

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 97 (1946)

Heft: 10

Artikel: Eine Klassifikation von Wald- und Freilandhumus auf morphologischer und chemischer Grundlage

Autor: Frei, E.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-765404>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 05.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Journal forestier suisse
Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen

97. Jahrgang

Oktober 1946

Nummer 10

**Eine Klassifikation von Wald- und Freilandhumus auf
morphologischer und chemischer Grundlage***

Von Dr. E. Frei, Zürich

A. Allgemeines

Der Gesamthumus umfaßt alle morphologischen und chemischen Umwandlungsstufen der in und auf der mineralischen Verwitterungsschicht vorhandenen organischen Substanzen pflanzlicher und tierischer Herkunft. Der Ausdruck Gesamthumus bezeichnet also ein chemisch und physikalisch uneinheitliches Gemenge. In ihm können alle Umwandlungsstufen, von relativ frischem, zellulosehaltigem Pflanzenabfall bis zu den dunklen, kolloiden¹ Humusstoffen² nebeneinander vorhanden sein. In den meisten Fällen wiegt aber eine der Umwandlungsstufen stark vor, während die übrigen quantitativ zurücktreten.

Die in Feld und Wald vorkommenden Humusbildungen zeigen so starke morphologische Verschiedenheiten, daß eine Klassifikation auf Grund ihrer *Gestaltungsunterschiede* aussichtsreich erscheint. Seggenrohhumus ist oft grobfaserig, Moosrohhumus bildet meist einen feinfaserigen, weichen Filz; im Buchenwald treffen wir häufig dicke Lagen blättrigen Rohhumus an. Es kommen Humusformen vor, die körnig durch die Hand rieseln, andere bilden gallertige oder gelartige Klumpen. Der Humus vieler Böden ist in der Mineralerde, die den Großteil der Bodensubstanz ausmacht, feinst verteilt und färbt die Mineralerde dunkel.

Aber auch wichtige chemische und kolloidchemische Humuseigenschaften dürfen bei einer Klassifikation nicht unberücksichtigt bleiben. Die *Ionenbelegung*³ der negativen Humusoberflächen ist für die che-

* Die Arbeit ist an der Eidg. landw. Versuchsanstalt Zürich und am Agrikulturchem. Institut der ETH, Vorstand Prof. Dr. H. Pallmann, ausgeführt worden.

¹ *Kolloid*: Bodenkolloide haben Durchmesser zwischen 0,002 mm und 0,000001 mm (10^{-7}) cm.

² *Humusstoffe*: Dunkler, abbauresistenter, kolloider Humus; chemogene Humusneubildungen.

³ *Ionenbelegung*: Z. B. 100 g saurer Humus, der in natürlicher Lagerung 1 dm³ Volumen einnimmt, hat eine Gesamtoberfläche von etwa 3000 m²; auf dieser großen Fläche sitzen die leicht ablösbaren (austauschbaren) Ionen (= elektrisch geladene Atome); in unserem Beispiel sind es etwa $1,5 \cdot 10^{23}$ Ionen pro 100 g Humus, von denen 97 % Wasserstoffionen sind.

mische und biologische Umwandlung der betreffenden Humussubstanzen richtunggebend. Im Sauer-Humus oder *Morhumus*⁴ haben die Wasserstoff-Ionen eindeutig die Vorherrschaft. Damit verbunden ist geringe biologische Bodenaktivität und gehemmter Abbau der Pflanzenreste. Im milden Humus oder *Mullhumus* haben die basischen Kationen, also z. B. Kalzium-, Magnesium-, Kalium-, Natrium-Ionen, die Vorherrschaft über die Wasserstoff-Ionen. Frisch abgefallenes Pflanzenmaterial wird in dieser Humusgruppe bei genügendem Luftzutritt relativ rasch abgebaut und zum größten Teil mineralisiert. Daneben geht ein Aufbau von gesättigten, abbauresistenten Humusstoffen.

Bei der *Humusentstehung* sind drei Wege auseinander zu halten, die zu verschiedenen Produkten führen. Durch Luftabschluß unter Wasser, saure Reaktion, extreme Humidität des Standortes usw. werden die anfallenden Pflanzenreste konserviert, und es entsteht *Rohhumus*. Rohhumus ist eine Anhäufung von Humusbildnern⁵ und Humoiden⁶ mit erhaltenem Zellverband (siehe Abbildung 1) und gehemmter biologischer Abbauintensität. — Da, wo sich in den Humusanhäufungen intensive zoogene Tätigkeit entwickelt, werden die Pflanzenreste zerkleinert und zerhackt. Sie dienen der Bodenfauna als Nahrungsquelle und erscheinen verändert und geformt wieder in den Exkrementen. Solche Humusbildungen, die durch die Tätigkeit der Bodentiere entscheidend verändert wurden, nennen wir *koprogen* (siehe Abbildungen 10—13). — Schließlich haben wir noch die *chemogenen* Humusbildungen zu unterscheiden, die ihre Entstehung chemischen und kolloidchemischen Reaktionen verdanken. Chemische Reaktionen sind z. B. Oxydationen und Reduktionen, die durch Bakterien- und Pilzenzyme ausgelöst sein können. Unter den kolloidchemischen Reaktionen sind hervorzuheben: Peptisation⁷, Koagulation⁸ und Adsorption⁹. Der chemogene Humus ist am weitesten von seinen Ausgangsstoffen entfernt, morphologisch und chemisch zeigt er keine Ähnlichkeit mehr mit ihnen. Aus Bausteinen der aufgelösten Muttersubstanzen sind chemogene Neubildungen entstanden. — Jedes Klassifikationssystem ist gezwungen, Grenzen zu ziehen, die in der

⁴ *Morhumus*: Nach dem dänischen Mor oder Maar; der Ausdruck Mor ist auch im englischen Sprachgebrauch eingeführt (P. E. Müller, L. G. Romell, S. O. Heiberg).

⁵ *Humusbildner*: Pflanzliche und tierische Ausgangsstoffe mit erhaltenem Zellverband: z. B. Moos-, Blatt- und Halmreste.

⁶ *Humoide*: Morphologisch und chemisch mehr oder weniger stark veränderte organische Bodenteile mit z. T. erhaltenem Zellverband. Z. B.: Durch Bodentiere fein zerhackte Pflanzenreste.

⁷ *Peptisation*: Quetscht man einen gelartigen Morhumus, so tritt ein brauner Saft aus, dessen Färbung rührt von den im Wasser peptisierten (fein zerteilten) Humuskolloiden.

⁸ Zusammenlagerung sehr feiner (kolloider) Teilchen, z. B. zu Krümeln.

⁹ *Adsorption*: Die austauschbaren Ionen sind z. B. an den Humusoberflächen adsorbiert, d. h. leicht ablösbar festgehalten.

Natur nicht existieren; auch zwischen Rohhumus, koprogenem und chemogenem Humus findet man fließende Übergänge (siehe Abbildung 7).

Die *anorganischen Beimengungen* zur Humussubstanz geben ebenfalls zu einer Unterteilung Anlaß. *Holorganisch* sind alle jene Humusbildungen, die außer der ursprünglichen Pflanzenasche und den adsorbierten Ionen ganz aus organischem Material bestehen. Beträgt aber der Aschegehalt der Humustrockensubstanz über 20 %¹⁰, so sprechen wir von *hemorganischem* Humus. Im hemorganischen Rohhumus sind die organischen und die anorganischen Komponenten *locker gemengt*; in den Regenwurmexkrementen sind sie in physikalisch engem Kontakt (*innig gemengt*); in den Ton-Humus-Komplexen der Schwarzerden, den Eisen-Humus-Komplexen der Podsole usw. existieren chemische Bindungen zwischen Humuskolloiden und anorganischen Teilchen.

Tabelle 1 auf Seite 5 dient der Einklassierung und Benennung der verschiedenen, in der Natur vorkommenden Humusbildungen. In den meisten Fällen gelingt es nach einiger Erfahrung, aus der makroskopischen, eventuell mikroskopischen Untersuchung die Eingliederung eines Humus in die Systematik vorzunehmen. Für genauere Untersuchungen ist die Anfertigung eines Dünnschliffs¹¹ sehr zu empfehlen. Er gestattet unter der Lupe und dem Mikroskop aufschlußreiche Einblicke in die Entstehung und Dynamik des Bodens sowie in sein Gefüge.

B. Einige wichtige Humusformen

1. R o h h u m u s

Die meisten Rohhumusbildungen sind sauer, gehören also der Morhumus-Gruppe an. Seltener kommt milder Rohhumus¹² vor, da im neutralen und alkalischen Gebiet die Voraussetzungen für einen intensiven Abbau der organischen Substanz viel eher gegeben sind.

a) *Faseriger, saurer Rohhumus*

Die Humusaufgabe der subalpinen Eisenpodsole, vieler podsolierter Braunerden und degradiertes Humuskarbonat-Böden bestehen aus faserigem Rohhumus, ferner ist dieser die häufigste Form der subhydrischen

¹⁰ Ursprüngliche Pflanzenasche bis maximal 15 g pro 100 g Humus. Adsorbierte Ionen bis maximal 5 g pro 100 g Humus. Aschegehalt des holorganischen Humus bis maximal 20 g pro 100 g Humus.

¹¹ *W. Kubiens*: Die Dünnschlifftechnik in der Bodenuntersuchung, Forschungsdienst, Sonderheft 16, S. 91; und Sonderheft 17, S. 62.

E. Frei: Eine mikromorphologische Methode zur physikalischen Bodenuntersuchung, Landw. Monatshefte XXIII, 1945.

¹² Nach *F. Richard* kommt milder Rohhumus z. B. vor im seggenreichen Buchenwald (*Fagetum caricetosum albae*, Moor) des Blauen-Südhangs, im Oberhorizont des Humus-Karbonat-Bodens.

(unter Wasser gebildeten) Rohhumusbildungen. Der faserige Rohhumus enthält vorwiegend fädige, faserige oder stenglige Humuseinzelteilchen mit noch erhaltenem Zellverband. Moos-, Wurzel-, Gramineen-, Ericanadeln-Rohhumus sind fein bis mittelfaserig. Seggen-, Koniferennadeln-, Holz-Rohhumus sind häufig grobfaserig.

In den meisten Fällen wird der faserige Rohhumus holorganisch sein, doch kommen auch hemorganische Bildungen vor, besonders in organischen Naßböden, wo durch das Wasser Ton oder Sand eingeschlämmt wurde. Der faserige Rohhumus bildet häufig einen zähen, hohlräumreichen Filz, der dadurch zustande kommt, daß die einzelnen Moosstämmchen durcheinander wachsen, abgefallene Nadeln, Wurzeln und Pilzfäden vervollständigen das Geflecht. Zuweilen findet man auch schütterere Lagerung des faserigen Rohhumus, besonders dann, wenn er aus Koniferen- oder Ericaceennadeln entstanden ist.

Tabelle 1
Humussystematik

	Einteilungsmerkmale	Humus											
Humusgruppe G	Sättigungsgrad	Mullhumus oder milder Humus G 1			Morhumus oder Sauerhumus G 2								
Humusuntergruppe U	Entstehungsart	Chemogener Mullhumus U 3	Koprogenener Mullhumus U 2	Milder Rohhumus U 1 a) sehr schwach abgebaut b) schwach abgebaut c) ziemlich abgebaut d) stark abgebaut	Saurer Rohhumus U 1	Koprogenener Morhumus U 2	Chemogener Morhumus U 3						
Humusfazies F	Wechselagerung mit anorganischen Feinerdekomponenten im Horizont F 1 holorganisch F 2 hemorganisch a) locker gemengt b) innig gemengt c) komplex verbunden											
Humusform M	Morphologie der Humuseinzelteilchen M 1 kolloid a) suspensoid oder gelartig b) geformt (z. B. zu Bodentierexkrementen) c) koaguliert (geflockt) M 2 körnig M 3 faserig M 4 blättrig <table style="display: inline-table; vertical-align: middle; margin-left: 20px;"> <tr> <td style="font-size: 2em;">}</td> <td>a) grob</td> </tr> <tr> <td></td> <td>b) mittel</td> </tr> <tr> <td></td> <td>c) fein</td> </tr> </table>						}	a) grob		b) mittel		c) fein
}	a) grob												
	b) mittel												
	c) fein												

Die Abbildungen 2 bis 4 zeigen einige faserige Rohhumusformen in natürlicher Lagerung. Die für die Einklassierung in die Humussystematik wichtigen chemischen Analysenresultate sind aus Tabelle 2, Seite 427, ersichtlich.

b) Blättriger Rohhumus

In bestimmten Buchenwäldern, in Alpenrosen-Heidelbeer-Gestrüpp und überall da, wo die biologische Bodenaktivität zu gering ist, um die jährlich anfallende Blattmenge umzusetzen, bildet sich blättriger Rohhumus. Die blättrige Auflage kann recht mächtig werden, oft ist sie aber nur wenige Zentimeter dick, und darunter schließt ein mächtigerer, koprogener Humushorizont an (siehe Abbildung 5).

Das Gefüge des blättrigen Rohhumus ist wesentlich verschieden von dem des faserigen. Die Blätter liegen aufeinander geschichtet wie diejenigen eines Buches. Die Abbildungen 6 und 8 zeigen Vertikalschnitte durch verschiedene Lagen eines grobblättrigen Buchenrohhumus und eines mittelblättrigen Heidelbeerblatt-Rohhumus. Auch in diesen relativ gut intakten Pflanzenresten hat der Abbau begonnen, nur schreitet er recht langsam vorwärts. Außer den Pilzen, die mit ihren Fäden die Einzelblätter zusammenheften, scheinen auch Arthropoden hier tätig zu sein, davon zeugen einzelne zwischen den Blättern liegende Exkreme (Losungen).

c) Körniger Rohhumus

Körniger Rohhumus besteht vorwiegend aus fein- bis grobkörnigen, polyedrischen oder rundlichen Humuseinzelteilchen mit erhaltenem Zellverband. Es handelt sich häufig um zerkleinerte oder zerfallene Humusbildner und Humoide. Aus Holz entstandener Humus ist oft körnig (siehe Abbildung 8). Faseriger Rohhumus kann bei etwas gesteigerter Abbauintensität in feinkörnigen und schließlich in koprogenen oder chemogenen Humus übergehen. Die Klassifikation solcher Übergangsformen birgt unvermeidliche Schwierigkeiten und Unsicherheiten in sich. Abbildung 7 zeigt eine Übergangsform zwischen einem körnigen bis feinfaserigen Rohhumus und einem chemogenen Morhumus.

Um die Zwischenstufen vom eigentlichen Rohhumus mit sehr schwachen Abbauerscheinungen einerseits bis zum chemogenen, bzw. koprogenen Humus andererseits besser zu erfassen, ist es zweckmäßig, sich an folgende Bezeichnungen zu halten (vergl. auch Tabelle 1) :

- a) Sehr schwach abgebauter Rohhumus* : Der Zellverband ist völlig erhalten, so daß die botanische Herkunft der Pflanzenreste ohne weiteres zu erkennen ist (Abbildung 2).

- b) *Schwach abgebauter Rohhumus*: Die botanische Herkunft der Humusbildner ist noch gut zu erkennen, doch häufen sich die Abbauerscheinungen, wie z. B. Fraßstellen von Kleintieren, Kleintierexkremeute, Destruktionsstellen (Abbildung 3).
- c) *Ziemlich abgebauter Rohhumus*: Die Humoide, deren Zellverband aufgelöst ist, machen bis die Hälfte des Humusmaterials aus.
- d) *Stark abgebauter Rohhumus*: Die Humuseinzelteilchen mit gut erhaltenem Zellverband sind stark in der Minderheit; die botanische Herkunft der Pflanzenreste ist kaum mehr zu erkennen (Abbildung 7).

In organischen Naßböden sind solche Zwischenstufen besonders häufig anzutreffen. Bei der Qualitätsbeurteilung von Gärtner-, Brenn- und Streue-Torfen ist der Abbaugrad der Produkte von praktischer Bedeutung. Bei Meliorationen kann aus dem Abbaugrad von durchnäßten Rohhumusschichten auf die voraussichtliche Sackung der Bodenoberfläche nach der Entwässerung geschlossen werden. (Die Senkung der Bodenoberfläche nach der Trockenlegung wird weiter durch Abnahme des Porenvolumens, Entquellung usw. bedingt.)

2. Koprogen er Humus

Der koprogene Humus besteht vorwiegend aus kolloiden und feinkörnigen Humuseinzelteilchen, die durch die Tätigkeit der Bodentiere zerhackt, umgewandelt und zum großen Teil in Exkremeute geformt wurden.

a) *Arthropoden-Humus*

Schon P. E. Müller, 1887, beschrieb in seinem dänischen Forschungsgebiet einen Insektenmull, der aus Insektenexkrementen und kleinen, zernagten Pflanzenteilchen aufgebaut war. Neben Insekten (wie Springschwänze, Larven usw.) sind aber auch andere Gliederfüßler, so Milben und Tausendfüßler, an der Bildung des « Insektenmulls » maßgebend beteiligt. Es scheint deshalb zweckmäßiger, von Arthropodenhumus zu reden. Die Arthropoden können ihre Tätigkeit sowohl in saurem wie auch in mildem Humus entfalten; im ersten Fall entsteht Arthropoden-Morhumus, im anderen Arthropoden-Mullhumus (siehe Abbildungen 10 und 11). Der Durchmesser der Exkremeute der zum Teil sehr kleinen bodenbewohnenden Gliederfüßler liegt etwa zwischen 0,2 und 0,02 mm. Es bilden sich also keine eigentlichen Krümel, deren Durchmesser zwischen 0,2 und 20 mm liegt, sondern nur holorganische, kleinste

Aggregate mit Durchmesser unter 0,2 mm. Der Arthropoden-Humus ist meist gekennzeichnet durch ein loses Aggregatgefüge.

Nicht überall, wo die sehr verbreiteten Arthropoden zu finden sind, entwickelt sich die beschriebene Humusform. Sobald der Regenwurm in einem Boden tätig ist, verwischt er die Spuren der kleineren Bodentiere durch seine intensive Wühltätigkeit. Der Arthropoden-Humus ist im allgemeinen auf biologisch wenig aktive Böden beschränkt. Die Arthropodenexkreme sind hier relativ recht beständig und können sich mit der Zeit zu ansehnlichen Bodenhorizonten anhäufen.

b) Regenwurm-Humus

Eine weitere koprogene Humusform ist der Regenwurm-Humus. Er ist immer hemorganisch, weil der Regenwurm neben organischem beträchtliche Mengen anorganisches Material aufnimmt. Beide Komponenten werden im Regenwurmdarm äußerst intensiv und innig gemengt. Die Regenwurmexkreme sind durch ihre Rundungen und scharfen Konturen unverkennbar (siehe Abbildung 12).

Der Regenwurm ist ökologisch wenig anspruchsvoll, wie aus seiner großen Verbreitung angenommen werden darf. Nur in den extrem sauren Profilen (Podsole, Torfböden) sowie an flachgründigen, trockenen Orten kommt er in der Schweiz nicht vor. Besonders häufig ist er in neutralen, frischen, tiefgründigen, humosen Böden; aber auch in sauren Böden ist er anzutreffen (ev. andere Arten). Die Regenwurmexkreme vermögen sich dort anzuhäufen, wo größere Mengen anfallender Humusbildner zu verarbeiten sind (Abbildung 13). Dabei darf die biologische Bodenaktivität¹⁴ nicht zu stark sein, da sonst die Bakterien und Pilze den koprogenen Humus in kürzester Zeit in chemogenen umwandeln. P. E. Müller¹⁵ schreibt von einem Buchenwald-Mullhumus: «Bei fortgesetzter Beobachtung scheint es, als ob die ganze oberste Erdschicht bis zu einer Tiefe von $\frac{1}{2}$ bis 1 Zoll ausschließlich aus Regenwurmexkrementen bestehe, und daß die darunter liegende braune Mullschicht noch beständig derselbe Stoff in einem mehr aufgelösten und zerfallenen Zustand sei.»

Da wo koprogene und chemogene Einflüsse einander die Waage halten, entstehen Übergänge zwischen der koprogenen und der chemogenen Humusuntergruppe. Der biologisch aktive Humus vieler montaner

Fortsetzung auf Seite 425

¹⁴ Über die Bestimmung der Bodenaktivität vgl. *F. Richard*: Der biologische Abbau von Zellulose- und Eiweiß-Testschnüren im Boden von Wald- und Rasengesellschaften. Mittg. d. Schweiz. Anstalt f. forstl. Versuchswesens XXIV, 1945.

¹⁵ *P. E. Müller*: Studien über die natürlichen Humusformen und ihre Einwirkung auf Vegetation und Boden. Berlin, 1887.

Erläuterungen zu den Bildern

Dünnschliffbilder natürlich gelagerter, schweizerischer Humusbildungen.

Abbildung 1, Vergrößerung 430fach

Kennzeichnend für den *Rohhumus* ist der erhaltene *Zellverband* innerhalb der Humuseinzelteilchen. Der vorliegende saure Rohhumus stammt aus der Torfschicht eines organischen Naßbodens. Im Bild sind zahlreiche Pilzfäden sichtbar.

Abbildung 2, Vergrößerung 15fach

Feinfaseriger, saurer Rohhumus (G 2, U 1 a F 1, M 3 b) * aus extrem degradiertem Humuskarbonat-Boden (Nationalpark); A₀-Horizont. Vegetation: Alpenrosen- und moosreicher Bergföhrenwald (Mugeto-Rhodoretum hirsuti hylocomietosum Br.-Bl.). Die Gestalt der Möslein, die den Großteil der Humussubstanz ausmachen, ist noch sehr gut erhalten. In der Mitte des Bildes liegt neben einigen Pilzsporen ein Kleintierexkrement.

Abbildung 3, Vergrößerung 67fach

Milbe in feinfaserigem, saurem Rohhumus (G 2, U 1 b, F 2 b, M 3 c) aus organischem Naßboden (Luzern), Torfschicht aus Moosen entstanden. Die Milben gehören zu den häufigsten Rohhumusbewohnern, sie leben von Pflanzenmaterial. Ihre Exkremente bestehen aus gut abgebauter, dunkler organischer Substanz; im Bild sind einige Exkrementpakete zu sehen.

Abbildung 4, Vergrößerung 67fach

Grobfaseriger, saurer Rohhumus (G 2, U 1 b, F 1, M 3 a) aus organischem Naßboden, Torfschicht aus Seggen und Binsen gebildet (Entlebuch). Durch eine Art Mazeration beginnen sich die Fasern zu spalten, der Humus wird mit der Zeit feinfaseriger werden.

Abbildung 6, Vergrößerung 67fach

Grobblättriger, saurer Rohhumus (G 2, U 1 b, F 1, M 4 a) aus montanem Humuskarbonat-Boden (Weissenstein), rA₀-Horizont, Buchenblätterauflage, (vergleiche Abbildung 5). Der durch Pilzfäden schwach verheftete Teppich ist senkrecht durchschnitten. Vegetation: Fagetum abietetosum, Moor.

Abbildung 7, Vergrößerung 67fach

Feinkörniger bis feinfaseriger, stark abgebauter saurer Rohhumus (G 2, U 1 d, F 1, M 2—3 c) aus organischem Naßboden (Märwil), Torfschicht. Neben den stark zerkleinerten, kaum identifizierbaren Pflanzenresten, deren Zellstruktur noch einigermaßen erhalten ist, besteht ein großer Teil der Humussubstanz aus formlosen Aggregaten von Humuskolloiden und Zellwandtrümmern.

Abbildung 8, Vergrößerung 45fach

Mittelblättriger, saurer Rohhumus (G 2, U 1 b, F 1, M 4 b) aus subalpinem Humuspodsol (Piscium), A₀-Horizont, Blattfallschicht senkrecht durchschnitten. Vegetation: Alpenrosen—Heidelbeergestrüpp (Rhodoreto—Vaccinietum extrasilvaticum, Pallmann und Haffter). Die einzelnen Heidelbeerblätter sind durch Pilzfäden verheftet und liegen eng aneinander.

Abbildung 9, Vergrößerung 67fach

Körniger, saurer Rohhumus (G 2, U 1 b, F 1, M 2 b) aus organischem Naßboden, Torfschicht aus vermodertem Holz gebildet (Entlebuch). Die einzelnen Humusteilchen sind vielkantig polyedrisch bis kurzstengelig, sägespäneartig; ihre Zellstruktur ist vorwiegend erhalten.

* Die Buchstaben und Zahlenformeln geben die vollständige Klassifizierung der Humusbildungen nach Tabelle 1, Seite 416.

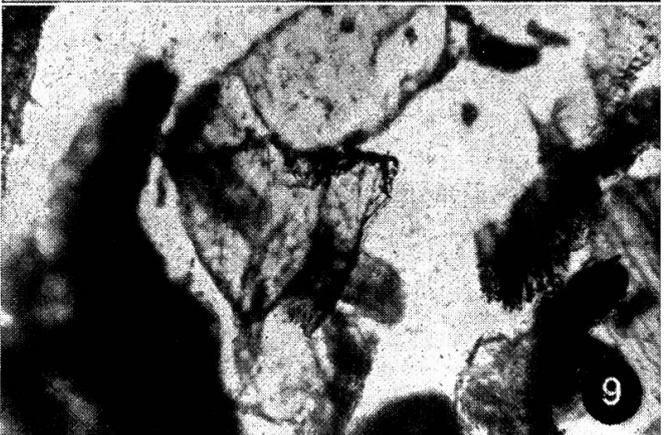
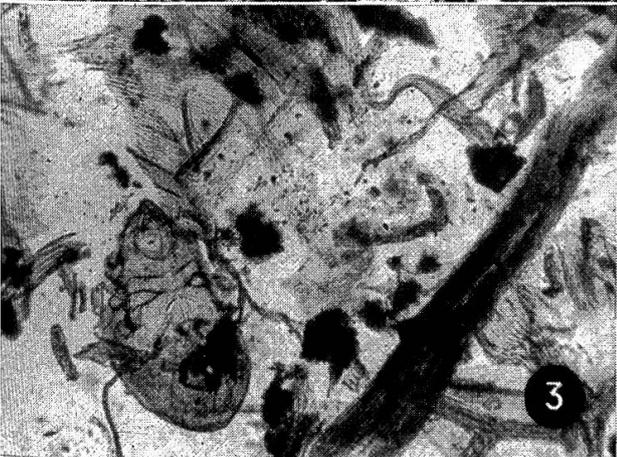
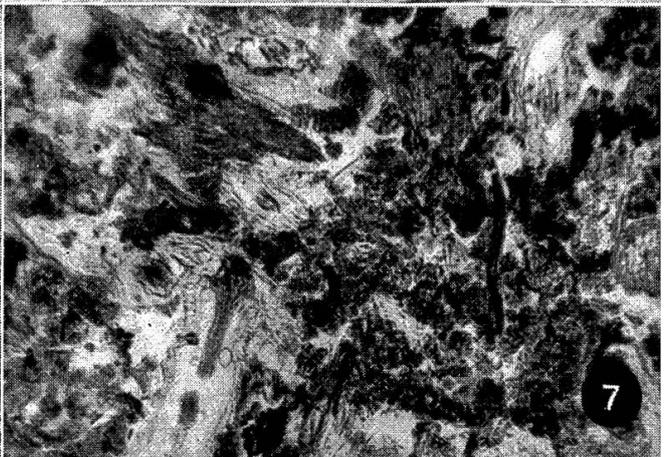
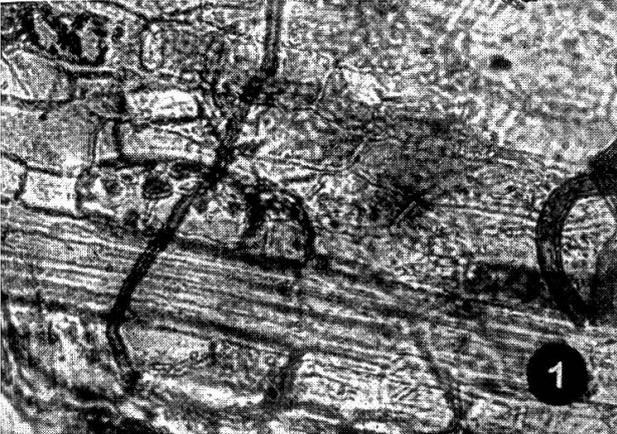


Abbildung 13, Vergrößerung 15fach

Koprogener Regenwurm-Mullhumus (G 1, U 2, F 2 b, M 2 c—1 b) aus dem Untergrund eines tiefgründigen Humuskarbonat-Bodens (Nationalpark), rA₁-rA₂-Horizont. Vegetation: Bergföhrenwald (Mugeto-Rhodoretum hirsuti, Br.-Bl.). Die Tätigkeit der Regenwürmer ist unverkennbar und bestimmt das Bodengefüge. Die Humuseinzelteilchen sind teils kolloid, zum größern Teil aber feinkörnig zerhacktes Pflanzenmaterial.

Abbildung 14, Vergrößerung 5fach

Gelartiger, chemogener Morhumus (G 2, U 3, F 2 a, M 1 a) aus organischem Naßboden (Dürnten), Torfschicht. Die ziemlich hohlraumreiche, klumpige, gelartige Humusmasse besteht vorwiegend aus kolloiden, hellbraunen Einzelteilchen. Vorhandene feinkörnige Teilchen, wie Zellwandstücke, Pollen und Sporen sind bei dieser schwachen Vergrößerung noch nicht sichtbar.

Abbildung 15, Vergrößerung 110fach

Kolloider, geformter Morhumus (G 2, U 3, F 1—2 a, M 1 b) aus dem Humuspodsol Piscium, A₁²-Horizont. Vegetation: Alpenrosen-Heidelbeer-Gestrüpp (Rhodoretovaccinietum extra-silvaticum, Pallmann und Haffter). Unter der verfilzten Hauptwurzelschicht dieses Profils liegt der abgebildete, stark saure, biologisch untätige lose Humushorizont. Er besteht aus dunklen, etwa 0,04 mm großen, unregelmäßig rundlichen Humusvielfachteilchen.

Abbildung 16, Vergrößerung 5fach

Kolloider, geformter Mullhumus (G 1, U 3, F 2 b—c, M 1 b) aus einer Braunerde (Reckenholz, Zürich), Oberhorizont b A₁. Vegetation: Naturwiese. Die formende Tätigkeit der Regenwürmer und Arthropoden ist deutlich zu erkennen. Die Humussubstanz selbst ist jedoch chemogen.

Abbildung 17, Vergrößerung 5fach

Kolloider, geformter Mullhumus (G 1, U 3, F 2 b—c, M 1 b) aus einem tiefgründigen, momentanen Humuskarbonat-Boden (Weesen), rA₁-Horizont, waagrechter Schnitt. Vegetation: Lindenwald. Der chemogene Humus ist durch die Regenwürmer, zusammen mit der anorganischen Bodensubstanz in Aggregate geformt.

Abbildung 18, Vergrößerung 110fach

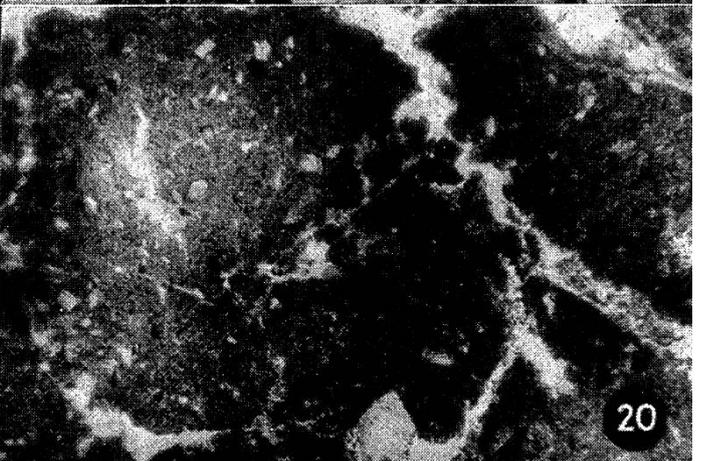
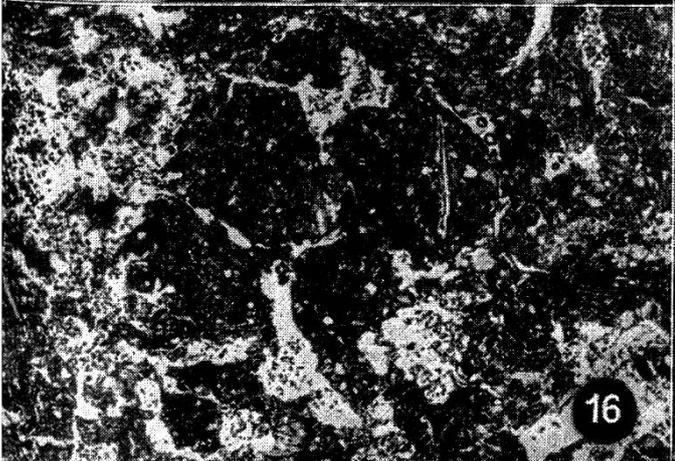
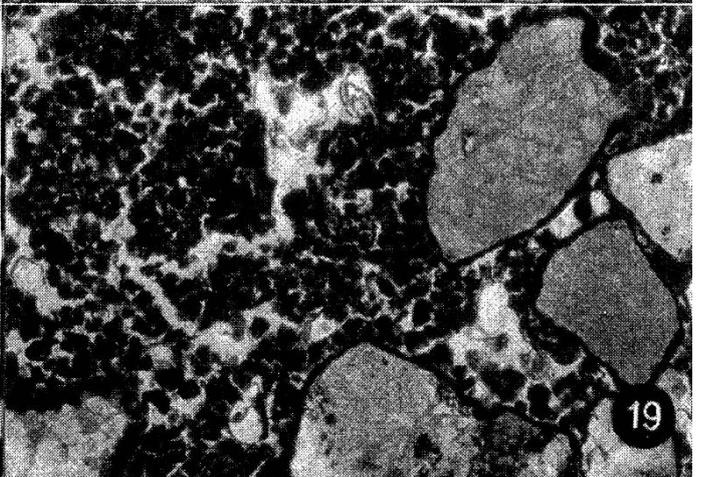
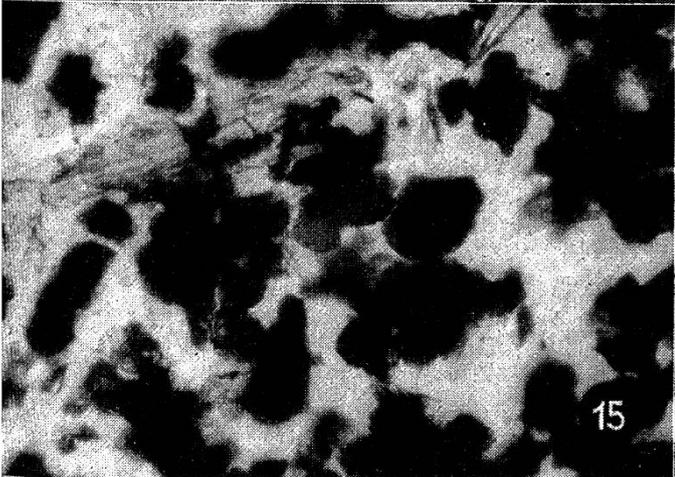
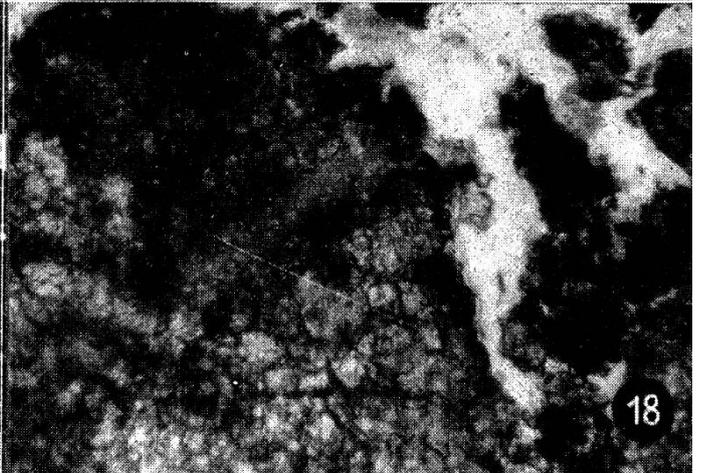
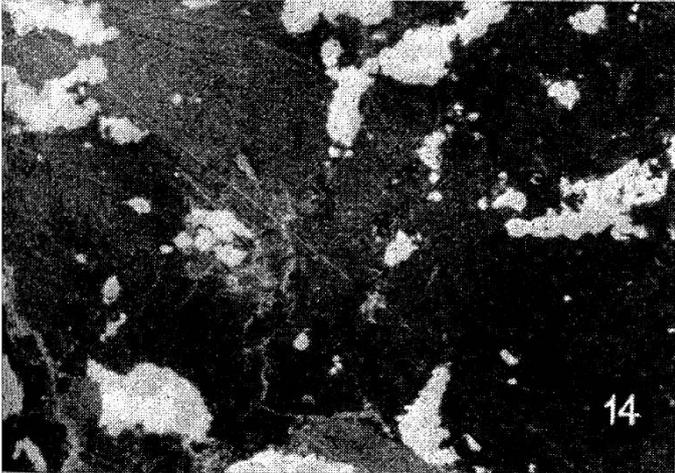
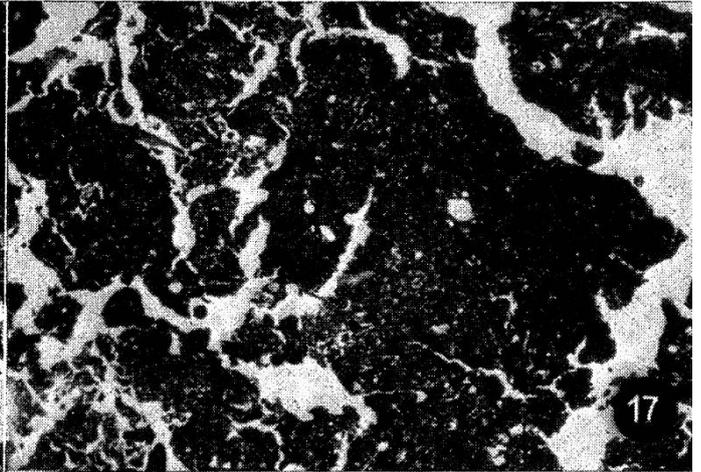
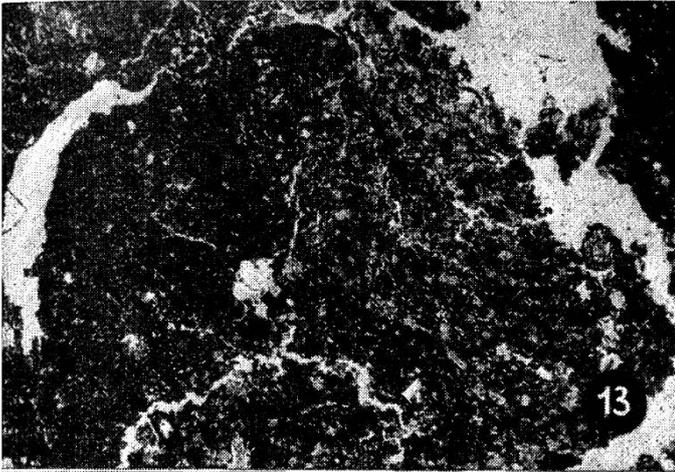
Hemorganisch komplex verbundener Mullhumus (G 1, U 3, F 2 c, M 1 c) aus einem Humuskarbonat-Boden (Nationalpark), rA₂-Horizont. Vegetation: Bergföhrenwald (Mugeto-Ericetum, Br.-Bl.). Einfiltrierte, saure Humuslösungen (Sole) sind in der Umgebung von Kalkgesteinen ausgeflockt und dringen z. T. ins Gestein ein. Sie umgeben die Kalkbrocken mit einer dicken, dunkelbraunen, humosen Verwitterungsrinde.

Abbildung 19, Vergrößerung 45fach

Hemorganisch komplex verbundener Morhumus (G 2, U 3, F 2 c, M 1 c) aus subalpinem Eisenpodsol (Nationalpark), B_s-Horizont. Vegetation: Alpenrosen- und heidelbeereicher Arvenwald (Rhodoretovaccinietum cembretosum, Pallmann und Haffter). Die eingewanderten, schwach humosen, kolloiden Eisen-Humus-Komplexe umhüllen die grobdispersen Bodenteile und füllen die Bodenhohlräume.

Abbildung 20, Vergrößerung 67fach

Hemorganisch komplex verbundener Mullhumus (G 1, U 3, F 2 c, M 1 c—2 c) aus organischem Naßboden (Uetliberg, Zürich), Kalzium-Humat-Horizont. Vegetation: Fichtenforst. Die kolloiden und zum Teil feinkörnigen Humuseinzelteilchen haben sich unter der Wirkung des harten Bodenwassers zu Krümeln vereinigt. Beachtenswert sind die rindenähnlichen Verdichtungen an den Krümeloberflächen. Die Bildung von Kalzium-Humat-Komplexen bestätigt sich durch den großen Ca-Gehalt des Bodens.



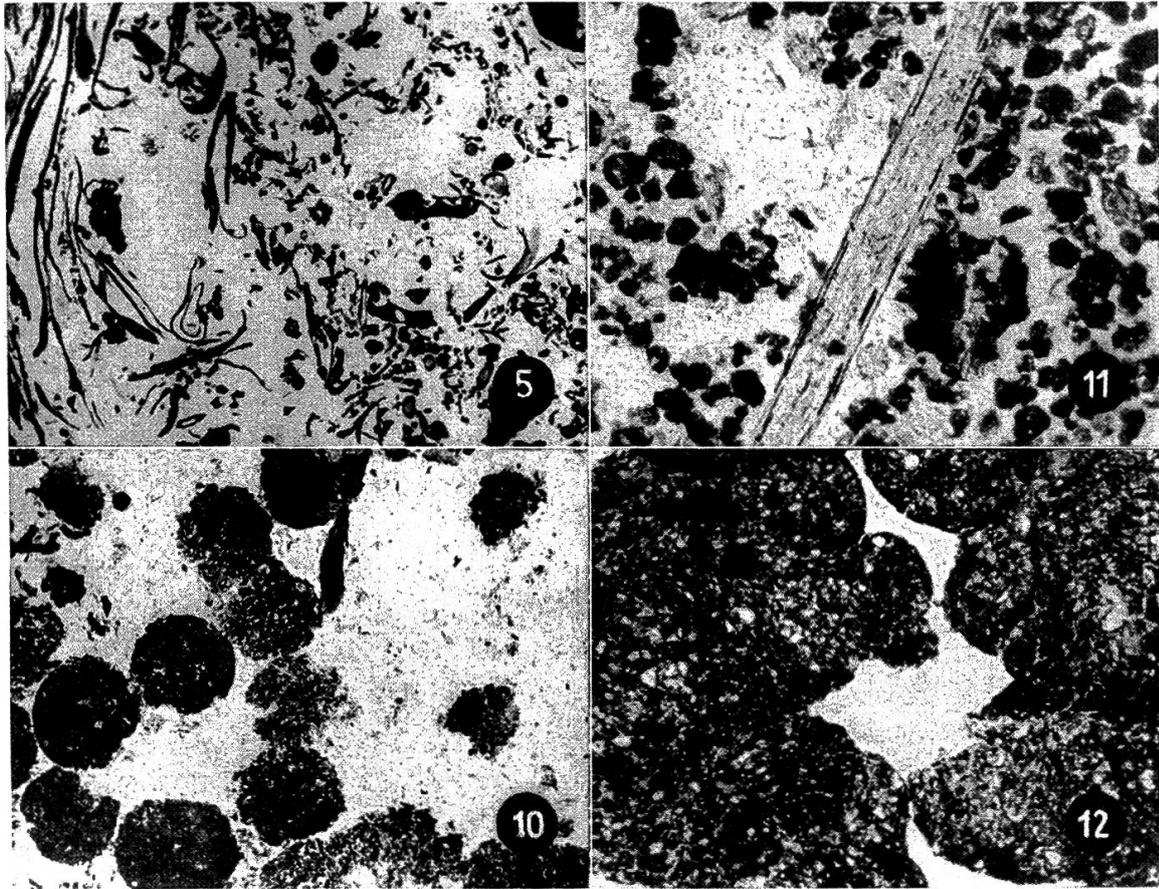


Abbildung 5, Vergrößerung 3,5fach

Montaner Humuskarbonat-Boden (Weissenstein). Senkrechter Schnitt durch die Oberhorizonte: rA_0 blättriger Rohhumus und rA_1 sehr hohlraumreicher, koprogener Mullhumus. Vegetation: Weißtannenreicher Buchenwald (Fagetum abietetosum, Moor). Die linke Seite des Bildes ist oben im Bodenprofil.

Abbildung 10, Vergrößerung 15fach

Koprogener Arthropoden-Mullhumus (G 1, U 2, F 2 a, M 2—1 b) aus flachgründigem Humuskarbonat-Boden (Nationalpark) rA_1 -Horizont. Vegetation: Südexp. nierter, seggenreicher Bergföhrenwald (Pineto-Caricetum humilis Br.-Bl.). Die wenig mächtige und nur stellenweise vorhandene Mullhumusaufgabe dieses flachgründigen Bodens besteht zum großen Teil aus wohlgerundeten Arthropodenexkrementen, die im Bild teils quer, teils längs geschnitten sind (Julidenlosungen?).

Abbildung 11, Vergrößerung 110fach

Koprogener Arthropoden-Mullhumus (G 1, U 2, F 2 a, M 1 b) aus flachgründigem Humuskarbonat-Boden (Nationalpark 2500 m ü. M.), rA_1 -Horizont. Vegetation: Polsterseggen-Rasen. Die kleinen, humosen Vielfachteilchen sind mehr oder weniger gut erhaltene Arthropodenexkreme (Milbenlosungen?). Zwischen den mineralerdefreien Vielfachteilchen findet sich der Kalksand locker eingemengt.

Abbildung 12, Vergrößerung 5fach

Schnitt durch ein Regenwurmexkrement.

Humuskarbonat-Böden und Braunerden ist in diese Zwischenstufe einzu-reihen (geformter, chemogener Humus, siehe Abbildungen 16 und 17). Die formende Tätigkeit der Bodenfauna ist im Bodengefüge deutlich zu erkennen (Schwammgefüge); die Humussubstanz selbst ist aber durch chemische Prozesse stark verändert.

3. Chemogener Humus

Der chemogene Humus ist fast immer kolloid dispers und vorwiegend durch chemische, biochemische oder kolloidchemische Einwirkungen entstanden. Er kann der sauren oder der milden Humusgruppe angehören und kann ferner holorganisch oder hemorganisch sein. Nach Untersuchungen verschiedener Forscher¹⁶ können die Humuskolloide unter bestimmten Voraussetzungen mit anorganischen Bodenkolloiden Komplexe bilden, wobei die gegenseitige Bindung auf der Betätigung von Hauptvalenzen beruht. Die hervorragende Qualität des Schwarzerdehumus wird auf die Bildung von Ton-Humus-Komplexen zurückgeführt. Wahrscheinlich sind solche Komplexe in vielen unserer besten Braunerden und Rendzinen auch vorhanden. Außer mit Ton können sich die Humuskolloide zum Beispiel auch mit kolloidem Eisenhydroxyd komplex verbinden.

a) Gelartiger, chemogener Humus

Dieser Humus besteht aus einer formbaren, wasserreichen Masse, die beim Austrocknen stark schwindet und steinhart werden kann. Beim Quetschen der frischen Substanz in der Hand geht ein großer Teil des kolloiden Humus zwischen den Fingern durch. Kolloider, gelartiger Humus ist zum Beispiel in gewissen organischen Naßböden anzutreffen; er ist häufig in die Morhumus-Gruppe einzuordnen (siehe Abb. 14).

b) Geformter, chemogener Humus

Die holorganische Fazies dieser sonst sehr verbreiteten Humusbildungen ist weniger häufig. Abbildung 15 zeigt einen Morhumus, der fast ausnahmslos in holorganische, etwa 0,04 mm große Vielfachteilchen geformt ist, zwischen denen allerdings Mineralsplitter vorkommen. Die organischen Vielfachteilchen wurden primär durch Arthropoden geformt, sekundär aber sind die Humuskolloide in diesem biologisch absolut un-

¹⁶ *L. Meyer*: Forschungsdienst, 1941. *S. Mattson*: Soil Sci., 1931. *A. Tyulin*: Bodenk. u. Pflanzenern., 1940. *E. Jung*: Bodenk. u. Pflanzenern., 1943. *H. Pallmann*: Kolloid Zeitschr., 1942.

tätigen, sehr sauren Podsolhorizont chemisch verändert worden¹⁷ (durch Dispergierung und Abfiltrierung gewisser kolloider, organischer Säuren).

Die Abbildungen 16 und 17 zeigen Schnitte durch die Oberhorizonte einer Braunerde und eines montanen Humuskarbonat-Bodens. Der kolloide Humus macht hier neben der Mineralerde nur einen relativ geringen Teil der Bodensubstanz aus (zwischen 5 % und 18 % in den Beispielen). Organisches und anorganisches Material sind eng vermengt und zusammen in Vielfachteilchen geformt, die noch deutlich die Spuren zoogener Tätigkeit tragen. Die Bodenfauna, im besonderen die Regenwürmer, sind die Hauptgestalter des schwammartigen Bodengefüges dieser Böden. Ihr Humus ist aber in die chemogene Humusuntergruppe einzureihen, da er durch chemische Einflüsse der Mikroorganismen usw. wesentlich verändert worden ist. Geformter, chemogener Humus unterscheidet sich im Gefüge nicht vom koprogenen Humus, sondern nur dadurch, daß er keine feinkörnigen Pflanzenreste (Humusbildner und Humoide) mehr enthält, die im koprogenen Humus in vielen Exkrementen noch zu finden sind und zwischen den Exkrementen eingestreut liegen. Der Gehalt an eigentlichen Humusstoffen und wahrscheinlich auch an Ton-Humus-Komplexen ist im geformten, chemogenen Mullhumus größer als im koprogenen Mull.

c) *Komplex verbundener, chemogener Humus*

Die folgenden Beispiele zeigen mit Kalk, bzw. mit Eisenhydroxyd komplex verbundene Humuskolloide. Selbstverständlich werden solche durch kolloidchemische Vorgänge veränderte Humusformen in die chemogene Humusuntergruppe eingereiht.

Abbildung 18 zeigt im Bereich von Dolomitskelett ausgeflockten Humus, der sich hier mit dem Kalk chemisch verbunden hat. Man beachte auf der Abbildung besonders die dicke, humose Verwitterungskruste am Kalkgestein.

Kennzeichnend für die Bleicherdeböden oder Podsole, die im humiden Klima unserer Alpen und Voralpen auf saurem Gestein sehr häufig sind, ist die Verlagerung des Eisenhydroxyds im Bodenprofil. Unter einem gebleichten Auswaschhorizont entsteht dadurch ein rostroter Empfängerhorizont. Die kolloiden Eisen- und Aluminiumhydroxyde können aber nur wandern, wenn sie mit kolloiden organischen Säuren komplex verbunden sind; erst dann vermögen sie sich genügend fein in der Bodenlösung zu dispergieren (zerteilen). Aus Gründen, die hier nicht erwähnt zu werden brauchen, flocken diese Eisen-Humus-Komplexe aber doch

¹⁷ E. Frei: Berichte d. Schweiz. Bot. Gesellschaft 54, 1944.

aus, nachdem sie einige Zentimeter oder Dezimeter im Profil verlagert sind. Ein solcher Flockungshorizont zeigt Abbildung 19 in natürlicher Lagerung. Die hier eingewanderten Eisen-Humus-Komplexe umhüllen das Bodenskelett und füllen mit ihren feinen Aggregaten die Bodenhohlräume aus.

Im Gegensatz zu den vorigen Beispielen besteht der Kalzium-Humat-Horizont des organischen Naßbodens in Abbildung 20 aus nicht aktiv im Profil verlagertem Humus. Die Analysen (Tabelle 2) lassen vermuten, daß es sich um vorwiegend komplex an Kalk gebundenen Mullhumus handelt, wobei der Kalk zum Teil durch das harte Bodenwasser zugeführt wurde. Kalziumkarbonat ist in diesem Humus nur in Spuren vorhanden. Der komplex verbundene, chemogene Mullhumus besitzt ein gekrümeltes Schwammgefüge.

Tabelle 2

Analysenresultate einiger morphologisch untersuchten Humusbildungen.

Humusform	Abbildung No.	pH	Sättigung in % UK *	Asche in % der TS.	Organischer Kohlenstoff	Vollständige Humusklassifizierung nach Tabelle 1
Faseriger, saurer Rohhumus	2	4,7	—	5,6	52,5	G2, U1a, F1, M3b
Feinfaseriger, saurer Rohhumus	3	5,8	—	25,7	44,7	G2, U1b, F2a, M3c
Grobfaseriger, saurer Rohhumus	4	4,7	20	1,9	56,4	G2, U1b, F1, M3a
Blättriger, saurer Rohhumus	6	5,8	—	13,8	55,6	G2, U1b, F1, M4a
Blättriger, saurer Rohhumus	8	5,2	24	5,6	50,0	G2, U1b, F1, M4b
Feinkörniger, saurer Rohhumus	7	6,3	—	10,5	55,7	G2, U1d, F1, M2—3c
Kolloider, gelartiger Morhumus	14	6,5	—	20,8	46,2	G2, U3, F2a, M1a
Kolloider, geformter Morhumus	15	3,7	4	14,1	50,2	G2, U3, F1—2a, M1b
Kolloider, geformter Mullhumus	16	6,3	80	92,4	2,7	G1, U3, F2b—c, M1b
Kolloider, geformter Mullhumus	17	7,1	86	77,1	10,6	G1, U3, F2b—c, M1b
Kolloider, komplex verbundener Mullhumus	20	8,0	93	50,2	27,8	G1, U3, F2c, M1c

* Sättigung: Prozentischer Anteil der basischen Kationen (Ca, Mg, K, Na usw.) an der gesamten Ionenbelegung.

UK = Umtauschkapazität: Zahlenmäßiger Ausdruck für die gesamte Ionenbelegung pro 100 g Boden.

Résumé

L'humus de nos sols forestiers et découverts se présente sous des formes étonnamment nombreuses. La classification et la dénomination des diverses humifications possibles répondent donc à un besoin ressenti aussi bien par le praticien que par le théoricien de la pédologie. Ce mémoire traite d'un mode de classification où il est surtout tenu compte des particularités morphologiques des terreaux, mais aussi de caractères chimiques et colloïdo-chimiques importants.

1° La nature soit acide, soit neutre, de l'humus sert à distinguer le *mor* (h. acide) du *mull* (h. doux)¹. Les surfaces du mull sont en grande partie chargées d'ions de calcium, magnésium, potassium et natrium (cations basiques), celles du mor, par contre, principalement d'ions hydrogène.

2° Suivant leur genèse, le mull et le mor sont répartis en trois groupes. L'*humus brut* (imparfait) se forme lorsque la décomposition des débris végétaux est entravée. L'*humus coprogène* résulte de l'activité intense, principalement mécanique, de la faune du sol (arthropodes, vers de terre), la coopération des bactéries restant relativement faible. L'*humus chimogène*² naît sous l'influence chimique et colloïdo-chimique des bactéries et champignons, de facteurs pédologiques entraînant l'oxydation et la dispersion, etc.

3° Selon la teneur en terre minérale, l'humus est *holorganique* (entièrement o.) ou *hémiorganique* (à moitié o.). Dans le deuxième cas, la liaison entre la terre minérale et les particules d'humus peut être ou très lâche, ou physiquement assez forte, ou encore chimiquement très forte (p. ex. dans les complexes d'hydroxyde de fer et d'humus).

4° Enfin, les divers modes d'humification peuvent être subdivisés d'après la forme des particules d'humus; on parle alors d'*humus colloïdal*, *granuleux*, *fibreux* et *feuilleté* (lamelleux).

La considération des critères énumérés entraîne la distinction de 18 classes différentes d'humification (pour la Suisse). Leur description complète se fait au moyen des désignations systématiquement groupées dans le tableau n° 1 et à l'aide d'abréviations, qui sont des lettres et des chiffres. On définit succinctement une formation quelconque en deux ou trois mots; il suffit pour cela de dégager de la formule entière les caractères les plus accusés. 20 reproductions photographiques de lames (plaques) minces font ressortir la variété morphologique des divers humus.

Explication des planches

Lames minces illustrant la diversité des humus suisses, dans leur disposition naturelle.

¹ Rappelons que l'Union internationale des instituts de recherches forestières à son Congrès de 1935, à Oxford, a fixé la nomenclature suivante (propositions de Bornebusch, Copenhague, légèrement modifiées et complétées):

Mull (humus doux): en grumeaux — fin — compact.

Mor (humus brut): granuleux — gras — fibreux.

² Néologisme formé suivant un précédent: chimométrie.

Fig. 1. Agrand.: $\times 430$

Le maintien du *squelette cellulaire* dans les particules d'humus est typique pour l'*humus brut*. Il s'agit en l'occurrence d'un échantillon tiré de la couche tourbeuse d'un sol organique mouilleux (humus imparfait acide). On distingue de nombreuses hyphes.

Fig. 2. Agrand.: $\times 15$

*Humus brut acide fibrillaire*¹ (G 2, U 1 a, F 1, M 3 b)² prov. d'un sol carbonaté humique extrêmement dégradé (Parc national); horizon A₀. Végétation: forêt de pin de montagne riche en rhododendrons et en mousses (Mugeto-Rhodoretum hirsuti hylocomietosum Br.-Bl.). La forme des brins de mousse — qui constituent la grosse part de la substance humique — est encore très bien conservée. Au milieu de l'image, on distingue un excrément d'animalcule, à côté de quelques spores de champignon.

Fig. 3. Agrand.: $\times 67$

Acare dans un humus brut acide fibrillaire (G 2, U 1 b, F 2 b, M 3 c) prov. d'un sol organique mouilleux (Lucerne); couche tourbeuse issue de mousses. Les acares sont parmi les habitants les plus fréquents de l'humus imparfait et y vivent de matières végétales. Leurs excréments (dont on distingue quelques tas dans cette image) consistent en une substance organique bien décomposée, de couleur sombre.

Fig. 4. Agrand.: $\times 67$

Humus brut acide grossièrement fibreux (G 2, U 1 b, F 1, M 3 a) prov. d'un sol organique mouilleux (Entlebuch); couche tourbeuse issue de laiches et de joncs. Par une espèce de macération, les fibres commencent à se fendre; cet humus deviendra donc, avec le temps, plus finement fibreux.

Fig. 5. Agrand.: $\times 3,5$

Sol carbonaté humique montagnoux (Weissenstein) Coupe verticale à travers l'horizon supérieur: rA₀ humus brut feuilleté et rA₁ mull coprogène très poreux. Végétation: forêt de hêtre riche en sapin blancs (Fagetum abietetosum, Moor).

Fig. 6. Agrand.: $\times 67$

Humus brut acide grossièrement feuilleté (G 2, U 1 b, F 1, M 4 a) prov. d'un sol carbonaté humique montagnoux (Weissenstein); horizon rA₀, revêtement de feuilles de hêtre (voir la fig. 5, dans le texte). Le tapis, faiblement lié par des hyphes, a été coupé selon la verticale. Végétation: Fagetum abietetosum Moor.

Fig. 7. Agrand.: $\times 45$

Humus brut acide moyennement feuilleté (G 2, U 1 b, F 1, M 4 b) prov. d'un podzol humique subalpin (Piscium); horizon A₀, coupe verticale à travers la fane. Végétation: lande de rhododendrons et de myrtilles (Rhodoreto-Vaccinietum extrasilvaticum Pallmann et Haffter). Les feuilles de myrtilles sont liées par des hyphes et étroitement accolées.

Fig. 8. Agrand.: $\times 67$

Humus brut acide granuleux (G 2, U 1 b, F 1, M 2 b) prov. d'un sol organique mouilleux (Entlebuch); couche tourbeuse issue de bois pourri. Les particules d'humus sont de polyédriques-multiangulées à médiocrement allongées, semblables à des grains de sciure; la structure cellulaire est en majorité conservée.

¹ Finement fibreux.

² Les formules composées de lettres et de chiffres définissent complètement les catégories d'humus, selon le tableau n° 1, p. 416.

Fig. 9. Agrand.: $\times 67$

Humus brut acide, de finement granuleux à fibrillaire, fortement décomposé (G 2, U 1 d, F 1, M 2—3 c) prov. d'un sol organique mouilleux (Märwil); couche tourbeuse. La substance humique se compose de débris végétaux fortement divisés, qu'on a peine à identifier, dont la structure cellulaire est encore conservée dans une certaine mesure, et, pour une forte part, d'agrégats amorphes de colloïdes humique et de débris de parois cellulaires.

Fig. 10. Agrand.: $\times 15$

Mull coprogène d'arthropodes (G 1, U 2, F 2 a, M 2—1 b) prov. d'un sol carbonaté humique superficiel (Parc national); horizon rA₁. Végétation: forêt de pin de montagne exposée au sud, riche en laiches (Pineto-Caricetum humilis Br.-Bl.). La couche peu épaisse et non continue (taches ici et là) du terreau doux de ce sol superficiel se compose pour une grande partie d'excréments d'arthropodes bien arrondis et qui, dans cette image, sont coupés soit en travers, soit en long (déjections d'iulides?).

Fig. 11. Agrand. $\times 110$

Mull coprogène d'arthropodes (G 1, U 2, F 2 a, M 1 b) prov. d'un sol carbonaté humique superficiel (Parc national, 2500 m. d'alt.); horizon rA₁. Végétation: gazon de Carex firma. Les particules humiques (très agrandies) sont des excréments d'arthropodes, plus ou moins bien conservés (déjections d'acares?). Entre les particules, exemptes de terre minérale, un mélange peu cohérent de sable calcaire.

Fig. 12

Coupe à travers un excrément de ver de terre.

Fig. 13. Agrand. $\times 15$

Mull coprogène de vers de terre (G 1, U 2, F 2 b, M 2 c—1 b) prov. du fond d'un sol carbonaté humique profond (Parc national); horizon rA₁—rA₂. Végétation: forêt de pin de montagne (Mugeto-Rhodoretum hirsuti Br.-Bl.). L'action des vers de terre est évidente et détermine la texture du sol. Les particules humiques sont en partie colloïdales, mais pour la plupart un hachis finement grenu de la matière végétale.

Fig. 14. Agrand.: $\times 5$

Mor chimogène, de consistance gélatineuse (G 2, U 3, F 2 a, M 1 a) prov. d'un sol organique mouilleux (Dürnten); couche tourbeuse. La masse humique, assez riche en lacunes, à gros grumeaux, de consistance gélatineuse, se compose principalement de particules colloïdales de couleur brun clair. Des particules finement granuleuses, p. ex. des débris de parois cellulaires, des grains de pollen et des spores, ne sont pas visibles à ce degré d'agrandissement.

Fig. 15. Agrand.: $\times 110$

Mor colloïdal formé (G 2, U 3, F 1—2 a, M 1 b) prov. d'un podzol humique (Piscium); horizon A₁². Végétation: lande de rhododendrons et de myrtilles (Rhodoreto-Vaccinietum extrasilvaticum Pallmann et Haffter). L'horizon humique, très acide, biologiquement inerte et sans cohésion, se trouve sous l'enchevêtrement principal des racines et se compose de particules de couleur foncée, de forme irrégulièrement arrondie et d'env. 0,04 mm. d'épaisseur.

Fig. 16. Agrand.: $\times 5$

Mull colloïdal formé (G 1, U 3, F 2 b—c, M 1 b) prov. d'une terre brune (Rekenholz, Zurich); horizon bA₁. Végétation: prairie naturelle. Le «façonnage» effectué par les vers de terre et les arthropodes apparaît distinctement. Cependant, la substance humique elle-même est chimogène.

Fig. 17. Agrand.: $\times 5$

Mull colloïdal formé (G 1, U 3, F 2 b—c, M 1 b) prov. d'un sol carbonaté humique profond de la zone montagneuse (Weesen); horizon rA₁, coupe horizontale. Végétation: forêt de tilleul. Ce mull est formé par les vers de terre qui mélangent, en des agrégats, l'humus chimogène avec la substance anorganique du sol.

Fig. 18. Agrand.: $\times 110$

Mull hémiorganique, de liaison complexe (G 1, U 3, F 2 c, M 1 c) prov. d'un sol carbonaté humique (Parc national); horizon rA₂. Végétation: forêt de pin de montagne (Mugeto-Ericetum Br.-Bl.). Des solutions humiques acides se sont infiltrées et résoutes en flocons à proximité de pierres calcaires, où elles pénètrent en partie. Elles entourent les débris calcaires d'une épaisse croûte humique, d'un brun foncé.

Fig. 19. Agrand. $\times 45$

Mor hémiorganique de liaison complexe (G 2, U 3, F 2 c, M 1 c) prov. d'un podzol ferrugineux subalpin (Parc national); horizon B_s. Végétation: forêt d'arole riche en rhododendrons et en myrtilles (Rhodoreto-Vaccinietum cembretosum Pallmann et Haffter). Les éléments grossièrement « dispersés » du sol sont enveloppés par les matières complexes humo-ferrugineuses amenées par lessivage, à l'état colloïdal et faiblement humique, et les lacunes du sol sont remplies.

Fig. 20. Agrand.: $\times 67$

Mull hémiorganique de liaison complexe (G 1, U 3, F 2 c, M 1 c—2 c) prov. d'un sol organique mouilleux (Uetliberg, Zurich); horizon de l'humate de calcium. Végétation: pessière. Les particules colloïdales et en partie finement granuleuses de l'humus se sont réunies en grumeaux, sous l'influence de l'eau du sol, qui est dure. La présence d'un épaissement, d'une espèce de croûte, à la surface des grumeaux, est remarquable. La haute teneur en chaux de ce sol confirme la formation de complexes à humate de calcium. Tr. E. Bx.

Calculs d'accroissement par classe de grosseur et essence

Par J.-L. Nagel, inspecteur des forêts, Couvet

Les « Instructions concernant l'aménagement des forêts publiques » du canton de Neuchâtel, du 9 juillet 1919, prescrivent en leur art. 1^{er} :

« L'aménagement a pour but d'assurer la conservation de la forêt et d'en régler les exploitations de manière à obtenir une production soutenue et autant que possible, progressive (art. 50, al. 2 de la loi).

Il prépare et développe la base expérimentale du traitement, fixe l'usufruit à tirer de la forêt, par des opérations méthodiques. Celles-ci doivent concourir à constituer chaque peuplement, en vue du maximum accessible de l'accroissement, sous le double rapport de la quantité et de la qualité. »

Biolley dit également, dans l'avant-propos de son ouvrage « L'aménagement des forêts par la méthode expérimentale » : Le rôle du forestier est de « transformer les effets des forces naturelles, capter au profit de l'industrie forestière la plus grande somme de travail fourni par les capitaux forestiers, de manière à en tirer le plus grand effet ».