



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Bodenkunde auf chemisch-physikalischer Grundlage

Fleischer, Moritz

Berlin, 1922

§ 58. Humus

[urn:nbn:de:hbz:466:1-78696](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-78696)

Calciumkarbonat absondern. Weiteres über die Tätigkeit der Regenwürmer s. u. unter Bodengare. Auch die Tätigkeit anderer im Boden hausender Würmer, ferner von Insekten (Engerlingen, Ameisen) und auch von höheren Tieren (namentlich von Maulwürfen) wirkt nach beiden Richtungen fördernd auf die Verwesung ein. Das Vorhandensein *freier Säuren* im Boden verschlechtert die Lebensbedingungen aller dieser Tiere.

§ 58.

Humus. Bisher war nur die Rede von den Endprodukten der Verwesung. Zwischen ihnen und den organisierten Pflanzegebilden, aus denen sie hervorgehen, liegt aber eine große Anzahl von *Mittelgliedern*, von dunkel gefärbten, in den verschiedensten Zersetzungsstadien befindlichen und fortwährend sich verändernden Substanzen, Erzeugnissen einer noch unvollständigen Verwesung. Diese Stoffe, die, solange sie nicht infolge weiterer Aufnahme von Sauerstoff in die letzten, zum Teil luftförmigen Produkte des Verwesungsprozesses sich umgewandelt haben, einen wichtigen Teil des Kulturbodens bilden, bezeichnet man als *Humus* oder als „Humusstoffe“, „Humussubstanzen“.

Obwohl die chemische Forschung mit der Untersuchung der *Humusstoffe* sich vielfach beschäftigt hat, ist es bisher nicht gelungen, deren chemische Natur befriedigend aufzuklären. Durch Einwirkung gewisser Reagenzien lassen sich zwar aus dem Humus verschiedene Körper absondern, die aber bei verschiedener Darstellungsweise verschiedene Zusammensetzung und verschiedene Eigenschaften aufweisen und daher nicht als reine chemische Verbindungen, sondern wahrscheinlich als ein Gemenge von verschiedenen Körpern angesehen werden müssen. Nichtsdestoweniger hat man diesen Stoffen Namen beigelegt, wie „Humin“, „Ulmin“, „Huminsäure“, „Ulminsäure“, „Quell-“ oder „Krensäure“, „Quellsatz-“ oder „Apokrensäure“, „Geinsäure“ u. a. m., ohne aber Gewißheit darüber schaffen zu können, ob sie vorgebildete Bestandteile des Humus oder erst bei seiner chemischen Verarbeitung entstanden sind. Durch Behandlung des natürlich vorkommenden Humus mit kalten alkalischen Flüssigkeiten (Kalklauge, Natronlauge, Ammoniak) lassen sich daraus Stoffe abtrennen, die in den angewandten Reagenzien löslich sind, aus ihrer Lösung durch Zusatz von Säuren abgeschieden werden, also den Charakter von in Wasser schwer löslichen Säuren tragen. Ein anderer Teil des Humus wird von alkalischen Flüssigkeiten nicht in Lösung übergeführt. Die gelösten Stoffe bezeichnet man gewöhnlich als *Humussäure*, die nicht löslichen als *Humin*. Beide Stoffe oder Stoffgruppen enthalten neben Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff noch Stickstoff und mineralische Stoffe, deren Abtrennung so schwer gelingt, daß es unklar bleibt, ob sie einen zugehörigen Teil oder nur eine Verunreinigung der erst-

genannten bilden. Zwar ist es gelungen, aus den in Alkalien löslichen Bestandteilen des Humus eine von Mineralstoffen und von Stickstoff fast freie Säure zu gewinnen (Detmers Huminsäure), aber es ist unentschieden, ob sie im natürlichen Humus vorhanden oder ein durch jene Einwirkungen umgestaltetes Erzeugnis ist.

Die durch Alkalien in Lösung gebrachten Stoffe, die wir schlechtweg als „Humussäure“ bezeichnen wollen, sind in reinem Wasser schwer löslich. Ein Gehalt des Wassers an freien Säuren und an gewissen Salzen: Chloriden, Nitraten, Sulfaten der Alkali- und Erdmetalle, erhöht die Schwerlöslichkeit, die Anwesenheit von löslichen Phosphaten vermindert sie. Aus einer wässrigen Lösung werden die Humussäuren bei sehr niedriger Temperatur abgeschieden. So wenig die chemische Natur der natürlichen Humusstoffe erkannt ist, so läßt sich doch von allen sagen, daß sie aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff und den Mineralstoffen bestehen, die den humusliefernden Pflanzen eigen waren. An Kohlenstoff sind sie prozentisch reicher, an Wasserstoff und Sauerstoff prozentisch ärmer als der Pflanzenbestandteil, aus dem sie der Hauptmasse nach entstanden sind: die Pflanzenfaser oder *Cellulose*. Der letzteren kommt die chemische Formel: $C_6H_{10}O_5$ zu, und sie enthält demnach 44,4 % Kohlenstoff, 6,2 % Wasserstoff, 49,4 % Sauerstoff. Dagegen enthalten die von Mineralstoffen, Stickstoff und Wasser ganz frei gedachten Humusstoffe etwa 59–64 % Kohlenstoff, 4,4–4,6 % Wasserstoff und 35–36 % Sauerstoff. Bei der langsamen Oxydation der Pflanzenstoffe, die man als Verwesung bezeichnet, treten also von dem ursprünglich vorhandenen Wasserstoff und Sauerstoff größere Mengen in Form von Wasser aus, als von dem Kohlenstoff in Form von Kohlendioxyd. Man kann sich den Vorgang etwa in folgender Weise vorstellen. Nach der Formel der Cellulose (s. o.) kommen darin auf

72 G.-T. Kohlenst., 10 G.-T. Wasserst., 80 G.-T. Sauerst.

Infolge der Verwesung an Luft-sauerstoff aufgenommen:

— „ „ — „ „ 32,6 „ „

Summa: 72 G.-T. Kohlenst., 10 G.-T. Wasserst., 112,6 G.-T. Sauerst.

Zur Bildung von 45,1 Kohlendioxyd und von 49,5 Wasser verwendet:

12,3 „ „ 5,5 „ „ 76,8 „ „

Bleibt: 59,7 G.-T. Kohlenst., 4,5 G.-T. Wasserst., 35,8 G.-T. Sauerst.

d. i. die prozentische Zusammensetzung von Detmers „Huminsäure“ (s. o.).

Der Stickstoffgehalt der natürlichen Humusstoffe hängt zunächst ab von dem größeren oder geringeren Stickstoffreichtum der humusbildenden

Pflanzen. Es ist anzunehmen, daß in den ersten Stadien der Verwesung nur sehr wenig Stickstoff austritt. Infolge der Oxydation des Kohlenstoffs und des Wasserstoffs zu Kohlendioxyd und Wasser, die zum Teil auf Kosten des Luftsauerstoffs, zum Teil auf Kosten des in der Masse selbst enthaltenen Sauerstoffs (s. o.) vor sich geht, muß sich der zurückbleibende Rest also prozentisch immer mehr mit Stickstoff anreichern. Er ist zum weitaus überwiegenden Teil fest an Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff gebunden und setzt sich erst bei weiterem Fortschreiten des Verwesungsvorganges und dem damit verbundenen völligen Zerfall der Pflanzenreste in Verbindungen um, die für die Kulturpflanzen aufnehmbar sind (Ammoniak, Salpetersäure). Weiteres darüber werden die Erörterungen über die Eigenschaften der verschiedenen Böden bringen. Der Stickstoffgehalt des von Wasser und Mineralstoffen frei gedachten Humus kann 1—6 % betragen.

Die natürlichen Humusstoffe besitzen in der Regel eine schwächer oder stärker saure Reaktion, d. h. sie röten in feuchtem Zustand blauen Lackmusfarbstoff. Sehr häufig beruht diese nur auf einem Gehalt an Kohlensäure, die sich bei der stetig fortschreitenden Verwesung der Humusstoffe bildet. In diesem Fall verschwindet beim Austrocknen der Masse mit der Verflüchtigung des Kohlendioxyds auch die saure Reaktion. Nicht selten bleiben aber auch die Humussubstanzen nach dem Austreiben der anhaftenden Kohlensäure sauer, sie enthalten dann *freie Humussäuren*, und man kann in diesem Fall von „saurem Humus“ sprechen. Im anderen Fall darf man annehmen, daß die im Humus enthaltenen Humussäuren an Metalle (namentlich an Calcium) gebunden, also in Form von Salzen vorhanden sind, und man nennt derartigen Humus wohl „milden“ Humus. Der letztere wird sich also namentlich aus Pflanzen und in Bodenarten bilden, die an basischen Stoffen und besonders an Kalk reich sind, während die Entstehung des sauren Humus an kalkarme Pflanzen und Böden gebunden ist. Eigentümlich und noch nicht genügend aufgeklärt ist es, daß die humussauren Salze weit leichter der *Verwesung* unterliegen als die freien Humussäuren¹⁾, und hierauf dürfte zum Teil die zersetzende Wirkung zurückzuführen sein, die die Zufuhr von Kalk und von kohlen-sauren Salzen auf die sauren Humusstoffe ausübt. Die Humussäuren werden dadurch in humussaure Salze („Humate“) umgewandelt, diese gehen durch langsame Oxydation in kohlen-saure Salze über, die dann wieder fähig sind, mit Humussäuren Humate zu bilden.

Die freien Humussäuren haben nicht nur die Fähigkeit, kohlen-saure Salze unter Austreibung von Kohlendioxyd zu zersetzen, sie wirken, wo

¹⁾ Zu einem Teil hängt diese Tatsache allerdings damit zusammen, daß die die Verwesung fördernden Organismen in sauren Stoffen ungünstigere Lebensbedingungen vorfinden (s. o.).

sie in großen Massen vorhanden, auch zerlegend auf beständigere Verbindungen ein („Massenwirkung“, s. o.). Chloride, Sulfate, Phosphate, ja die schwer zersetzlichen Silikate werden durch sie unter Bildung von humussauren Salzen und unter Abscheidung von freier Chlorwasserstoffsäure, Schwefelsäure, Kieselsäure, Phosphorsäure oder saurer phosphorsaurer Salze (S. 47), also von Stoffen zerlegt, die zum Teil die Zersetzung der vorhandenen Gesteine auf das lebhafteste befördern¹⁾. An der letzteren beteiligt sich übrigens auch, wenn auch weniger energisch, der milde, freie Humussäuren nicht enthaltende Humus insofern, als er eine stetig fließende Quelle von Kohlensäure darstellt.

Abgesehen von den chemischen Wirkungen, die die Humusstoffe auf die mineralischen Bestandteile des Bodens ausüben, teilen sie diesem wichtige Eigenschaften mit, von denen später ausführlich die Rede sein wird.

§ 59.

Die Vermoderung und Verkohlung. Sind die Bedingungen, z. B. die *Temperaturverhältnisse*, für eine schnelle Verwesung der abgestorbenen Pflanzenreste nicht günstig, wird namentlich durch irgendeinen Umstand der Zutritt des *Luftsauerstoffs* erheblich gehemmt, so findet zwar auch eine Zersetzung der ersteren statt, aber sie verläuft dann weit langsamer, und die Zwischen- und Endprodukte sind von den bei reichlichem Luftzutritt entstehenden verschieden. Eine mangels ausreichenden Luftzutrittes verzögerte und in ihren Erzeugnissen abgeänderte Verwesung pflegt man als „Vermoderung“ zu bezeichnen. Auch bei der Vermoderung verlieren die Pflanzenteile allmählich ihre Struktur, sie werden „desorganisiert“, sie setzen sich in „Möder“ um. Die aus der Vermoderung der organischen Stoffe hervorgehenden festen Körper zeichnen sich vor den Verwesungsprodukten namentlich durch einen geringeren Sauerstoffgehalt aus. Bei mangelndem Luftzutritt oxydieren sich Kohlenstoff und Wasserstoff der organischen Pflanzenteile hauptsächlich auf Kosten des nur in beschränktem Maß vorhandenen Sauerstoffs der letzteren, es werden also auch nur beschränkte Mengen von Kohlendioxyd und Wasser

¹⁾ Daß Humussäuren selbst aus den schwerzersetzlichen Sulfaten und Chloriden der Alkalien die Säuren abscheiden können, ist durch zahlreiche Beobachtungen festgestellt. So zeigten Untersuchungen der *Moor-Versuchsstation* ausgeführt von Dr. R. Kießling (Landwirtsch. Jahrb. 1883, S. 193), übereinstimmend mit den Arbeiten von Professor H. Eichhorn-Berlin, daß das Aufschließungsvermögen der an freien Humussäuren reichen Hochmoore für schwerlösliche Phosphate (s. S. 47) durch Anwesenheit von Kaliumsulfat und von Kaliumchlorid erheblich verstärkt werde. Die Tatsache ist nur so zu erklären, daß die durch die Humussäuren freigemachte Schwefelsäure und Chlorwasserstoffsäure die Überführung des Tricalciumphosphates in Monocalciumphosphat oder freie Phosphorsäure begünstigt haben.