



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Bodenkunde auf chemisch-physikalischer Grundlage

Fleischer, Moritz

Berlin, 1922

§§ 56 und 57. Verwesung, Verlauf des Verwesungsprozesses

[urn:nbn:de:hbz:466:1-78696](#)

die sie erheblich beeinträchtigen. Sie scheinen vornehmlich den anaeroben Arten anzugehören, da ihre Wirkungen besonders stark in schlecht entwässerten, ungenügend durchlüfteten Böden hervortreten. Diese bestehen darin, daß sie entweder die salpetersauren Salze unter Abspaltung freien Stickstoffs zerlegen oder die Salpetersäure zu salpetriger Säure reduzieren („Denitrifikation“) oder sie in eiweißartige, für die Kulturpflanzen nicht aufnehmbaren Stoffe umwandeln. Auch die Entwicklung dieser Unholde wird durch die Anwesenheit reichlicher Kalkmengen im Boden sehr gefördert.

Schließlich mag noch bemerkt werden, daß nicht nur Bakterien, sondern auch zahlreiche andere kleine Lebewesen, wie Algen, Fadenpilze, Protozoen, Rotatorien u. a., an den besprochenen Bodenvorgängen sowie auch an der später zu erörternden Erscheinung der „Bodengare“ beteiligt sind¹⁾.

Einfluß abgestorbener Pflanzen auf die Bodenbildung. Von größter Bedeutung für die Entstehung des Bodens sind ferner die Veränderungen, welche die Pflanzen nach ihrem Tode erleiden, und die Wirkung, die sie auf das umgebende Gestein ausüben.

§ 56.

Verwesung. Unter natürlichen Verhältnissen unterliegen die Bestandteile abgestorbener Pflanzen einer fort dauernden Umwandlung. Äußerlich spricht sie sich in der Zerstörung der Pflanzenfarben und der pflanzlichen Formen aus. Eingeleitet wird sie wahrscheinlich stets durch die Lebens tätigkeit von niederen Lebewesen, darunter besonders von Bakterien (s. o.), deren Art auch auf den Verlauf und die Endprodukte des Zersetzungsvorganges von Einfluß ist. Beteiligt sich der *Sauerstoff* der Luft in hervorragendem Grade an dem Zersetzungsvorgange, so bezeichnet man diesen als *Verwesung*. Vom chemischen Standpunkt ist die Verwesung als ein Oxydationsprozeß, eine langsame Verbrennung anzusehen, wobei, unter Aufnahme von Sauerstoff, schließlich aller Kohlenstoff der organischen Pflanzenbestandteile in Kohlendioxyd und aller Wasserstoff in Wasser sich umsetzt, also die einfachen Verbindungen zurückgebildet werden, aus denen die lebende Pflanze die verwickelt zusammengesetzten Bestandteile ihres Körpers formte. Der von den Pflanzen in organischen Verbindungen, namentlich als Eiweiß aufgespeicherte Stickstoff wird bei der Verwesung entweder als freies Gas ausgeschieden oder in Ammoniak oder in Salpetersäure (§ 29) umgewandelt, während die

¹⁾ Sie werden neuerdings von R. H. Franché (München 1913) unter dem Namen „Edaphon“ (nach dem griechischen Wort τὸ ἡδάφος, der Boden) zusammengefaßt.

durch die Wurzeln aufgenommenen Mineralstoffe als Karbonate, Nitrate, Sulfate, Phosphate, Silikate und Chloride zurückbleiben. Wie diese Mineralsalze die komplizierte Verwitterung (S. 87), so befördert das beim Verwesungsprozeß auftretende Kohlendioxyd in Verbindung mit Wasser die einfache Verwitterung (S. 83) der noch nicht völlig zersetzen Gesteinstrümmer. Anderseits tragen die von den verwesenden Pflanzen hinterlassenen Stickstoffverbindungen sowie die Pflanzennährstoffe Kalk, Kali, Phosphorsäure u. a., die von den Pflanzenwurzeln beim Eindringen in die tieferen Bodenschichten gesammelt und beim Verwesen der Pflanzen in den oberen Bodenschichten angehäuft zurückgelassen werden, erheblich dazu bei, die Bedingungen für das Wachstum anspruchsvollerer Gewächse günstiger zu gestalten, und zwar um so mehr, je vollständiger deren Überführung in Salpetersäure oder vielmehr in salpetersaure Salze erfolgt. Die Umstände, die hierfür besonders maßgebend sind, werden später noch näher erörtert werden.

§ 57.

Der Verlauf des Verwesungsprozesses hängt im wesentlichen ab von den zur Verfügung stehenden *Sauerstoff- und Wassermengen*, von der *Temperatur*, der größeren oder geringeren *Widerstandsfähigkeit* der der Zersetzung unterliegenden Pflanzenbestandteile und von der Anwesenheit oder Abwesenheit gewisser mineralischer Stoffe, die die Lebenstätigkeit der Verwesungsbakterien beeinflussen oder auf die pflanzlichen Stoffe eine chemische Wirkung ausüben.

Je leichteren Zutritt der *Luftsauerstoff* zu den abgestorbenen Pflanzenresten hat, um so energischer wird im allgemeinen die Oxydation von Kohlenstoff und Wasserstoff verlaufen. Die Anwesenheit von *Wasser* ist ferner eine durchaus nötige Vorbedingung für den Eintritt der Verwesung. Diese findet nicht statt bei völlig ausgetrockneten Stoffen, sie wird durch zunehmenden Wassergehalt der verwesenden Substanz so lange gesteigert, als dieser keinen hemmenden Einfluß auf den Zutritt des Luftsauerstoffs ausübt. Nach Untersuchungen von E. Wollny¹⁾ enthielt die Luft in einer Anhäufung verwesender Pflanzenstoffe bei einer Temperatur von 20° und einem

Wassergehalt von . . .	6,8 %	26,8 %	46,8 %
in 1000 Raumt. . .	3,2	54,2	61,5 Raumt. Kohlendioxyd.

Die Intensität der Verwesung ist ferner in hohem Grade abhängig von der Höhe der *Temperatur*. Sie wird verlangsamt oder gehemmt, sobald die Temperatur unter eine gewisse Grenze sinkt oder gewisse Grade übersteigt. Wie groß deren Einfluß innerhalb der Grenzen, zwischen denen

¹⁾ Journ. f. Landw., Jahrg. 1886, Bd. 34, S. 245.

noch eine Verwesung erfolgt, auf die Energie der Oxydation ist, geht aus folgenden Zahlen hervor: Versuche der Moor-Versuchsstation¹⁾ ergaben für 1000 l Bodenluft bei 30 cm Tiefe in einem gut entwässerten und aus leicht zersetzbaren Pflanzenresten bestehenden Niederungsmaor einen Gehalt an

Kohlendioxyd von	17,3 g	33,9 g	56,7 g.
Bei einer Bodentemperatur von	5,4°	10,9°	17,2°.

Daß die *besonders festen und dichten* Pflanzenteile, z. B. die verholzten Stengel länger der Verwesung widerstehen als die weichen und porösen, die dem Eindringen der Zersetzungsgenossen kein Hindernis bieten, liegt auf der Hand. Auch die *chemische Beschaffenheit* gewisser Pflanzenbestandteile spielt dabei eine Rolle. Sehr widerstandsfähig sind z. B. die mit Kieselerde imprägnierte Oberhaut vieler Gewächse sowie die Wachs- und Harzstoffe der Pflanzen. Das aus eigentümlichen Umwandlungen von abgestorbenen Pflanzen (vielleicht auch von tierischen Körpern) hervorgegangene *Erdharz* („Erdwachs“, „Bitumen“) widersteht gleichfalls lange weiterem Zerfall und kann auch, indem es Gesteine durchdringt, diese auffällig lange vor der Verwitterung schützen. Befördert wird die Verwesung sehr erheblich durch die Anwesenheit *alkalisch reagierender* Stoffe, z. B. von Kalium- und Natriumkarbonat, von Calciumhydroxyd und auch von Calciumkarbonat, also von Stoffen, die auf die pflanzlichen Substanzen lösend einwirken und wahrscheinlich der Entwicklung und der Lebenstätigkeit der Verwesungsorganismen förderlich sind. *Verlangsamt* oder vollständig gehemmt wird sie dagegen durch andere Stoffe, welche die Entwicklung der Bakterien ungünstig beeinflussen, so durch größere Mengen von Chloriden der Alkali- und Erdmetalle, z. B. von Kochsalz, Kaliumchlorid u. a., ferner durch lösliche Salze der schweren Metalle, z. B. Eisensulfat, Quecksilberchlorid, Kupfersulfat u. a. Auch das Vorhandensein freier Säuren wirkt nachteilig auf die Verwesungsvorgänge ein.

Endlich beteiligen sich an der Zersetzung der Pflanzenreste im Boden noch die in dem letzteren lebenden *Tiere*, und unter diesen in hervorragendem Grade die Regenwürmer, mittelbar, indem sie durch ihre wühlenden und grabenden Bewegungen den Boden lockern und dadurch dem Luftsauerstoff Eingang verschaffen, unmittelbar dadurch, daß sie die als Nährmittel aufgenommenen Pflanzenstoffe in ihren Verdauungsorganen zu einer der Verwesung leicht unterliegenden Masse verarbeiten. Behilflich sind ihnen dabei gewisse, ihrem Darmkanal eigene Drüsen, die

¹⁾ Dritter Bericht über die Arbeiten der Moor-Versuchsstation (Die Bodenluft in besandetem und nicht besandetem Hochmoor- und Niederungsmaor-boden), s. Literaturverzeichnis.

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 Pflanzengebilden, 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. Nichtdestoweniger hat man diesen Stoffen Namen beigelegt, wie „*Humin*“, „*Ulmin*“, „*Huminsäure*“, „*Ulmimsäure*“, „*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 (Kaliilage, Natronlauge, Ammoniak) lassen sich daraus Stoffe abtrennen, die in den angewandten Reagenzien löslich sind, aus ihrer Lösung durch Znsatz 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-