenn man die ammoniakalische Lösung mittelst einer Säure fällt, so kann der niederfallende Humus mit gewissen Stoffen, die ihn schon in der Dammerde begleiten und ebenso wie der Humus die Eigenschaft haben, durch Alkalien gelöst und durch Säuren gefällt zu werden, verunreinigt sein, der Versuch kann uns aber über die Zusammensetzung des Humus aufklären. Nachdem die Dammerde mit verdünnter Chlorwasserstoffsäure und Wasser gewaschen worden war, behandelte ich dieselbe mit Ammoniak und fällte den Humus durch Chlorwasserstoffsäure. Nachdem ich denselben durch Waschen mit destillirtem Wasser gereinigt hatte, zog ich den Humus mit Alkohol und mit Aether aus.

Polydor Boullay fand in künstlichem Ulmin:

56,92 Kohlenstoff
43,08 Wasser.

Péligot nimmt an, dass das Ulmin 72,3 p. C. Kohlenstoff enthalte. Er glaubt, dass Boullay den Kohlenstoff nur unvollständig verbrannt habe; es lässt sich aber nicht annehmen, dass dieser geschickte Chemiker einen Irrthum von 15 p. G. hinsichtlich des Wassergehaltes hätte begehen können. Ich werde bald erklären, auf welche Weise beide Chemiker so verschiedene Resultate erhalten konnten.

Die Analyse des aus der Dammerde dargestellten Ulmins giebt keine constanten Zahlen. Stets findet sich darin Stickstoff, das Verhältniss der anderen Elemente ist veränderlich. Die Nichtübereinstimmung von Analysen, deren Genauigkeit nicht in Zweifel gezogen werden konnte, liess mich endlich erkennen, dass die Zusammensetzung des aus der Dammerde ausgezogenen Humus veränderlich ist und dass der Kohlenstoff darin um so mehr vorwaltet, je länger derselbe seit seiner Bildung der Luft ausgesetzt gewesen war. Ich fand 52—56 p. C. Kohlenstoff, nie mehr als 57 p. C. Es scheint als ob unter denjenigen Bedingungen der Bildung, bei welchen das Alkali verdünnt und die Temperatur eine mässige ist, der von Péligot bei dem

künstlichen Ulmin gefundene Kohlenstoffgehalt nicht erreicht werden kann.

Ich überzeugte mich, dass das Verhältniss des Kohlenstoffs in der That unter der fortgesetzten Einwirkung der Luft und eines Alkalis zunimmt. Ich löste in einer verdünnten Lösung von kohlensaurem Natron Humus auf, der 53 p. C. Kohlenstoff enthielt. Ich liess die Lösung vierzig Stunden lang sieden und fällte den Humus von Neuem; diessmal enthielt derselbe 57 p. C. Kohlenstoff. Der in Alkalien lösliche Humus zeigt also eine veränderliche Zusammensetzung. Es giebt einen Zeitpunkt, in welchem das Holz in löslichen Humus umgewandelt worden ist; von diesem Zeitpunkte an, nimmt das Verhältniss des Kohlenstoffs zu, ohne dass der entstandene Körper die Eigenschaften verliert, die ihn zur Ernährung der Pflanzen geeignet machen. Für den Humus giebt es keine genau bestimmten Verhältnisse, ebenso wenig wie für alle organischen Körper, die durch allmähliche Einwirkung entstehen, es giebt da eine Reihe von Uebergängen, zwischen denen sich keine Grenze feststellen lässt.

Ich halte es für unnöthig, die für die verschiedenen Humusvarietäten gefundenen Zahlen anzuführen. Eine derselben, mit einer schwachen Aetznatronlösung dargestellt, gab mir bis zu 56,4 p. C. Kohlenstoff. Der Stickstoff macht stets einen Bestandtheil des Humus aus; die Menge desselben variirt zwischen 2—2,5 p. C. Ich führe nun die Resultate an, die ich mit Humus, der aus altem Holze ausgezogen worden war, erhalten habe.

Man trifft bekanntlich in den Wäldern oft alte Bäume, deren Stamm sich im Innern allmählich zersetzt und sich endlich in ein mehr oder minder dunkel gefärbtes Pulver verwandelt. Bei weit vorgeschrittener Zersetzung ist ein etwas starker Stoss hinreichend, um dieses Zersetzungsprodukt in grosser Menge zu erhalten. Das zu meinen Versuchen dienende zersetzte Holz stammte von einer Eiche aus dem Walde von Fontainebleau. Es war feucht, von gelbbrauner Farbe und hatte alle Eigenschaften der reinsten Dammerde.

Die Substanz war ferner ohne Geruch und Geschmack, färbte Wasser nicht, gab aber mit Ammoniak eine sehr dunkle Lösung; darauf zuerst mit einer Säure, dann abermals mit Ammoniak behandelt, färbte sich letzteres von Neuem. Das auf

diese Weise ausgezogene Holz gab endlich unter Mitwirkung der Luft und der Alkalien von Neuem eine gefärbte Flüssigkeit. Das Pulver des alten Holzes bestand demnach aus einem Gemenge von reinem Humus, etwas humussaurem Kalk und einer noch nicht umgewandelten Substanz, die aber bei Luftzutritt unter dem Einfluss der Alkalien in Humus überzugehen fähig ist.

Ich zog den Humus aus altem Holz aus, indem ich dasselbe mit Wasser und alsdann mit Ammoniak wusch. Diese Lösung wurde mittelst Chlorwasserstoffsäure gefällt und der Humus durch Waschen mit Wasser, siedendem Alkohol und Aether gereinigt. Der so dargestellte Humus wurde analysirt. Er hinterliess 7,16 p. C. Asche. Nach der Methode von Will und Varentrapp erhielt ich 2,5 p. C. Stickstoff.

Die Verbrennung mit Kupferoxyd und chlorsaurem Kali gab, nach Abzug der Asche, folgende Resultate:

Humus	5,466	Grm.			
Kohlensäure	1,15	„	=	Kohlenstoff	313 55,3
Wasser	0,248	„	=	Wasserstoff	27 4,8
				Stickstoff	2,5
				Sauerstoff	37,4
					<hr/> 100.

Humus	1	Grm.			
Kohlensäure	2,007	Grm.	=	Kohlenstoff	55,0
Wasser	0,432	„	=	Wasserstoff	4,8
				Stickstoff	2,5
				Sauerstoff	38,7
					<hr/> 100.

Lässt man bei diesen Analysen den Stickstoff unberücksichtigt, so führen diese Zahlen zu der Formel:

Es ist besonders hervorzuheben, dass in diesem Humus, der durch jahrelange Einwirkung von Luft und von Feuchtigkeit entstanden ist, der Kohlenstoffgehalt 55 p. C. nicht überschritt. Es scheint, als ob diese Menge die äusserste Grenze sei, die durch die Zersetzung des Holzes, wenn man Hitze und concentrirte Alkalien nicht anwendet, erreicht werden kann. Diese Grenze ist wie man sieht weit von der Kohlenstoffmenge (72 p. C.) entfernt, die Péligot in dem künstlichen Ulmin gefunden hat.

Ogleich der Stickstoff stets einen Bestandtheil des Humus ausmacht, so lässt sich doch nicht angeben, welcher Theil zu den beigemengten stickstoffhaltigen Substanzen gehört. Es ist bemerkenswerth, dass in dem Pulver von altem Eichenholz der

Stickstoffgehalt grösser als in dem Eichenholz ist, aus welchem das erstere entstanden. Es ist daher wahrscheinlich, dass ein Theil des Stickstoffs der Luft während der Zersetzung fixirt worden ist; so ist wenigstens die Ansicht von Theodor von Sausure. Man könnte vielleicht annehmen, dass die Ueberreste von Insekten Ursache des höheren Stickstoffgehaltes wären; seit langer Zeit aber konnte dieses konsistenzlose Pulver den Insekten nicht mehr zum Asyl dienen, da es durch die geringste Erschütterung auseinander fiel.

Liebig nimmt an, dass bei weiter vorgeschrittener Zersetzung sich der Humus in Moder verwandelt, der sich von anderen ähnlichen Zersetzungsprodukten durch einen grösseren Kohlenstoffgehalt und ferner dadurch unterscheidet, dass die Luft nur bei Gegenwart von Alkalien auf ihn einzuwirken vermag. Es ist mir kein Versuch bekannt, der zu Annahme der Existenz dieses Körpers Veranlassung geben könnte; seine Bildung ist durch die angeführten Thatsachen sogar unwahrscheinlich geworden. Wir sehen in der That, dass reiner Humus, d. h. solcher, der durch Alkali gelöst und aus seiner Lösung durch eine Säure gefällt worden ist, auf die Luft fast ohne Einwirkung ist; nachdem derselbe sechs Monate lang unter Quecksilber aufbewahrt worden war, hatte er kaum das Volumen der Luft verändert. Auf Zusatz von Ammoniak ist die Einwirkung markirter, immer aber noch eine sehr langsame, und es müssen lange Jahre dazu nothwendig sein, ehe der Humus das Verhältniss von 72 p. Ct. Kohlenstoff erreichen kann, wobei derselbe in Ammoniak noch löslich ist. Diese Grenze ist selbst in einem Pulver von altem Holz noch nicht erreicht, das vielleicht fünfzehn bis zwanzig Jahre lang der oxydirenden Luft ausgesetzt gewesen war.

Die Einwirkung des Humus auf die Vegetation.

Die Landwirthe glauben, dass der Humus den Pflanzen direkt zur Nahrung dient. Nach Liebig besteht sein Nutzen darin, dass derselbe, als in einer fortwährenden Zersetzung begriffen Kohlensäure bildet, die beständig von den Wurzeln absorbiert wird. Mir scheint es, als ob Liebig die Dienste des Humus als Nahrungsmittel der Pflanzen zu gering angeschlagen hätte. Die Idee bekämpfend, dass die Dammerde in Gestalt von

humussaurem Kalk von den Pflanzen absorbiert werden könne, sucht Liebig nach der Quantität der in der Asche der Pflanzen gefundenen Basen und nach der Zusammensetzung der humussauren Salze festzustellen, dass die Kohlenstoffmenge, die auf diese Weise in die Pflanzen übergehe, nur ein sehr geringer Theil von der Totalmenge des Kohlenstoffs in den Pflanzen sei. Die geringe Löslichkeit des humussauren Kalkes liefert ihm ein neues Argument für seine Behauptung. Beide Ansichten verlieren aber ihre Bedeutung, weil ich gezeigt habe, dass der Humus in Form von humussaurem Ammoniak von der Pflanze aufgenommen wird. Das bei der Fäulniss des Düngers entstehende kohlen saure Ammoniak löst den gebildeten Humus auf, und befördert dessen Bildung unter Mitwirkung der atmosphärischen Luft; dieses Ammoniak macht ferner den in Form von humussaurem Kalk in dem Boden enthaltenen Humus löslich. Die Menge des von der Pflanze absorbierten Humus kann demnach weder durch die Löslichkeit des humussauren Kalkes im Wasser, noch durch die Aschenmenge der Pflanze bestimmt werden. Das Ammoniak, welches als Auflösungsmittel gedient hat, wird in dem Pflanzengewebe umgewandelt und trägt direkt zur Bildung der stickstoffhaltigen Substanzen bei.

Liebig hebt ferner hervor, dass die Wälder und die Wiesen die Qualität des Bodens verbessern, ohne dass derselbe gedüngt wird, obgleich man jedes Jahr Holz schlägt und Heu erntet. Die Pflanzen geben demnach dem Boden mehr als sie von demselben aufnehmen, und der bei der Ernte entzogene Kohlenstoff rührt allein aus der Atmosphäre her. Es ist diess kaum ein Beweis gegen den Nutzen des Humus, denn wenn der absorbierte Humus die Wirkung hat, den Pflanzen Nahrung zuzuführen, welche die Lebenskraft der Pflanze erhöht und die Anzahl und das Volumen der Absorptionsorgane vermehrt, so muss die Pflanze desto reichlichere Nahrung aus der Atmosphäre aufnehmen. Der Humus ist demnach, ohne selbst Kohlenstoff abgegeben zu haben, das *primum movens* der reichlichen Produktion von Holz und andern Pflanzenkörpern. Es ist ausserdem bekannt, dass in einem Boden, in welchem der Humus fehlt, die Vegetation stets spärlich und wenig ergiebig ist.

Nach den Ansichten von Liebig, nach welchen die Rolle der Dammerde sich darauf beschränkt, den Wurzeln die bei

ihrer Zersetzung gebildete Kohlensäure zu liefern, hört der Humus auf, die Ursache dieser Kohlensäurebildung zu sein. Nicht der Humus zersetzt sich, sondern die Holzfaser, die schwarze Damm-erde. Sind beide Körper einmal in Humus verwandelt, so hören dieselben auf, eine Wirkung auszuüben, da der Humus zwar in Alkalien löslich ist, sich aber mit grosser Hartnäckigkeit bei Zutritt der Luft und bei Feuchtigkeit unverändert erhält. Durch Alkalien wird die Zersetzung kaum beschleunigt. Zu welchem Zwecke erzeugt die Natur einen unthätigen Körper? Keineswegs lässt sich annehmen, dass dieser durch Alkalien und besonders durch kohlensaures Ammoniak löslich gemachte Körper, nicht von den Wurzeln absorbiert werde und zur Nahrung der Pflanze diene. Der Humus wird aber absorbiert, wie aus folgenden Versuchen hervorgehen wird.

Ich nahm vorsichtig aus der Erde einen ziemlich starken Stock von *Lapsana communis*, wusch die Wurzeln mit Wasser und tauchte dieselben in eine sehr verdünnte Lösung von humussaurem Ammoniak, das durch langes Aussetzen an die atmosphärische Luft von allem überschüssigen Alkali befreit war. Die Flüssigkeit und die Wurzeln waren vor dem Zutritt des Lichtes geschützt. Während der acht Tage, während welcher Zeit ich den Versuch fortsetzte, vegetirte die Pflanze üppig fort. Jeden Tag brachte ich die Wurzeln in eine neue Lösung, jeden Tag gab ich der Flüssigkeit, die Tags zuvor angewendet worden war, mittelst destillirten Wassers ihr ursprüngliches Volumen. Die schwächere Nüance der Flüssigkeit zeigte deutlich, dass ein Theil humussaures Ammoniak absorbiert worden war.

Im Jahre 1844 säete ich in eine Erde, die durch Glühen von allen organischen Substanzen befreit worden war, zu welcher ich aber etwas Knochenerde und schwefelsaures Kali gesetzt hatte, Hafer und Bohnen. Als die Pflanzen aufgegangen waren, benetzte ich sie jeden Tag mit einer schwachen Lösung von vollkommen neutralem humussaurem Ammonik. Die Vegetation ging normal vor sich und ich erhielt Blüten und Früchte. Es lässt sich durchaus nicht annehmen, dass bei diesen Versuchen das humussaure Ammoniak in Kohlensäure verwandelt worden wäre; die in der Lösung enthaltene Substanz ging vielmehr direkt in die Pflanze über, und gab den Stoff zur Nahrung derselben her. Das kräftige Gedeihen des Stockes der *Lapsana*, das Aufschos-

sen des Hafers und der Bohnen, die bei beiden erhaltenen Blüthen und Früchte, sprechen deutlich für die günstigen Bedingungen, unter welchen sie sich entwickelten.

Es bleibt nur noch zu ergründen übrig, was aus dem Humus entsteht, sobald er von den Wurzelfasern aufgenommen worden ist, ob er darin sogleich eine Umwandlung erleidet oder ob derselbe weiter in den Saftgefässen fortgeführt wird. Die Beantwortung dieser Frage, über welche ich heute nichts anzuführen weiss, behalte ich mir für die Zukunft vor.

Die Rolle des Humus beschränkt sich nicht darauf, ein Nahrungsmittel für die Pflanzen abzugeben. Diese Substanz wirkt auch hygroscopisch, absorbirt die Feuchtigkeit der Atmosphäre und erhält dadurch die Erde frisch und feucht. Sie condensirt ferner das Ammoniak der Luft und wirkt in so fern fäulnisswidrig, als sie die Zersetzung der stickstoffhaltigen Substanzen mässigt, so dass die Pflanze ein allerdings nicht reichliches aber stets erneuertes Nahrungsmittel erhält. Hätte auch der Humus selbst keine direkt nährende Kraft, so sichern doch die angeführten schätzbaren Eigenschaften derjenigen Düngerarten, welche Humus mit andern nährenden Bestandtheilen enthalten, ihnen eine unbestreitbare Superiorität zu. Zu bewundern ist das Walten der Natur, die durch den geheimnissvollen Prozess der Fäulniss, welche die Ueberreste todter Pflanzen vernichtet, Elemente zu einer reichlichen und nothwendigen Nahrung nachkommender Generationen schafft.

Aus den in vorstehender Abhandlung niedergelegten That-sachen ziehe ich folgende Schlüsse: Bei der Bildung der Dammerde ist die schwarze Dammerde (*le terrau charbonneux*) das erste Produkt; dasselbe unterscheidet sich von dem Holze durch einen grössern Kohlenstoffgehalt und von dem Humus durch einen geringern Gehalt desselben Elementes.

Das zweite Produkt dieser Zersetzung ist der Humus, der durch seine Löslichkeit in Ammonik charakterisirt ist.

In der gewöhnlichen Dammerde ist ein Theil des Humus frei, ein bei weitem grösserer aber an Kalk gebunden, vorhanden. Bei altem vermoderten Eichenholz findet das Umgekehrte statt. Der Humus ist stets stickstoffhaltig. Das Verhältniss des Kohlenstoffs schwankt zwischen 53—56 p. Ct. überschreitet aber niemals 57 p. Ct.

Der Humus dient als direktes Nahrungsmittel für die Pflanze. Seine Absorption findet hauptsächlich in der Form von humussaurem Ammoniak statt.

In den gewöhnlichen Erdarten entsteht das humussaure Ammoniak hauptsächlich durch die Einwirkung des kohlensauren Ammoniake auf den humussauren Kalk.

(Fortsetzung folgt.)

LXIV.

Ueber die Einwirkung des Chlors auf die Chlorverbindungen der Metalle bei Gegenwart von Chlormetallen der Alkalien.

Von

Sobrero und Selmi.

(*Ann. de Chim. et de Phys.* XXIX. 161.)

Die Chlorverbindungen der Metalle, welche wir vorzugsweise zum Gegenstande unserer Untersuchung wählten, waren das Manganchlorür $MnCl$ und das Bleichlorid $PbCl$. Es wurden zwar noch einige Chlormetalle untersucht, die erhaltenen Resultate sind aber keineswegs vollkommen deutlich, so dass wir eine ausführliche Untersuchung derselben für spätere Zeit aufbewahren.

Chlor und Manganchlorür mit Chlormetallen der Alkalien.

Es ist bekannt, dass eine wässrige Lösung von Manganchlorür durch die Einwirkung von Chlorgas nicht verändert wird. Anders verhält es sich, wenn die Lösung des Manganchlorür ein Chlormetall der Alkalien oder alkalischen Erden (Chlorkalium, Chornatrium, Chlorcalcium u. s. w.) enthält. Das Chlor wirkt unter allen diesen Umständen sehr schnell ein, denn kaum ist es in die Lösung gebracht worden, so zersetzt es das Manganoxydulsalz und erzeugt einen Niederschlag von Mangansuperoxyd. Der Versuch lässt sich leicht auf die Weise anstellen, dass man einen Strom Chlorgas in eine Lösung von vollkommen reinem Chlornatrium leitet, zu welcher man einige Tropfen reine Mangan-