

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

SER. C.

Avhandlingar och uppsatser.

N:o 278.

ÅRSBOK 10 (1916): N:o 4.

KOLORIMETRISCHE UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

HUMUS UND HUMIFIZIERUNG

VON

ELIAS MELIN UND SVEN ODÉN



Pris 0,50 kr.

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

SER. C.

Avhandlingar och uppsatser.

N:o 278.

ÅRSBOK 10 (1916): N:o 4.

KOLORIMETRISCHE UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

HUMUS UND HUMIFIZIERUNG

VON

ELIAS MELIN UND SVEN ODÉN



STOCKHOLM 1917

KUNGL. BOKTRYCKERIET. P. A. NORSTEDT & SÖNER

170732

Inhalt.

	Seite
1. Einleitung	5
2. Die Farben der Humuslösungen	9
3. Die kolorimetrische Methode zur Bestimmung der Humifizierung .	22
a) Die Bereitung des Bodenextrakts	22
b) Die Bereitung der kolorimetrischen Normallösung	24
c) Die kolorimetrische Messung	26
4. Über die Humifizierung verschiedener Moorböden Schwedens . . .	30
a) Die Moorböden Schwedens	30
b) Über die Humifizierung einiger typischen Torfarten intakter Moorböden	35
c) Über die Humifizierung entwässerter Moorböden	39
5. Zusammenfassung	45

Bei der grossen Bedeutung der Humusbildungen sowohl für die Geologie Schwedens als auch für die agrikultur-chemische und forstliche Beurteilung der Moore ist es sehr wünschenswert, bei Untersuchungen derselben neben den stratigraphischen und botanischen Umständen *quantitative* Messungen zur Charakterisierung der Humusformen heranzuziehen.

Vorliegende Arbeit ist ein Versuch in dieser Richtung und liegt auf dem Grenzgebiet zwischen Geologie, Botanik, Chemie und Physik. Obschon die Arbeitsmethodik eine rein physikalisch-chemische gewesen ist, haben die Resultate wesentlich ein rein torfgeologisches Interesse.

1. Einleitung.

Unter Humus und Humusstoffen versteht man verschiedenerelei Dinge, je nachdem man den Agrikulturstandpunkt oder einen rein chemischen oder bodenkundlichen Standpunkt vertritt.

Früher und wohl noch heute ist das Wort oft mit der *Totalmenge* organischer Substanz eines Bodens gleichbedeutend gewesen. Man denkt sich zwar dieselbe mehr oder weniger zersetzt, nimmt aber bei der Bestimmung auf diesen Umstand wenig Rücksicht, sondern bestimmt einfach die bei Verbrennung in Sauerstoffatmosphäre entwickelte Kohlensäuremenge und multipliziert diese mit dem Faktor 0,471, um die Humusmenge zu bekommen.

Diese Methode zur Charakterisierung und Bestimmung des Humus findet wohl noch vielfach Verwendung, wo es sich um relativ humusarme Mineralböden handelt. Dass diese

auch hier unzweckmässig und für die praktische Beurteilung ungenügend ist, wurde mehrfach hervorgehoben, so von L. N. GRANDEAU,¹ E. W. HILGARD² u. a.

Stattdessen schlug man vor (GRANDEAU, HILGARD), die Menge organischer Substanz, welche von Alkali oder Ammoniak aus dem Boden ausgelöst wird, als Humusgehalt zu charakterisieren (»matière noire« GRANDEAU's) und diese entweder durch Ausfällung mit Säure, Auswaschung und Wägung oder titrimetrisch vermittelt Kaliumpermanganat zu bestimmen (C. ASCHMANN und H. FABER).³

»Humus« wird hier ähnlich wie »Ton« in der Schlamm-analyse als *eine durch gewisse Operationen aus dem Boden erhaltene Substanzmenge aufgefasst*.

Man ist sich zwar darüber ganz im klaren gewesen, dass diese keine bestimmte chemische Substanz ausmacht, denkt sich aber darunter eine komplexe Mischung mehr oder weniger verwandter Stoffe. Welche Stoffe hier vorliegen, war jedoch bis vor kurzem unbekannt.

Erst die so überaus wichtigen Arbeiten des amerikanischen »Bureau of Soils« unter der Leitung von O. SCHREINER und E. C. SHOREY⁴ haben uns darüber belehrt, dass bei humushaltigen Mineralböden nur ungefähr ein Drittel aus Humusstoffen im engeren Sinne (»unknown components« in SCHREINER & SHOREY's Übersicht) besteht, die anderen zwei Drittel aber aus chemisch genau definierbaren Stoffen, wie *Paraffinen, Phytosterol, Lignocerinsäure, Dihydrostearinsäure, Pentosanen, Xanthin, Arginin* u. a., zusammengesetzt sind. Zu bemerken ist jedoch, dass in Humusböden die Ergebnisse ganz anders ausfallen und hier grösstenteils »unbekannte Stoffe« vorliegen.

Rein chemisch versteht man unter Humusstoffen jene dunkelbraunen bis schwarz gefärbten Substanzen unbekannter

¹ Traité d'analyse des matières agricoles (3^{ième} éd., Paris 1897).

² Soils (New York 1912), Kap. 8.

³ Chem. Zeitung 1899, N:o 7, S. 61. Biedermanns Zentralbl. 1900, H. 2, S. 131.

⁴ U. S. A. Department of Agriculture. Bureau of Soils. Bull. N:o 53, 74, 77, 80, 83 (1909—1911).

Konstitution, welche durch Zersetzung der organischen Substanz entweder in der Natur durch Verwesung oder im Laboratorium durch Einwirkung von Säuren oder Alkalien gebildet werden, z. B. aus Zuckerarten durch Kochen mit Säuren, Erhitzung u. s. w. Obschon auch hier eine schärfere Umgrenzung des Begriffs Humus fehlt, hat man doch die intensive dunkle Färbung als ein Merkmal der Humusgruppe angesehen¹ und neigt wohl jetzt mehr der Ansicht zu, dass zweckmässigerweise die harz- und paraffinähnlichen Humussubstanzen als anderen Körperklassen angehörende Nebenprodukte zu betrachten sind und der Name Humussubstanzen für die dunklen, braunschwarzen Substanzen zu reservieren ist.

Ogleich die oben besprochenen Bestimmungsmethoden möglicherweise für humusarme Mineralböden Wert besitzen, sind sie jedoch für sog. Humusböden und speziell Moorböden wenig geeignet, da diese ja zum grössten Teil aus organischer Substanz bestehen.

Auch die Methode GRANDEAU's, durch Extraktion mit Alkali die »matière noire« zu bestimmen, ist ungeeignet; denn wie schon E. RAMANN hervorgehoben, werden nicht nur die Humussubstanzen, sondern auch Pektinsäuren, Pflanzenschleim, Holzgummi u. dgl. mit gelöst.

Besonders bei wenig humifizierter Substanz, wie frischem Sphagnummoos, ist diese alkalilösliche, nicht humifizierte Substanzmenge der Extrakte oft viel grösser als die Menge der darin enthaltenen Humussubstanzen.

Eine andere, von BR. TACKE² befürwortete Methode, die »Humussäuren« zu bestimmen, besteht darin, dass man den Moorboden mit gefällttem Kalziumkarbonat mischt und die von den Humussäuren in Freiheit gesetzte Kohlensäure bestimmt. Von ähnlicher Wirkungsweise ist die von A. BAUMANN und E. GULLY vorgeschlagene Methode, die Zersetzung von Kalziumazetat oder einer Mischung von Jodkalium und

¹ V. GRAFE in Abderhaldens Biochemisches Handlexikon, Bd. II (Berlin 1911), S. 94 ff.

² Chem. Zeitg. 21, 174 (1897), Zeitschr. anal. Chem. 40, 110—111 (1901).

Kaliumjodat durch die Humussäuren¹ mittelst titrimetrischer Bestimmung zu verfolgen.

Obzwar vielleicht diese Methode, wenn es gilt, den Gesamtgehalt an Säuren festzustellen, gute Dienste leisten kann, ist sie zum Studium derjenigen Prozesse, welche wir als *Humifizierung* bezeichnen, nicht geeignet.

Denn nicht nur die stets im »sauren Humus« vorhandenen einfachen Säuren, wie Oxalsäure, Zitronensäure, Phosphorsäure u. a., greifen ja das Kalziumkarbonat an, sondern auch die in weit grösserer Menge vorhandenen farblosen oder schwach gefärbten Pektinsäuren.

Mit der Humifizierung geht zwar eine grössere Anhäufung von schwerlöslichen Humussäuren oder deren Salzen Hand in Hand, aber uns scheint, dass, da die charakteristischen Merkmale der Humifizierung der organischen Substanz in der Bildung dunkelgefärbter Humusstoffe liegen, man zur Bestimmung derselben *kolorimetrische Methoden* heranziehen sollte.

Soweit mir bekannt ist, sind solche nur für einige vereinzelte Fälle von W. BEAM² verwendet worden. Es handelte sich um relativ humusarme Mineralböden, und dieser Forscher fand zwischen den kolorimetrisch und den nach einer gravimetrisch ausgearbeiteten Methode (ähnlich der GRAND-DEAU's) bestimmten Werten eine sehr gute Übereinstimmung; Voraussetzung war natürlich hier, dass die organische Substanz hauptsächlich aus dem Farbstoff bestand oder wenigstens diesem proportional war.³

¹ Von BAUMANN und GULLY wurden diese Reaktionen als Adsorptionszersetzenungen gedeutet. Vgl. SVEN ODÉN, Die Humussäuren und die Bodenacidität. Intern. Mitt. f. Bodenkunde **6**, 81 (1916).

² The Determination of Humus, The Cairo Scientific Journal **6**, N:o 68 (1912), **7**, N:o 85 (1913).

³ Eine subjektive 10-gradige »*Huminositäts*«-Skala, welche bis zu einem gewissen Grade als kolorimetrisch bezeichnet werden kann, wurde von L. v. POST bei torfgeologischen Feldarbeiten benutzt. Vgl. auch L. v. POST, Über stratigraphische Zweigliederung Schwedischer Hochmoore. S. 22. S. G. U. Ser. C. N:o 248. Und Sv. Geol. Unders. förslag till en förrädsstatistisk undersökning av torfmarkerna etc., S. 23. S. G. U. Ser. C. N:o 274. Der Plan quantitative kolorimetrische Humusuntersuchungen auszuführen, wurde auch gesprächsweise vor Beginn unserer Arbeiten zwischen dem einen von uns (MELIN) und L. v. POST diskutiert.

Diese Voraussetzung trifft aber für Humusböden nicht zu, denn prozentisch bestehen diese aus 20—99 Prozent organischer Substanz, während die Farbenstärke der alkalischen Extrakte sehr wechselt und in nur wenigen Fällen mit der gesamten extrahierten Menge übereinstimmt.

Man kann daher bei kolorimetrischen Untersuchungen dieser Art die Angaben nicht ohne weiteres in Prozenten wiedergeben, sondern muss sich auf vergleichende Untersuchungen mit einer bestimmten Normallösung beschränken.

Es ist klar, dass kolorimetrische Bestimmungen der Einfachheit und Schnelligkeit wegen besondere Vorteile bieten. Der Zweck der vorliegenden Arbeit ist es, ein wenig auf die notwendigen Vorbedingungen dieser Methode einzugehen, *das heisst, die Farben der Extrakte zu untersuchen*. Denn erst, wenn die Farben der verschiedenen Bodenextrakte einigermaßen gleichartig sind, kann man die Lösungen in bezug auf ihre Farbenstärke vergleichen.

Die Untersuchungsmethode wurde im Anschluss hieran ausgearbeitet.

Diese Methode wurde schliesslich für das Studium einiger Humifizierungsprobleme benutzt. Dieser letzte Teil wurde ausschliesslich von MELIN ausgeführt.

Bei den spektrophotometrischen und spektrobolometrischen Untersuchungen war uns Dr. N. PHILBLAD behilflich, wofür wir ihm auch hier unseren besten Dank aussprechen.

2. Die Farben der Humuslösungen.

Extrahiert man Humusböden erst mit Salzsäure, um die vorhandenen Kalziumverbindungen zu zersetzen, und dann mit Alkali, um die Humussäuren als Alkalisalze zu lösen, so sind es vorwiegend drei gefärbte Stoffe oder Stoffklassen, welche diesen Extrakten ihre dunkelbraune Farbe verleihen: die Humussäure (= Huminsäure), die Hymatomelansäure, welche beide intensiv gefärbt sind, und die schwach gelb gefärbten sog. Quellsäuren und Quellsalzsäuren (BERZELIUS)

[= Krensäure und Oxykrensäure (HERMANN)] oder wasserlöslichen Humusstoffe. Es ist hier nicht unsere Absicht, auf die Chemie dieser Stoffe näher einzugehen, umsomehr als der eine von uns hierüber bald anderweitig eine zusammenfassende Monographie veröffentlichen wird. Nur was in koloristischer Hinsicht von Wichtigkeit ist, sei hier auszugsweise mitgeteilt. Die »Krensäuren« kommen nur in untergeordneten Mengen vor, da sie ihrer Löslichkeit wegen durch die Auswaschung aus dem Boden wegtransportiert werden und ausserdem nur eine relativ schwach gelbe Farbe besitzen, so dass von ihrer Färbung hier abgesehen werden kann.

Wichtiger war es für uns, zu erforschen, ob die Lichtabsorption der zwei anderen Stoffe irgendwie gleichartig ist, denn es kommen in Böden ganz verschiedene Mengen dieser zwei Humusstoffe vor, und ausserdem verwandeln sich die Humate durch längeres Kochen mit Alkali teilweise in humatomelansäure Salze. Überdies war es von Wichtigkeit festzustellen, ob die Lichtabsorptionskurve der Alkaliextrakte verschiedener Böden einigermaßen gleich ist, denn nur wenn dies der Fall ist, kann man die Extrakte im gewöhnlichen Kolorimeter mit einander vergleichen. Für die Untersuchung einiger Dutzende von Böden mussten wir eine bequeme und schnelle Vergleichsmethode haben, und es war uns unmöglich, für sämtliche Proben die vollständige Lichtabsorptionskurve zu ermitteln.

Auf unsere Veranlassung übernahm Herr Dr. NILS PIHLBLAD freundlichst die Arbeit, die Lichtabsorption der Lösungen zu messen. Die Bestimmungen im sichtbaren Spektrum wurden vermittelt des KÖNIG-MARTENS'schen Spektrophotometers¹ unter Verwendung der Spektrallinien der Quarzglasquecksilberbogenlampe ausgeführt.

Im ultravioletten Spektrum wurde unter Benutzung derselben Lichtquelle vermittelt eines Quarzspektrographen nach PASCHEN, Thermoelements und Galvanometers die Lichtabsorption bestimmt. Bezüglich der Einzelheiten der Mes-

¹ MARTENS und GRÜNBAUM: Ann. d. Physik (4) 12, 984 (1903).

sungen verweisen wir auf die Veröffentlichungen PIHLBLAD's und begnügen uns hier damit, die Ergebnisse mitzuteilen.

Bei sämtlichen Versuchen wurden die Extinktionskoeffizienten mit einem Faktor f_{red} multipliziert, und dieser Faktor wurde so gewählt, dass die hierdurch reduzierten Extink-

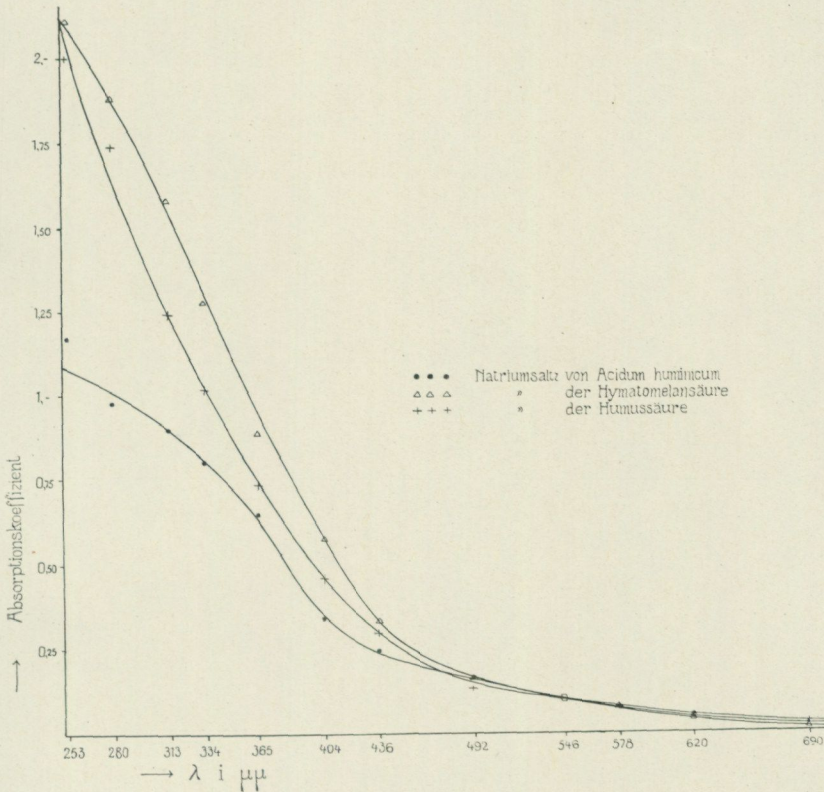


Fig. 1.

tionskoeffizienten für $\lambda = 546$ denselben Wert bekamen und zwar: 0,1. In dieser Weise erhielten wir miteinander vergleichbare Lichtabsorptionskurven der verschiedenen Lösungen. Die Wellenlänge $\lambda = 546$ wurde für diesen Zweck gewählt, weil die Empfindlichkeit des Auges in diesem Teil des Spektrums am grössten ist, was für die kolorimetrische Untersuchung ja von Bedeutung ist.

Fig. 1 zeigt die Lichtabsorption teils von Natriumhumat, Tab. 1, und Natriumhumatomelanat, Tab. 2, teils des von uns später verwendeten MERCK'schen Präparates *Acidum huminicum*, Tab. 3. Wie ersichtlich, liegt das Absorptionsmaximum im Ultraviolett so weit nach den kürzesten Wellenlängen, dass eine Bestimmung desselben nicht ausführbar war.

Nur ein kleiner Teil des Absorptionsspektrums liegt im sichtbaren Teil des Spektrums, aber für sämtliche drei Stoffe ist der Verlauf in diesem Gebiet ziemlich gleichartig, ob- schon man merkt, dass besonders im Ultraviolett die Ver-

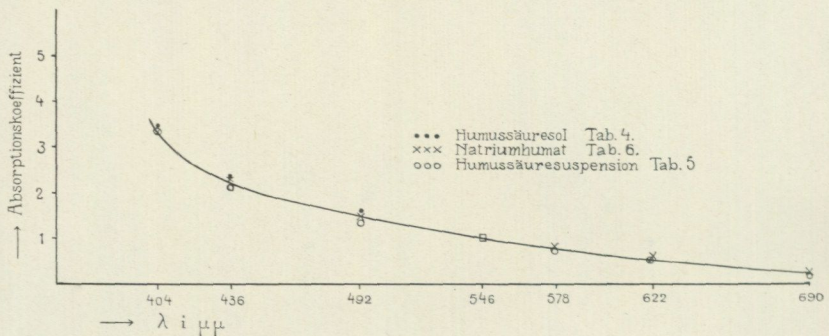


Fig. 2.

schiedenheit deutlich ausgesprochen ist, ein Anzeichen, dass wir es mit chemisch verschiedenen Stoffen oder Stoffmischungen zu tun haben.

In Fig. 2 sind zum Vergleich einige Präparate derselben Humussäure von verschiedener Dispersität wiedergegeben und zwar:

1. als kolloides Humussäuresol von etwa 100 $\mu\mu$ Durchmesser, Tab. 4;
2. als Humussäuresuspension von etwa 1 μ Durchmesser, Tab. 5;
3. als Alkalihumat, Tab. 6.

Diese sämtlichen Lösungen wurden nur im sichtbaren Teil des Spektrums bis zu $\lambda = 404$ untersucht.

In Fig. 3 und 4 sind schliesslich zum Vergleich einige Alkaliextrakte verschiedener Humusböden herangezogen und zwar folgende:

1. Subatlantischer *Sphagnum*-Torf,¹ Tab. 7
2. Subborealer *Sphagnum*-Torf, Tab. 8
3. *Fuscum*-Moortorf aus Ängermanland, Tab. 9;
4. Moder (Torferde) aus Ängermanland, durch Entwässerung von humifiziertem *Fuscum*-Moortorf entstanden; die Pflanzenkonstituenten jedoch nicht erkennbar; Krümelstruktur, Tab. 10;
5. Sumpfniedermoortorf aus Lappland, Tab. 11.

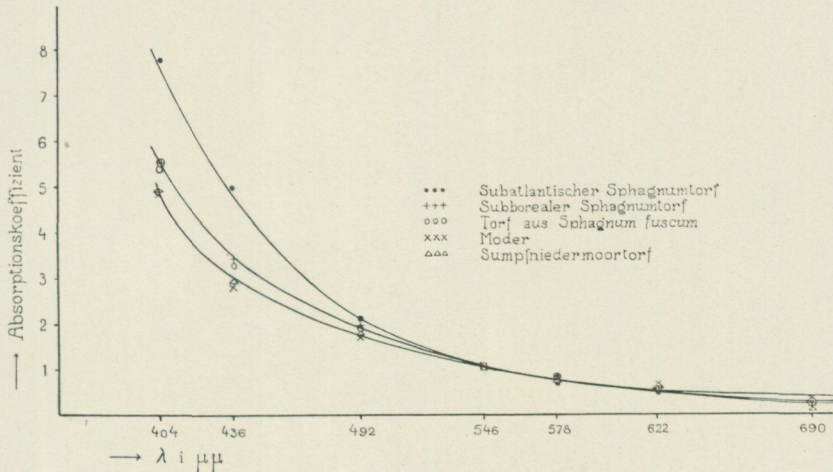


Fig. 3.

Die Extrakte dieser sämtlichen Stoffe wurden nicht auf gleiche Konzentration gebracht, da ausser den Humusstoffen noch reichlich andere, schwer entfernbare organische Substanzen durch Alkali mit ausgelaugt werden.

¹ Die Lösung ist von etwa $\frac{4}{10}$ Konzentration der des subborealen.

² Diese Probe wurde uns freundlichst von Prof. Dr. R. SERNANDER zur Verfügung gestellt. Sie wurde von ihm bei einer von Prof. Dr. C. A. Weber geleiteten Exkursion eingesammelt am 11. Mai 1911. Der Kontakt entspricht der Grenze zwischen A : b und B : a in der Arbeit L. von POST [Über stratigraphische Zweigliederung schwedischer Hochmoore. Sveriges Geol. Unders. Ser. C. N:o 248, S. 4. Stockholm 1912].

Um vergleichbare Werte zu erhalten, wurden auch hier sämtliche Extinktionskoeffizienten auf die Linie $\lambda = 546 \mu\mu$

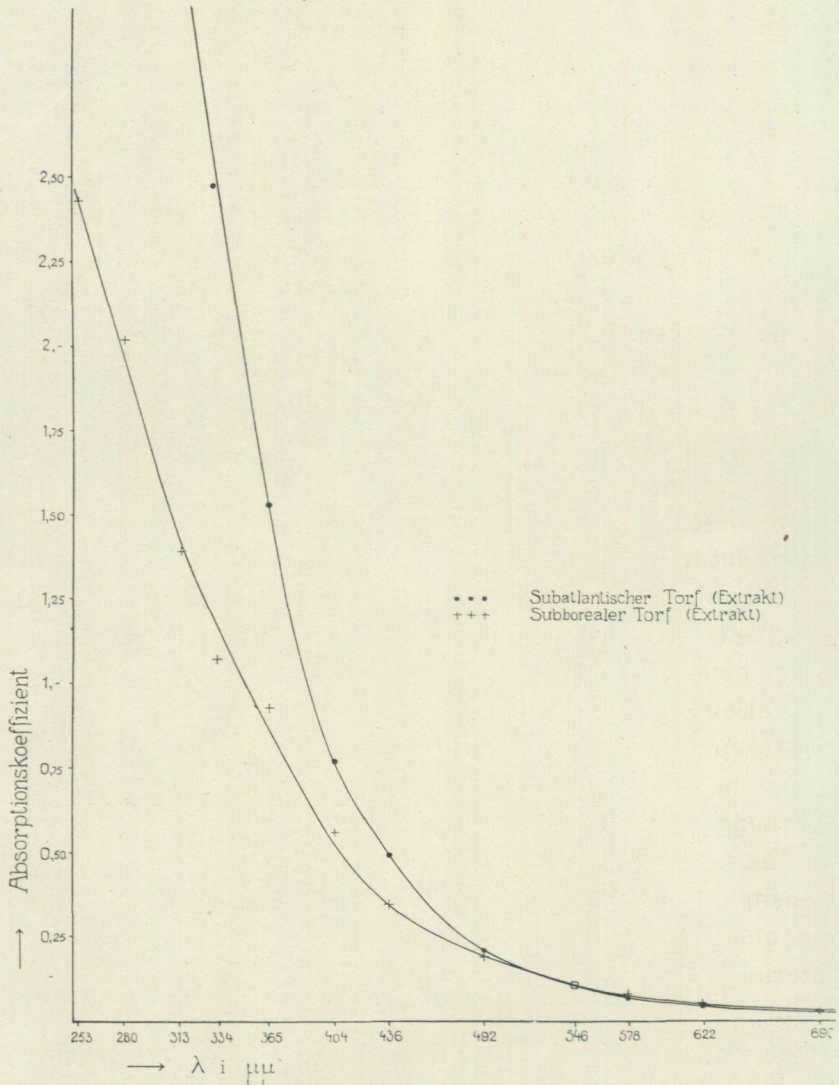


Fig. 4.

des Quecksilberspektrums korrigiert. Denn es handelt sich bei unseren Untersuchungen nicht darum, absolute Werte zu

bestimmen, sondern lediglich den annähernden Verlauf der Lichtabsorption festzustellen.

Aus sämtlichen Versuchen geht auch hervor, dass, wenn gleich die Farbennuance wechselt und der Verlauf der Lichtabsorptionskurve nicht derselbe ist, diese Variationen keinen allzu grossen Einfluss auf die bei der Kolorimetrie durch das Auge empfundene Farbe ausüben und man praktisch damit rechnen kann, dass ein *Humusstoff* vorliegt, dessen Farbenstärke durch Vergleich mit dem als Normallösung gewählten »*Acidum huminicum*» (MERCK) ermittelt werden kann.

Von Interesse ist es, dass die Extrakte der beiden Sphagnumproben aus Ängermanland (*Fusum*-Moortorf) und Bremen (subborealer Sphagnum-Torf) völlig zusammenfallen, ferner dass die der Niedermoorprobe und des Moders mit einander übereinstimmen.

Ob diese Farbenstärke dem Gehalt völlig proportional bleibt, dafür gibt es natürlich keine Garantie, da sicher keine Einheitlichkeit »des Humusstoffs« besteht und wir über die Gültigkeit des BEER'schen Verdünnungsgesetzes für diese Stoffe nichts wissen. Besonders die grosse Verschiedenheit des Verlaufs im Ultraviolett kann als ein Zeichen des Vorhandenseins chemisch verschiedener Stoffe betrachtet werden.

Wir halten es für sehr wahrscheinlich, dass bei fortschreitender Humifizierung die Farbe noch dunkler wird und dieselbe Gewichtsmenge Humussubstanz eine grössere Farbenintensität gibt, aber wenn man mit Humifizierung nicht nur eine quantitativ vollständigere Umwandlung des organischen Materials in Humus meint, sondern auch diese Umwandlung in dunklere Humusstoffe bei der Bestimmung des *Humifizierungsgrades* mit in Rechnung zieht und davon absieht, die Ergebnisse in Prozenten anzugeben, so halten wir die verwendete Methode für genügend genau, wenigstens wie hier bei den vorläufigen Versuchen auf einem ziemlich neuen Arbeitsgebiet: *die Faktoren der Humifizierung genauer zu untersuchen.*

Die Messungen.

Allgemeine Vorbemerkung zu den Tab. 1—11.

In den folgenden Tabellen bezeichnet

λ = die Wellenlänge des Lichtes in $\mu\mu$.

c = Konzentration der untersuchten Lösung in relativem Mass. Um die wirkliche Konzentration zu erhalten, hat man mit dem über den Tabellen stehenden Faktor p zu multiplizieren; jedoch wurde nur für solche Fälle, wo einigermaßen reine Präparate zur Untersuchung gelangten, die Konzentration bestimmt; daher nicht bei den natürlichen Extrakten.

I_0 = die Intensität des eintretenden Lichtes.

I = die Intensität des Lichtes nach dem Gang durch die absorbierende Schicht.

ε = der gemessene Extinktionskoeffizient. Der Extinktionskoeffizient wird durch die folgende Gleichung definiert:

$$I = I_0 \cdot 10^{-\varepsilon \cdot d}, \text{ wo } d \text{ die Schichtdicke ist.}$$

$$\varepsilon' = \varepsilon \cdot f_{\text{red}}.$$

f_{red} wird durch die folgende Gleichung definiert:

$$\varepsilon \cdot f_{\text{red}} = 0,1$$

$\lambda = 546$

(Näheres hierüber siehe oben im Text S. 13.)

Tab. 1.

Natriumsalz der Humussäure,

$p = 2 \cdot 10^{-1}$ Prozent organischer Substanz. $f_{\text{red}} = 0,571$.

λ	c	ϵ	ϵ'
253	0,004	0,700	2,00
280	>	0,610	1,74
313	>	0,436	1,25
334	>	0,356	1,01
365	>	0,257	0,735
404	0,02	0,807	0,410
436	>	0,517	0,295
491	>	0,226	0,129
546	>	0,175	0,100
577—79	>	0,131	0,075
622	>	0,085	0,049
690	>	0,047	0,027

Tab. 2.

Natriumsalz der Hymatomelansäure.

$p = 2 \cdot 10^{-1}$ Prozent organischer Substanz. $f_{\text{red}} = 1,035$.

λ	c	ϵ	ϵ'
253	0,005	0,510	2,11
280	>	0,452	1,87
313	>	0,384	1,58
334	>	0,308	1,27
365	0,02	0,852	0,879
404	>	0,554	0,573
436	>	0,321	0,331
491	>	0,154	0,159
546	>	0,097	0,100
577—79	>	0,064	0,066
622	>	0,028	0,039
690	>	0,025	0,026

Tab. 3.

Natriumsalz von Acidum huminicum (MERCK)

 $p = 2 \cdot 10^{-1}$ Prozent organischer Substanz. $f_{\text{red}} = 0,685$.

λ	c	ε	ε'
253	0,004	0,682	1,17
280	>	0,570	0,975
313	>	0,518	0,890
334	>	0,468	0,800
365	>	0,376	0,645
404	0,02	0,493	0,337
436	>	0,348	0,239
491	>	0,232	0,159
546	>	0,146	0,100
577—79	>	0,111	0,076
622	>	0,075	0,051
690	>	0,041	0,027

Tab. 4.

Kolloides Humussäuresol von etwa 100 $\mu\mu$ Durchmesser.
 $p = 1,032 \cdot 10^{-2}$ Prozent. $f_{\text{red}} = 1,02$.

λ	c	ε	ε'
404	0,083	0,113	0,346
436	0,25	0,230	0,235
491	>	0,155	0,158
546	>	0,098	0,100
577—79	>	0,075	0,077
622	>	0,046	0,047
690	>	0,023	0,023

Tab. 5.

Humussäuresuspension von etwa 1μ Durchmesser.

$$p = 1,032 \cdot 10^{-2} \text{ Prozent. } f_{\text{red}} = 1,00.$$

λ	c	ε	ε'
404	0,083	0,112	0,336
436	0,25	0,211	0,211
491	>	0,135	0,135
546	>	0,100	0,100
577—79	>	0,073	0,073
622	>	0,049	0,049
690	>	0,016	0,016

Tab. 6.

Natriumhumat.

$$p = 1,032 \cdot 10^{-2} \text{ Prozent organischer Substanz. } f_{\text{red}} = 0,775.$$

λ	c	ε	ε'
404	0,0625	0,109	0,339
436	0,25	0,294	0,228
491	>	0,189	0,147
546	>	0,129	0,100
577—79	>	0,100	0,078
622	>	0,077	0,060
690	>	0,033	0,026

Tab. 7.

Extrakt aus subatlantischem Torf aus dem Hellweger Moor
(BREMEN).

$$f_{\text{red}} = 2,13.$$

λ	c	ε	ε'
253	0,0325	0,326	5,33
280	>	0,284	4,65
313	0,065	0,418	3,41
334	>	0,303	2,47
365	>	0,189	1,54
404	0,083	0,121	0,770
436	0,25	0,231	0,492
491	>	0,096	0,205
546	>	0,047	0,100
577—79	>	0,032	0,068
622	>	0,020	0,043
690	>	0,011	0,023

Tab. 8.

Extrakt aus subborealem Torf aus dem Hellweger Moor (BREMEN).

$$f_{\text{red}} = 0,568.$$

λ	c	ε	ε'
253	0,0238	0,361	2,42
280	>	0,332	2,00
313	>	0,246	1,34
334	>	0,366	1,05
365	0,0715	0,257	0,850
404	0,033	0,162	0,552
436	0,10	0,116	0,342
491	>	0,303	0,188
546	>	0,176	0,100
577—79	>	0,130	0,074
622	>	0,101	0,052
690	>	0,035	0,017

Tab. 9.

Extrakt aus Fuscum-Moortorf aus 30 cm Tiefe, Holmsjö, Anundsjö socken, Ångermanland.

$$f_{\text{red}} = 0,03.$$

λ	c	ε	ε'
404	0,05	0,177	0,547
486	0,15	0,314	0,324
491	>	0,174	0,180
546	>	0,097	0,100
577—79	>	0,077	0,097
622	>	0,051	0,053
690	>	0,019	0,020

Tab. 10.

Moder, aus 30 cm Tiefe, Björna Fäbodas, Björna socken, Ångermanland.

$$f_{\text{red}} = 1,065.$$

λ	c	ε	ε'
404	0,05	0,151	0,480
436	0,15	0,262	0,279
491	>	0,157	0,167
546	>	0,094	0,100
577—79	>	0,075	0,080
622	>	0,058	0,062
690	>	0,032	0,034

Tab. 11.

Sumpfniedermoortorf aus 10 cm Tiefe, Trehörningen, Åsele socken, Lappland.

$$f_{\text{red}} = 1,00.$$

λ	c	ε	ε'
404	0,033	0,164	0,492
436	0,10	0,298	0,298
491	>	0,181	0,181
546	>	0,100	0,100
577—79	>	0,080	0,080
622	>	0,060	0,060
690	>	0,011	0,011

3. Die kolorimetrische Methode zur Bestimmung der Humifizierung.

Die Bereitung des Bodenextrakts.

Nachdem durch die im vorhergehenden wiedergegebenen Versuche festgestellt worden, dass die alkalischen Extrakte der verschiedenen Böden von annähernd gleicher Farbnuance (gleichartiger Lichtabsorption) wie die rein präparierte Humussäure und die Vergleichslösung *Acidum huminicum* (MERCK) waren, gingen wir zur Ausarbeitung der zweckmässigsten Methode zur Bestimmung der Humifizierung über.

Denn da die Behandlung mit Natronlauge vielleicht nicht ausschliesslich in einer Neutralisation und Auflösung der Humussäuren besteht, sondern eventuell noch von chemischen Zersetzungen und Umwandlungen der Humussubstanz begleitet ist, war es notwendig, bei den einzelnen Bestimmungen gewisse Normalbedingungen einzuhalten, um vergleichbare Werte zu bekommen.

Zunächst wurden von den Böden Proben mit gleicher Menge organischer Substanz hergestellt. Dies geschah folgendermassen.

Waren die Böden aschenreich, so wurden sie, um die vorhandenen schwerlöslichen Humussalze zu zersetzen und die Humussäure freizumachen, erst mit Chlorwasserstoffsäure behandelt. Dann wurde die Salzsäure so lange ausgewaschen, bis das Waschwasser gefärbt durchlief. Es blieben noch ziemlich grosse Mengen Säure zurück, was aber für die folgende Behandlung unwesentlich ist. So auch, wenn der Kalk nicht völlig ausgewaschen ist. Denn auch Spuren von Kalziumsalz werden von starker Lauge ziemlich vollständig aufgelöst. Die Bodenproben wurden dann mit destilliertem Wasser sorgfältig verrieben und in Suspension gebracht, die Suspension kräftig durchgeschüttelt und 10 ccm zwecks Konzentrationsbestimmung herauspipettiert. Diese Probe wurde

auf dem Wasserbad im Quarztiegel eingedunstet, im Trockenschrank bis auf annähernd konstantes Gewicht bei 120° getrocknet und gewogen. Hierauf wurde die organische Substanz verbrannt und der meistens nur unbedeutende Aschenrückstand bestimmt und vom Totaltrockengewicht abgezogen. Die Differenz ergibt annähernd die Menge organischer Substanz. Nach Ermittlung der Konzentration der organischen Substanz in der Suspension wurde dieselbe nochmals gut durchgeschüttelt und soweit verdünnt, dass eine in bezug auf organische Substanz 1 %-ige Suspension erhalten wurde.

Völlig einwandfrei ist die obige Konzentrationsbestimmungsmethode nicht, wenn der Aschengehalt einigermaßen beträchtlich ist, denn die mineralischen Bestandteile halten noch bei 120° beträchtliche Mengen Wasser und wohl auch Kohlendioxyd zurück, welche beim Glühen entweichen und den gefundenen Humuswert in nicht kontrollierbarer Weise erhöhen.

Bei unseren Proben war aber der Aschengehalt gering, und der Fehler in der Bestimmung der organischen Substanz dürfte nicht besonders gross sein.

Von den 1 %-igen Suspensionen wurden dann in der Regel 20 ccm herauspipettiert, mit gleichen Volumina 20 %-iger NaOH in einem starken Messkolben von 100 ccm versetzt und sofort 10 Minuten lang gekocht. Nach Erkalten wurde mit Wasser bis zum Volumen 100 ccm nachgefüllt und geschüttelt, worauf man den Bodensatz sich absetzen liess. Aus dem Obigen ergibt sich, dass jeder ccm der Flüssigkeit soviel ausgelaugten »Humusstoff« enthält, als von 2 mg der organischen Substanz der Bodenprobe her stammt.

Die Verwendung von so starker Lauge geschah im Anschluss an den Vorschlag E. W. HILGARD's¹ und bietet zwei Vorteile. Erstens, dass die noch teilweise vorhandenen Kalziumhumate zersetzt werden, zweitens dass durch die starke Natriumionenkonzentration die Kolloide und nicht echt gelösten Stoffe, deren Peptisation durch die Hydroxyliionen begünstigt wird, von der starken Natriumionenkonzentration

¹ Intern. Mitt. f. Bodenkunde 4, 302 (1914).

grösstenteils koaguliert werden, so dass die Filtration der Lösung keine besondere Schwierigkeiten bereitet.

Man verwendet bei der Filtration zweckmässig sog. gehärtete Filter von SCHLEICHER & SCHÜLL (Düren) und begnügt sich mit etwa 25—30 ccm des Filtrats, wovon 25 ccm in einem Messkolben auf 100 ccm verdünnt werden. Jeder ccm dieser Lösung entspricht somit der »Humusstoff«-Menge, welche aus 0,5 mg der organischen Bodenbestandteile durch 20 %-ige Lauge extrahiert wird. Diese Lösung bezeichnen wir mit A. Diese eventuell noch weiter verdünnte Lösung wird kolorimetrisch mit der Normallösung von »Acidum huminicum« (MERCK) verglichen.

Ist das Filtrat nicht klar, sondern von Kolloiden getrübt, so kann man mit festem Natriumhydrat und festem Chlorkalium versetzen und nötigenfalls die Lösung zentrifugieren, aber dies wird in den meisten Fällen nicht vonnöten sein.

Selbstverständlich ist das Filtrat nicht völlig optisch leer, sondern enthält, ultramikroskopisch untersucht, noch reichlich kolloide Teilchen. Im vorhergehenden Abschnitt wurde aber gezeigt, dass Alkalihumate und kolloide Humussäure relativ ähnliche Lichtabsorption besitzen, und wenn nur die Filtrate, im Messkolben betrachtet, klar aussehen, so dass der kolorimetrische Vergleich keine Schwierigkeiten bereitet, dürfte dies für unsere vorliegenden Zwecke genügen.

Die Bereitung der kolorimetrischen Normallösung.

Das Präparat *Acidum huminicum* (MERCK) ist nach gütiger Mitteilung der Firma »stets nach gleichem Verfahren hergestellt und zwar aus Torfstreu durch Aufschliessen mit Natron und Fällen mit Säure«. Es besteht nach meinen Untersuchungen aus einer Mischung von in Alkohol unlöslicher *Humussäure* und löslicher *Hymatomelansäure*. Nur unbedeutende Mengen »Krensäuren« sind vorhanden. Das mittlere Äquivalentgewicht dieses Präparats liegt zwischen 300 und 400.

Es wurde daher 0,8 g *Acidum huminicum* in 10 ccm 0,2 n Natronlauge gelöst (was einen Überschuss an *Ac. huminicum* bedeutet) und die Flüssigkeit nach 24 Stunden auf 200 ccm verdünnt. In bezug auf zugesetzten Natriumgehalt ist somit diese Lösung 0,01 n, aber sie enthält noch den Überschuss von Humussäure darin suspendiert. Um diese zu entfernen, wurde die Lösung zehn Stunden lang kräftig zentrifugiert, wobei sich ein unlöslicher Niederschlag auf dem Boden sammelt,¹ und nur die oberste Schicht in den Zentrifugenröhren wurde vorsichtig abgehebert. Sie war, ultramikroskopisch untersucht, fast frei von kolloiden Teilchen und ergab bei einer Konzentrationsbestimmung 0,1692 g organische Substanz pro 50 ccm, was einem Äquivalentgewicht von rund 340 entspricht. Diese Lösung wurde noch auf $\frac{1}{10}$ verdünnt und wird als Normallösung *B* bezeichnet. Dieselbe ist annähernd

0,001 äquivalentnormal und enthält

0,03384 % *Acidum huminicum*.

Würden die untersuchten Böden eben dieselben Säuren, Humussäure und Hymatomelansäure, in entsprechender Mischung wie *Acidum huminicum* enthalten, und wären nur diese färbenden Substanzen in dem Extrakt *A* vorhanden, so könnte man den Humusgehalt in *A* mit dem Humusgehalt in *B* kolorimetrisch vergleichen und in Gewichtsprozenten ausdrücken.

Dies ist, wie schon früher bemerkt, nicht der Fall. Man muss deshalb von Gewichtsbeziehungen absehen und sich damit begnügen, kolorimetrisch *Vergleichszahlen* zu benutzen. Man könnte eventuell von »kolorimetrischen Prozenten« sprechen, aber da dies zu Missverständnissen führen könnte, beziehen wir unsere sämtlichen Angaben nur auf die obige Normallösung *B* und bezeichnen diese als willkürliche Humifizierungszahlen.

Wenn daher für einen Boden als Humifizierungszahl z. B. 38 angegeben wird, so bedeutet dies, dass in der organischen

¹ Die elektromotorisch betriebene Zentrifuge leistete bei einem Diameter von 38 cm ca. 2 500 Drehungen pro Minute.

Substanz dieses Bodens so viel farbiger Humusstoff vorhanden ist, dass, wenn mit 20 %-igem Natriumhydrat ausgekocht, so viel extrahiert wird, als ob 38 Prozent derselben aus *Acidum huminicum* beständen.

Dagegen sei ausdrücklich betont, dass diese Zahlen nicht dem Gehalt an organischer Substanz entsprechen. Über die quantitativen Ergebnisse von Extraktionen wird eine spätere Arbeit Näheres bringen.

Die kolorimetrische Messung.

Zwecks eines Vergleichs des eventuell auf $\frac{1}{10^a}$ verdünnten Extraktes *A* und der auf $\frac{1}{10^b}$ verdünnten Normallösung *B* wurde das modifizierte KRÜSS'sche Kolorimeter von F. G. DONNAN benutzt. Der Apparat wurde von der Firma FRITZ KÖHLER in Leipzig bezogen und besteht aus zwei Glaszylindern *A* und *B* mit planem Glasboden, wovon der eine, *A*, derart mit einem Vorratsgefäß der zu untersuchenden Lösung in Verbindung steht, dass eine Art kommunizierende Röhre entsteht, wodurch die Höhe, h_a , der Flüssigkeit durch Heben und Senken des Gefäßes *C* variiert werden kann. In *B* wird die Normallösung *B* bis zu einer gewissen konstanten Höhe, h_b , eingefüllt.

Das Prinzip des Apparats besteht darin, dass das durch die mit den Lösungen gefüllten Zylinder hindurchgetretene Licht von Spiegeln reflektiert wird, welche im Winkel von 45° zum Horizont stehen. Dieses reflektierte Licht geht durch eine einfache zylindrische Röhre, die dem Auge des Beobachters als Okular dient. Von dem Spiegel, welcher dem Auge des Beobachters am nächsten steht, ist ein Teil des Silberbelags in Form eines elliptischen Ringes entfernt, und durch diesen kommt das Licht, welches durch die andere Lösung gegangen und von dem hinteren Spiegel reflektiert ist. Der Teil des Frontspiegels, von dem die Folie

nicht entfernt worden ist, reflektiert das Licht, welches durch die darunter befindliche Lösung gegangen ist. Demnach sieht man durch das Okular einen kreisförmigen Ring, welcher sich in einem ebenfalls kreisförmigen Hintergrund befindet; dabei wird der Ring durch das Licht, welches die eine Lösung passierte, verursacht, und der Hintergrund durch das Licht, welches die andere Lösung durchdringt. Die Einstellung besteht darin, dass die Höhe einer der Flüssigkeits-

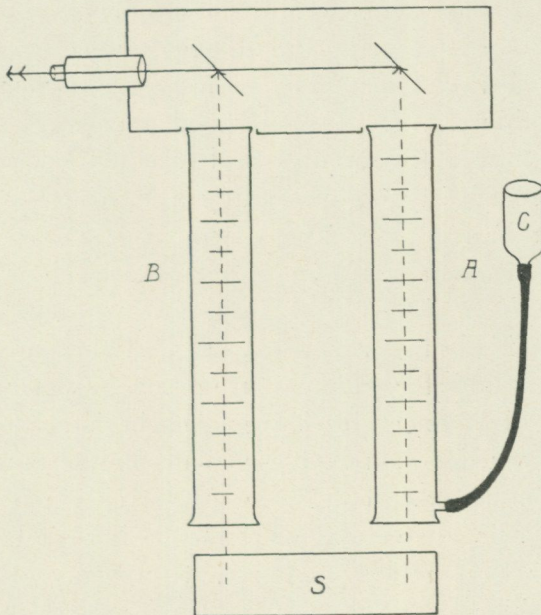


Fig. 5.

säulen so lange verändert wird, bis der Ring möglichst vollständig verschwindet. Durch die teilweise Entfernung des Belags wird bewirkt, dass die beiden Felder, welche verglichen werden sollen, direkt aneinander grenzen, wodurch die Einstellung auf Gleichheit sehr erleichtert wird.

Ist die Höhe der auf $\frac{1}{10^b}$ verdünnten Normallösung B im Rohr B gleich h_a , die des Bodenextrakts $A \cdot \frac{1}{10^a}$ gleich h_b ,

so verhalten sich die Farbenintensitäten der Lösungen *A* und *B* wie

$$\frac{A}{B} = \frac{h_b}{h_a} \cdot \frac{10}{10^b} = \gamma.$$

Die Lösung *B* entspricht nun pro ccm $33,84 \cdot 10^{-2}$ mg *Acidum huminicum* (MERCK) und die Lösung *A* pro ccm dem, was aus 0,5 mg organischer Bodensubstanz extrahiert wurde.

Folglich erhält man durch Multiplikation des Verhältnisfaktors mit $33,84 \cdot 10^{-2}$ diejenige Menge *Acidum huminicum*, welche kolorimetrisch der aus 0,5 mg organischer Bodensubstanz extrahierten Humusmenge gleichwertig ist. Die Multiplikation mit 200 gibt dies in Prozenten an, wenn die auf S. 25 gemachten Voraussetzungen richtig wären. Da dies nicht der Fall ist, bezeichnen wir diese Zahlen einfach als **Humifizierungszahlen**. Wäre somit statt einer Bodenprobe *Acidum huminicum* selbst verwendet worden, so würde man als Humifizierungszahl 100, für Hymatomelansäure Zahlen kleiner und für Humussäure solche grösser als 100 erhalten, weil die letztere intensiver gefärbt ist.

Die Röhren wurden beim Ablesen jedesmal vertauscht und Mittelwerte genommen. Von anderen Korrekturen der Ableseung haben wir abgesehen, da diese gering sind und die Fehler bei der Präparation der Extrakte weitaus grösser als die Messungsfehler sind.

Im übrigen verweisen wir betreffs Handhabung des Instrumentes und anderer Details auf F. G. DONNAN'S¹ oben erwähnte Abhandlung sowie auf die üblichen Handbücher.²

Die Extraktion mit verschiedenen Extraktionsmitteln.

Obschon bei sämtlichen Versuchen die oben beschriebenen Versuchsbedingungen eingehalten wurden, hielten wir es doch

¹ F. G. DONNAN, Zeitschr. f. phys. Chem. **19**, 467 ff. (1896).

² J. PLOTNIKOW, Photochemische Versuchstechnik, Leipzig 1912; OSTWALD-LUTHER, Handbuch der physikalisch-chemischen Arbeitsmethoden, 3. Aufl., Leipzig 1910.

für wünschenswert, zu untersuchen, ob bei Variation derselben die Ergebnisse starke Abweichungen zeigen würden, und zwar wurden ausser Natronlauge verschiedener Stärke als Extraktionsmittel noch Ammoniak, Natriumkarbonat und Ammoniumkarbonat benutzt. Die Ergebnisse sind in nachstehender Tabelle 12 zusammengestellt und zeigen, dass durch Verminderung der Stärke der Lauge bis zu 7 % die Humifizierungszahlen nicht heruntergehen, dass aber bei kleinerer Konzentration und anderen Extraktionsmitteln viel kleinere Zahlen erhalten werden.

Da auch sehr starke Lauge die Zahlen nicht erhöht, halten wir die Extraktion mit 10—15 %-iger Natronlauge für zweckmässig und für den natürlichen Zustand der Böden geeignet, ohne behaupten zu wollen, dass hierdurch eine vollständige Extraktion oder eine »natürliche Grenze« der Bodenchemiker erreicht wird.

Tab. 12.

Boden.	Extraktionsmittel.	Konzentration des Extraktionsmittels.	Humifizierungszahl.	Die Bestimmung wurde ausgeführt
Subatlantischer <i>Sphagnum</i> -Torf aus dem Hellweger Moor	NaOH	18 %	22,5	April 1916
	„	18 „	22,4	November 1916
	„	9 „	22,3	November 1916
	„	7,3 „	24,5	April 1916
	„	0,4 „	17,5	April 1916
Subborealer <i>Sphagnum</i> -Torf aus dem Hellweger Moor	NaOH	18 %	52,5	November 1916
	„	9 „	54,1	November 1916
Subatlantischer <i>Sphagnum</i> -Torf aus dem Hellweger Moor	Ammoniak	6,6 %	16,9	April 1916
	Natriumkarbonat	9 „	12,5	April 1916
	Ammoniumkarbonat	9 „	4	April 1916

Bei sämtlichen Versuchen betrug die Kochdauer 10 Minuten, und zu jedem Versuch wurde 0,2 g suspendierter Boden verwendet.

* * *

4. Über die Humifizierung verschiedener Moorböden Schwedens.

Die Moorböden nehmen einen verhältnismässig grossen Prozentsatz der Gesamtoberfläche Schwedens ein, im mittleren und südlichen Schweden nach H. v. FEILITZEN¹ ca. 14 %, im Waldgebiet des nördlichen Schwedens nach A. G. HÖGBOM² ca. 30 %.

Im südlichen und mittleren Schweden sind sie zum grössten Teil durch Zuwachsen von Seen entstanden, im nördlichen dagegen gewöhnlich durch Versumpfung von festem Boden.

Die Moorböden Schwedens.

Die gegenwärtige Vegetation besteht aus Niedermooren und Hochmooren.³ Die wichtigsten Moorassoziationen sind folgende:⁴

A. Niedermoore (schwed. **Kärr**):

Bodenschicht fehlt oder besteht aus *Amblystegia* oder Niedermoorsphagnen. Von höheren Pflanzen hauptsächlich *Carex*-Arten und *Eriophorum angustifolium*; Sträucher und Reiser fehlen oder treten weniger stark hervor; Bäume fehlen.

1. Sumpfniedermoore (schwed. **Dykärr**).

Moose fehlen, oder es finden sich vereinzelt *Amblystegia* (*A. scorpioides* u. a.) oder *Sphagna* (*S. platyphyllum* u. a.). Zwischen ziemlich licht stehenden *Carex*-Arten und *Erio-*

¹ 11. Internat. Agrogeol.-Konf. — Stockholm 1910, S. 74.

² Norrland. — Norrländskt Handbibliotek 1. Uppsala 1906, S. 171.

³ Diese Begriffe werden hier biologisch aufgefasst (vgl. u. a. A. K. CAJANDER, Studien über die Moore Finnlands. — Acta forestal. fenn. 2 Helsingforsiae 1913).

⁴ Diese Einteilung hat bis auf weiteres hauptsächlich für das nördliche Schweden Gültigkeit; eine ausführliche Beschreibung wird im Laufe dieses Jahres der eine von uns (MELIN) veröffentlichen.

phorum angustifolium-Halmen tritt kontrastreich der schwarze, schlammartige Boden hervor, der aus humifizierten Pflanzenteilen besteht.

2. Flark-Moore (schwed. Flarkar).

Moose fehlen; Phanerogamen treten infolge des Auffrierens¹ zurück, nur vereinzelt finden sich *Carex*-Arten, *Scheuchzeria palustris*, *Eriophorum angustifolium*; überaus häufig Diatomeen. Diese Assoziation ist wenig oder gar nicht torfbildend.

3. Amblystegium-Moore.

Die Bodenschicht besteht aus einem deckenden *Amblystegium*-Teppich (*A. sarmentosum*, *A. badium* u. a.), aus welchem mehr oder weniger zahlreich verschiedene *Carex*-Arten hervorragen (*C. rostrata*, *C. filiformis* u. s. w.).

4. Paludella-Moore.

Ungefähr wie 3, nur werden *Amblystegia* durch *Paludella* ersetzt.

5. Sphagnum-Niedermoore.

Moose deckend, bestehen aus Niedermoorsphagnen² (*S. Warnstorffii*, *S. teres*, *S. subsecundum*), unter den Phanerogamen hauptsächlich *Carex*-Arten (*C. rostrata*, *C. filiformis*, *C. chordorrhiza*).

B. Hochmoore (schwed. Mossar).

Charakteristisch ist ein deckender *Sphagnum*-Teppich; unter den Phanerogamen herrschen *Eriophorum vaginatum*, *Scirpus caespitosus*, *Carex*-Arten vor, ausserdem Reiser und Sträucher; oft *Pinus silvestris*.

6. Grosseggenmoore (schwed. Starrmossar).

Von den Sphagnen sind besonders charakteristisch *S. angustifolium*, *S. apiculatum*, *S. riparium*; ausserdem finden

¹ Vgl. H. HESSELMAN (in Skogsvårdsfören. Tidskrift 1906, Stockholm 1907, S. 25).

² H. PAUL, Mitteil. Kgl. Bayr. Moorkulturanstalt, H. 2 (Stuttgart 1908) und E. MELIN, Arkiv. f. Botanik utg. af K. Svenska Vet. Akad. i Stockholm 13, N:o 9, 1913.

sich *S. Lindbergii*, *S. subsecundum*, *S. Dusenii* u. a.; von den *Carex*-Arten vor allem *C. rostrata* und *C. filiformis*. Unter den Kräutern *Comarum palustre* und *Menyanthes trifoliata*.

7. Schlenkenmoore (schwed. Höljemossar).

Die Sphagnen sind hauptsächlich *S. balticum*, *S. Dusenii* und *S. Jensenii*; unter den höheren Pflanzen dominieren *Scheuchzeria palustris* und einige *Carex*-Arten, besonders *Carex rostrata* und *C. limosa*; die Reiser spielen eine untergeordnete Rolle. Diese Assoziation kommt in kleineren Vertiefungen besonders im *Fuscum*-Moor vor und ist gewöhnlich von diesem ausgebildet.

8. Papillosum-Moore.

Sphagnum papillosum mehr oder weniger deckend, oft gemischt mit *S. compactum*, *S. tenellum*, *S. Jensenii* u. a. Ausserdem *Carex*-Arten, *Scirpus caespitosus* und *Eriophorum vaginatum*.

9. Vaginatum-Moore.

Sphagnum magellanicum und *S. angustifolium* dominieren. Unter den höheren Pflanzen *Eriophorum vaginatum*, *Carex pauciflora* u. a. Verschiedene kleine Reiser sind vorhanden, wie *Andromeda polifolia* und *Vaccinium Oxycoccus*.

10. Wiesenmoore (schwed. Ängsmossar).

Diese Assoziation nähert sich den eigentlichen Wiesen; die *Sphagnum*-Arten treten zurück; Kräuter gewöhnlich zahlreich, wie *Orchis incarnata*, *Parnassia palustris*, *Viola palustris*, *Trientalis europaea* u. a. Unter den Gräsern tritt besonders *Molinia coerulea* hervor.

11. Fuscum-Moore.

Sie werden vor allem durch *Sphagnum fuscum* charakterisiert, welches einen kompakten braunen Teppich bildet; Gräser und Kräuter spielen eine untergeordnete Rolle. Da-

gegen dominieren Reiser und Sträucher, wie *Betula nana*, *Calluna vulgaris*, *Vaccinium uliginosum*.

Die Entwicklung dieser Assoziationen verläuft gewöhnlich in sog. xerophiler Richtung, so dass sich die Niedermoore nach und nach zu Hochmooren ausbilden, von welchen die *Fuscum*-Moore das Endstadium repräsentieren. Bisweilen kann indessen eine trocknere Assoziation durch eine feuchtere ersetzt werden, z. B. *Fuscum*-Moor durch ein Schlenken-Moor.¹

Die meisten Moorassoziationen bilden Torf. Ausnahmen bilden in dieser Hinsicht nur die Flarkmoore und die Wiesenmoore.

Streng genommen muss es ebenso viele Moortorfarten geben, als es torfbildende Moorassoziationen gibt. Eine solche Einteilung der Torfarten auf Grund der dieselben bildenden Assoziationen scheint daher sowohl von wissenschaftlichem wie auch von landwirtschaftlich-technischem Standpunkte aus die zweckmässigste zu sein.

Die für Nordschweden in Betracht kommenden Moortorfarten sind somit folgende:

1. *Sumpfniedermoortorf*.
2. *Amblystegium-Moortorf*.
3. *Paludella-Moortorf*.
4. *Sphagnum-Niedermoortorf*.
5. *Grosseggenmoortorf*.
6. *Schlenkenmoortorf*.
7. *Papillosum-Moortorf*.
8. *Vaginatum-Moortorf*.
9. *Fuscum-Moortorf*.

Eine Einteilung der Moorböden nach den an der Oberfläche vorkommenden Torfarten ist von forstlich-land-

¹ Vgl. R. SERNANDER, Geol. Fören. i Stockholm Förhandl. **31**, (1909), S. 423.

wirtschaftlichem Standpunkte aus zweckmässig. Man kann also von Sumpfniedermoorboden, *Amblystegium*-Moorboden, *Paludella*-Moorboden u. s. w. sprechen.

Die folgende Untersuchung über die Humifizierung der verschiedenen Torfarten beschränkt sich der Hauptsache nach auf die Oberflächenschichten der Moorböden. Sie wurde im Zusammenhang mit einer Untersuchung ausgeführt, die der eine von uns (MELIN) über den Waldwuchs im nordschwedischen Waldgebiet ausarbeitete.¹ Anfänglich war beabsichtigt, festzustellen, ob der Waldwuchs in erheblichem Grade von dem höheren oder geringeren Gehalt des Torfs an Humusstoffen abhängig ist; ausserdem sollte untersucht werden, ob die Humifizierung durch Drainierung der Torfböden beeinflusst wird.

Es wurde daher Torf aus einigen typischen Profilen durch undrainierte Moorböden untersucht; ausserdem entsprechende Torfarten aus entwässerten Moorböden, die mit älterem Wald bewachsen waren; zum Vergleich auch verschiedene Torfarten aus verhältnismässig frischdrainierten Moorböden. Jede der folgenden Tabellen entspricht einem Profil, dem Proben aus verschiedenen Tiefen entnommen wurden.

Da nur die oberen Schichten der Moorböden untersucht wurden, kommt im folgenden nur Torf von subatlantischem Alter (nach der Nomenklatur R. SERNANDER's) in Betracht. Bei der Ausarbeitung der kolorimetrischen Methode untersuchten wir jedoch auch u. a. eine Torfprobe der subborealen Zeit, wie oben erwähnt aus dem Hellweger Moor herührend. Die hohe Humifizierungszahl 53,3 (vgl. S. 29) dieses Torfes ist interessant. Die Probe liegt nämlich nur etwa 1 cm unter der aus der subatlantischen Zeit untersuchten mit Humifizierungszahl 22,9. Der grosse Unterschied ist auf das höhere Alter sowie auf eine teilweise Austrocknung zurückzuführen.

¹ Wird im Laufe des Jahres als Dissertation erscheinen.

Zu bemerken ist jedoch, dass, wenn die Humifizierung sehr stark vorgeschritten ist, die anfangs gebildeten alkalilöslichen Huminsäuren in sehr schwerlösliche schwarze Körper umgewandelt werden (Humuskohle nach BERZELIUS). Diese wenigen Typen entziehen sich daher der hier benutzten Vergleichsmethode, sind aber makroskopisch durch ihre Krümelstruktur leicht erkennbar. Dieses Phänomen dürfte die relativ niedrigen Humifizierungszahlen für Moder¹ in Tab. 18, 19 u. 22 verursachen.

Über die Humifizierung einiger typischen Torfarten intakter Moorböden.

1. Sumpfniedermoor-(Dykärr-)Boden.

Björna Socken in Ångermanland. Die jetzige Oberflächenvegetation: *Carex rostrata*-Sumpfniedermoor; Torfschicht 2 m mächtig; unten Moränengrus (versumpfter Waldboden); nur die oberen 10 dm wurden untersucht.
29/6 1915.

Tab. 13.

Tiefe cm.	Boden.	Die wichtigsten Pflanzenkonstituenten des Torfes.	Humifizierungszahl.	Bemerkungen.
15	Sumpfniedermoor	Rhizome und Radizellen; amorphe humifizierte Torfsubstanz (Dy)	34,3	Die Pflanzenreste gut erhalten; die Farbe schwarzbraun.
25	»	»	34,5	
35	»	»	34,5	
45	»	»	40,1	
55	»	»	41,9	
65	»	»	50,4	Etwas schwärzer gefärbt; die Pflanzenkonstituenten jedoch wohl erhalten.
75	»	»	39,6	
85	»	»	37,6	Die Pflanzenreste gut erhalten; die Farbe schwarzbraun.
100	»	»	35,2	

¹ Hier in der Bedeutung E. RAMANN's aufgefasst (Bodenkunde 1911).

2. *Vaginatum*-Moorboden.

Anundsjö Socken in Ångermanland. Die jetzige Oberflächenvegetation: *Vaginatum*-Moor; Torfschicht 3 m +, wovon jedoch nur die oberen 8 dm untersucht. ¹⁴/₅ 1916.

Tab. 14.

Tiefe cm.	Boden.	Die wichtigsten Pflanzenkonstituenten des Torfes.	Humifizierungszahl.	Bemerkungen.
20	<i>Vaginatum</i> -Moortorf	<i>Sphagnum magellanicum</i> , <i>S. angustifolium</i> , <i>Eriophorum vaginatum</i>	6	Die Konstituenten sehr gut erhalten; die Farbe des Torfes nach oben hellbraun, nach unten braun.
40	>	>	10,5	
60	>	>	14,6	
80	>	>	14	

3. *Fuscum*-Moorboden.

a) Anundsjö Socken in Ångermanland. Die heutige Vegetation: *Fuscum*-Moor (*Calluna*-Fazies); Torfschicht 1,5 m; nur die oberen 9 dm untersucht. ¹⁶/₅ 1916.

Tab. 15.

Tiefe cm.	Boden.	Die wichtigsten Pflanzenkonstituenten des Torfes.	Humifizierungszahl.	Bemerkungen.
20	<i>Fuscum</i> -Moortorf	<i>Sphagnum fuscum</i>	8	Die Pflanzenreste gut erhalten; die Farbe des Torfes hellbraun.
60	<i>Vaginatum</i> -Moortorf, aus einer zuwachsenden Schlenke gebildet	<i>Sphagnum magellanicum</i> , <i>S. angustifolium</i> , <i>Eriophorum vaginatum</i>	13,9	
90	<i>Fuscum</i> -Moortorf	<i>Sphagnum fuscum</i>	17,4	

b) Hökhufvud Socken in Uppland. Die heutige Vegetation: *Calluna*-Heide mit kleineren Destruktionsflächen, »Flarkar»; Torfschicht 2,5 m, unten Gytta; nur die oberen 6 dm untersucht. ^{17/9} 1916.

Tab. 16.

Tiefe cm.	Boden.	Die wichtigsten Pflanzen- konstituenten des Torfes.	Humi- fizie- rungs- zahl.	Bemerkungen.
10	<i>Fuscum</i> -Moor- torf	<i>Sphagnum fuscum</i>	8,3	} Eine 4 cm mächtige Schicht; stark destruiert, nur Blät- ter von <i>Sphagnum fus-</i> <i>cum</i> spärlich identifizier- bar.
20	Flarkdy	—	20,9	
40	<i>Fuscum</i> -Moor- torf	<i>Sphagnum fuscum</i>	7,9	} Die Konstituenten wie in 10 cm Tiefe sehr gut er- halten.
60	<i>Vaginatum</i> - Moortorf	<i>Sphagnum magellani-</i> <i>cum, Eriophorum vagi-</i> <i>natum</i>	16	

Aus den in diesen Tabellen 13—16 mitgeteilten Unter-
suchungen geht folgendes hervor:

- 1) Der Sumpfniedermoortorf ist bedeutend mehr humifi-
ziert als die Torfarten des *Vaginatum*- und *Fuscum*-Moors.
- 2) Der Sumpfniedermoortorf hat in einer Tiefe von 1 m
ungefähr dieselbe Humifizierungszahl wie an der Oberfläche.
- 3) Der *Vaginatum*- und der *Fuscum*-Moortorf sind in tie-
feren Niveaus mehr humifiziert als an der Oberfläche.

Dass der Sumpfniedermoortorf mehr humifiziert ist als die
beiden anderen Torfarten, beruht wahrscheinlich zu grossem
Teil auf der geringeren Geschwindigkeit seines Wachstums
im Vergleich zu den *Vaginatum*- und *Fuscum*-Moorböden.
Die unbedeutende Menge von Pflanzenresten, welche die Vege-
tation des Sumpfniedermoors jährlich liefert, hat genügend
Zeit, zum grössten Teil humifiziert zu werden.

Dass der Sumpfniedermoortorf an der Oberfläche ungefähr
dieselbe Humifizierungszahl wie in tieferen Schichten¹ auf-
weist, kann nur dadurch erklärt werden, dass die rasche

¹ Mehrere Profile durch Sumpfniedermoorböden, welche untersucht wur-
den, lassen vermuten, dass dieses Verhältnis ziemlich allgemein ist.

Humifizierung ausschliesslich — oder fast ausschliesslich — an der Oberfläche vor sich geht. Fände sie auch in tieferen Schichten mit grösserer Geschwindigkeit statt, so müssten die Humifizierungszahlen hier grösser ausfallen. Dass die Humifizierungszahl für die Tiefe von 65 cm (Tab. 13) etwas grösser ist, scheint ein Zufall zu sein. Vielleicht könnte die Ursache die sein, dass die Wachstumsgeschwindigkeit hier aus irgend einem Grund geringer war als früher oder später.

Der *Vaginatum*- und der *Fuscum*-Moortorf sind an der Oberfläche nur wenig humifiziert, doch nimmt der Humifizierungsgrad zu, je weiter der Torf von der Oberfläche entfernt ist. Die Ursache hiervon muss sein, dass die Humifizierung von der Zeit an, wo der Torf gebildet wurde, fortwährend fortschreitet — im Gegensatz zum Verhalten des Sumpfniedermoortorfs — woraus folgt, dass die Humifizierungszahl um so grösser werden muss, je älter der Torf wird.

Es erhebt sich nun die Frage: Wie ist der Unterschied im Humifizierungsverlauf beim Sumpfniedermoortorf einerseits und beim *Vaginatum*- und *Fuscum*-Moortorf andererseits aufzufassen? Eine einwandfreie Erklärung ist gegenwärtig nicht möglich. Wahrscheinlich hängt jedoch dieser Gegensatz mit der verschiedenen Fähigkeit, Wasser und Luft durchzulassen, zusammen. Der Sumpfniedermoortorf ist allen Anzeichen nach für Wasser so gut wie undurchlässig, während das Wasser nach Niederschlägen vermutlich ziemlich leicht durch die beiden anderen Torfarten bis zu den darunter liegenden undurchlässigen Schichten hindurchdringt. Dieses Wasser führt Sauerstoff mit sich, und dies ist vielleicht die Ursache, weshalb die Humifizierung auch in tieferen Schichten vor sich gehen kann.

Sowohl Bildung als auch Zersetzung von Humus scheint mit dem Vorkommen von Sauerstoff irgendwie zusammenzuhängen. Ob dies auf eine rein chemische Wirkung oder eine Entwicklung von Mikroorganismen zurückzuführen ist, lässt sich natürlich schwer sagen. Die tieferen Schichten als steril zu betrachten, weil die Proben auf Plattenkulturen

keine Entwicklung von Keimen zeigen, ist wohl nicht unbedingt notwendig. Es kann doch Mikroorganismen geben, welche unter den veränderten Bedingungen der Plattenkultur sich nicht entwickeln.

Dass es sich um vom Laboratoriumsstandpunkt aus sehr langsam verlaufende Prozesse handelt, wurde schon von einem von uns anderswo¹ hervorgehoben.

Der in Tab. 16 in einer Tiefe von 20 cm befindliche »Flarkdy« ist durch Destruktion der alten Oberflächenschicht gebildet worden. Es war dabei im Höhenwuchs des Torfbodens ein Stillstand eingetreten, der die hohe Humifizierungszahl erklärt. (Vgl. oben S. 37.)

Über die Humifizierung entwässerter Moorböden.

Nachdem die Humifizierung der von der Kultur sehr wenig beeinflussten Moorböden erörtert worden, wollen wir einige Beispiele von drainierten Mooren behandeln.

1. Sumpfniedermoor-(Dykärr-)Boden.

Trehörningen, Åsele Socken in Lappland; mit 300-jährigem Fichtenwalde des *Myrtillus*-Typus bewachsen; Rohhumus 5—10 cm, mit *Sphagnum magellanicum* gemischt; Torfschicht 2 m +; nur die oberen 12 dm wurden untersucht; der Moorboden auf natürlichem Wege entwässert. ^{12/7} 1915.

Tab. 17.

Tiefe cm.	Boden.	Die wichtigsten Pflanzenkonstituenten des Torfes.	Humifizierungszahl.	Bemerkungen.
10	Sumpfniedermoor	Rhizome und Radizellen	35	} Die Rhizome und Radizellen gut erhalten.
40	»	»	36,5	
80	»	»	37,6	
120	»	»	35,5	

¹ SVEN ODÉN, Intern. Mitt. f. Bodenkunde 6, 81—109 (1916).

2. Vaginatum-Moorboden.

Bredbyn, Anundsjö Socken in Ångermanland; vor ca. 35 Jahren entwässert; mit etwa 35-jährigem gutwüchsigem Kiefernwalde bewachsen; Rohhumus etwa 3 cm mächtig; Torfschicht 1—3,5 m +; ⁸/₇ 1916.

Tab. 18.

Tiefe cm.	Boden.	Die wichtigsten Pflanzenkonstituenten des Torfes.	Humifizierungszahl.	Bemerkungen.
10	Vaginatum-Moor- torf	<i>Sphagnum magellanicum</i> , <i>Eriophorum vaginatum</i>	8	{ Pflanzenreste sehr gut erhalten; die Farbe gelbbraun.
15	„	„	16	{ Pflanzenreste weniger gut erhalten; die Farbe braun.
55	Moder (Torferde)	Pflanzenstruktur undeutlich erkennbar.	36,6	{ Vermutlich aus Vaginatum-Moor- torf durch Humifizierung hervorgegangen; Krümelstruktur.

Fuscum-Moorboden.

a) Brattsjö, Anundsjö Socken in Ångermanland; seit etwa 55 Jahren entwässert; mit 55-jährigem gutwüchsigem föhrengemischtem Fichtenwald bedeckt. Rohhumus 6 cm mächtig; Torfschicht 3,2 m +; Profil 8 m von einem 8 dm tiefen Graben entfernt. ⁶/₇ 1916.

Tab. 19.

Tiefe cm.	Boden.	Die wichtigsten Pflanzenkonstituenten des Torfes.	Humifizierungszahl.	Bemerkungen.
10	Fuscum-Moor- torf	<i>Sphagnum fuscum</i>	13,3	{ Pflanzenreste sehr gut erhalten; die Farbe hellbraun.
20	„	„	32,5	{ Pflanzenreste weniger gut erhalten; die Farbe schwarzbraun.
40	„	„	42,3	{ Stark destruiert, moderartig; Stengel und Blätter des <i>Sphagnum fuscum</i> jedoch deutlich erkennbar.
60	Moder (Torferde)	—	41,8	{ Vermutlich aus Fuscum-Moor- torf hervorgegangen.
80	<i>Sphagnum</i> - Niedermoortorf	<i>Sphagnum teres</i> , Rhizome und Radizellen	30,8	} In der Tiefe von 80 cm die Pflanzenreste ziemlich destruiert; in der Tiefe von 100 cm und 125 cm jedoch gut erhalten.
100	„	„	17,2	
125	„	„	24	

b) Sanna (Kraftmyren) in Ångermanland; seit etwa 80 Jahren entwässert; mit sehr gutwüchsigem Wald von *Myrtillus*-Typus bedeckt; Rohhumus 6 cm mächtig; Torfboden 1 m mächtig, nur die obere Schicht untersucht. ²²/_s 1916.

Tab. 20.

Tiefe cm.	Boden.	Die wichtigsten Pflanzenkonstituenten des Torfes.	Humifizierungszahl.	Bemerkungen.
10	<i>Fuscum</i> -Moortorf	<i>Sphagnum fuscum</i>	12,9	<i>Sphagnum</i> -Blätter sehr gut erhalten; die Farbe hellbraun. <i>Sphagnum</i> -Blätter weniger gut erhalten, die Farbe braun.
20	<i>Vaginatum</i> -Moortorf	<i>Sphagnum magellanicum</i> , <i>S. angustifolium</i> , <i>Eriophorum vaginatum</i>	21,2	

c) Holmsjö, Anundsjö Socken in Ångermanland; der Boden seit etwa 30 Jahren drainiert; sehr gutwüchsiger, etwa 2 m hoher Jungwald von *Pinus silvestris*; ausserdem *Betula nana* sehr häufig; Torfschicht 1,6 m. ¹⁸/_s 1915.

Tab. 21.

Tiefe cm.	Boden.	Die wichtigsten Pflanzenkonstituenten des Torfes.	Humifizierungszahl.	Bemerkungen.
5	<i>Fuscum</i> -Moortorf	<i>Sphagnum fuscum</i>	11,8	Die <i>Sphagnum</i> -Blätter gut erhalten; die Farbe des Torfes nach oben zu braun, nach unten zu jedoch etwas schwärzer. Die <i>Sphagnum</i> -Blätter sind stark destruiert. In der Tiefe von 50 cm sind etwa 50 % der <i>Sphagnum</i> -Blätter erhalten, in 60 cm Tiefe ist jedoch mehr als die Hälfte bis zur Unkenntlichkeit destruiert. Die Farbe ist schwarz-schwarzbraun.
15			12,4	
20			18,4	
30			26	
40			23,7	
50	Sumpfniedermoortorf	Rhizome und Radizellen	28	(Ziemlich gut erhalten; die Farbe schwarz.
60			52,1	
70			64,5	

d. Björna Fäbodar, Björna Socken in Ängermanland; der Boden auf natürlichem Wege entwässert; mit etwa 100-jährigem Fichtenwald von *Myrtillus*-Typus bewachsen; Rohhumus 8 cm mächtig; die Torfschicht 1,4—2 m +; in der oberen Schicht Kohlenreste. ²/₇ 1915.

Tab. 22.

Tiefe cm.	Boden.	Die wichtigsten Pflanzen- konstituenten des Torfes.	Humi- fizie- rungs- zahl.	Bemerkungen.
20	Moder (Torf- erde)	—	36	} Mit Sicherheit aus <i>Fuscum</i> -Moortorf hervorgegangen; <i>Sphagnum</i> -Fragmente wie auch Ericaceen-Pollen ziemlich zahlreich.
30	„	—	29,9	
45	<i>Fuscum</i> -Moor- torf	<i>Sphagnum fuscum</i>	66,3	} In der Tiefe von 45 cm stark destruiert; nur vereinzelte Blätter von <i>Sphagnum fuscum</i> erhalten; die Farbe schwarzbraun. In der Tiefe von 60 und 70 cm sind die Blätter sehr gut erhalten; die Farbe braun.
60	„	„	37,9	
70	„	„	22,5	

Es geht hieraus hervor, dass die Humifizierung der Moorböden durch Entwässerung in hohem Grade beschleunigt wird.

Eine Ausnahme bildet in dieser Hinsicht der Sumpfniedermoorboden S. 39 (Tab. 17). Es muss indessen betont werden, dass dieser nicht von Menschen, sondern auf natürlichem Wege trockengelegt wurde (ein Bach hat den Moorboden durchschnitten), und diese Entwässerung war ziemlich unvollständig. Sicherlich ist dies der Grund, weshalb die Humifizierungszahl hier nicht grösser ist als in undrainiertem Sumpfniedermoorboden (vgl. Tab. 13). Leider waren wir nicht in der Lage, einen seit langer Zeit vollständig entwässerten Boden dieser Art zu untersuchen. Eine solche Untersuchung wäre in höchstem Grade wünschenswert.

Betrachten wir Tab. 19 och 21! Hier ruht der *Fuscum*-Moorboden mit Humifizierungszahlen 11,8—52,1 auf *Sphagnum*-Niedermoor resp. Sumpfniedermoorboden mit Humifizierungs-

zahlen 30,8—64,5. Sie entstammen Profilen, welche dadurch charakterisiert sind, dass eine ziemlich dünne *Fuscum*-Moor-schicht auf Niedermoortorf (resp. *Sphagnum*-Moortorf und Sumpfniedermoortorf) ruht. Am instruktivsten ist hier vielleicht der Moorboden Tab. 21, der vor ca. 30 Jahren entwässert wurde. Wenn man ihn mit dem nicht drainierten *Fuscum*-Moorboden Tab. 16 vergleicht, so findet man, dass die Humifizierung in der Kontaktzone zwischen dem Sumpfniedermoortorf und *Fuscum*-Moortorf bei weitem rascher verlaufen ist als in der Nähe der Oberfläche.¹ An dieser Kontaktzone ist der Torf fast bis zur Unkenntlichkeit humifiziert. Dies kann wohl nur so gedeutet werden, dass in dieser Kontaktzone ein Grundwasserstrom verläuft, der die Humifizierung beschleunigt. Wie oben erwähnt, dürfte der Sumpfniedermoortorf für Wasser so gut wie undurchlässig sein, und das Wasser, das nach und nach durch den darüberliegenden Torf sickert, wird daher hier angesammelt. Ein Wasserstrom rinnt nach dem Graben hin, wenn dessen Niveau unterhalb dieses Kontakts liegt.

Einen ähnlichen Verlauf scheint die Humifizierung in dem Moorboden Tab. 19 gehabt zu haben. Hier ist sie indessen so weit fortgeschritten, dass sich der *Fuscum*-Moortorf in der Kontaktzone zu Moder mit deutlicher Krümelstruktur umgebildet hat.

Ob dieser Humifizierungsverlauf in solchen Moorböden allgemein ist, muss noch weiter untersucht werden.

In Moorböden mit gut entwickeltem Rohhumus (Tab. 18—20) ist die unmittelbar unter diesem befindliche Torfschicht bedeutend weniger humifiziert als die darunter liegende. Diese schwach humifizierte Schicht ist gewöhnlich 5—10 cm mächtig, mit scharfem Kontakt nach unten. Man beachte in Tab. 18—20 den unverhältnismässig grossen Unterschied zwischen den Humifizierungszahlen für 10 und für 15—20 cm Tiefe. Die Ursache lässt sich gegenwärtig nicht angeben,

¹ Bei Tab. 16 ist hierbei natürlich von dem »*Flarkdy*» in der Tiefe von 20 cm abzusehen.

möglicherweise wirken gewisse aus der Rohhumusschicht hinabdringende Säuren, vielleicht Oxalsäure, oder andere Exkrete von Bakterien oder Pilzen hemmend auf die Humifizierung ein.

Der Moorboden Tab. 22 zeigt einen besonders merkwürdigen Verlauf der Humifizierung. Vor allem fehlt unter dem Rohhumus eine wenig humifizierte Schicht (vom Typus Tab. 18—20). Dies scheint darauf zu beruhen, dass der Moorboden bis zu einer Tiefe von 3—4 dm von einem *Brand* heimgesucht worden ist. Wahrscheinlich ist dies *nach* der Entwässerung geschehen. Hierdurch ist die Humifizierung sicher beschleunigt worden, und als Produkt derselben hat sich *Moder* gebildet. An der Grenze dieser Moderschicht, die wegen ihrer Krümelstruktur für Wasser und Luft sehr durchlässig ist, ist nun die Humifizierung des *Fuscum*-Moortorfs am kräftigsten fortgeschritten.

Weitere Untersuchungen über die Humifizierung verschiedener sowohl entwässerter wie nicht entwässerter Moorböden würden sicher interessante Resultate liefern.

Die oben mitgeteilten Untersuchungen machen keinen Anspruch darauf, etwas anderes als ein erster Versuch zu sein, den Humifizierungsprozess quantitativen Messungen zugänglich zu machen. Die grossen Mengen von Faktoren, welche die Humifizierung wohl veranlassen, haben uns vorläufig davon abgehalten, allzuviel theoretische Spekulationen hineinzu legen. Soviel dürfte jedoch daraus hervorgehen, dass es in bezug auf undrainierte Moorböden vom Humifizierungsstandpunkt aus wenigstens zwei verschiedene Typen gibt, einen *Niedermoor*- und einen *Hochmoortypus*. Hierbei sind jedoch nur drei Torfarten, nämlich Sumpfniedermoortorf, *Vaginatum*-Moortorf und *Fuscum*-Moortorf untersucht worden. Es wäre interessant, zu erfahren, wie sich die übrigen Torf-

arten in dieser Hinsicht verhalten, und wir beabsichtigen, die Untersuchungen in dieser Hinsicht weiterzuführen.

Nach Entwässerung geht die Humifizierung schneller vor sich und scheint in verschiedenen Moorböden verschieden zu verlaufen. Eine eingehendere Untersuchung hierüber ist besonders von forstlich-landwirtschaftlichem Standpunkt aus interessant und könnte auch sicher die Gesetze genauer feststellen, denen die Humifizierungsprozesse in den Moorböden folgen.

5. Zusammenfassung.

1. Die Lichtabsorption verschiedener Humuspräparate wurde untersucht. Es ergab sich für den sichtbaren Teil des Spektrums ein annähernd gleichartiger Verlauf der Absorptionskurven. Erst im ultravioletten Gebiet treten *grosse* Verschiedenheiten hervor, woraus ersichtlich ist, dass wir es mit chemisch verschiedenen Stoffen oder Stoffgruppen zu tun haben.

2. Eine kolorimetrische Methode zur quantitativen Bestimmung der Humifizierung wurde ausgearbeitet. In Gewichtsprozenten lässt sich die Humifizierung nicht angeben, sondern wir bezeichneten als Humifizierungszahl eine relative Angabe, welche durch Vergleich mit dem MERCK'schen Präparat *Acidum huminicum* erhalten wurde.

3. Es wurde Torf aus einigen typischen Profilen durch undrainierte Moorböden, wie auch entsprechende Torfarten längst entwässerter Moorböden untersucht. In bezug auf die ersteren gibt es vom Humifizierungsstandpunkt aus wenigstens zwei verschiedene Typen, nämlich einen *Niedermoor*typus, Humifizierungszahl etwa 34—50, und einen *Hochmoor*typus, Humifizierungszahl etwa 6—17. Der Niedermoor-typus ist in tieferen Niveaus ungefähr gleich stark, der Hochmoortypus dagegen bedeutend mehr humifiziert als an der

Oberfläche. Die entwässerten Moorböden zeigen höhere Humifizierungszahlen. Durch Entwässerung geht daher die Humifizierung schneller vor sich, scheint aber in verschiedenen Moorböden verschiedenartig zu verlaufen.

Januar 1917.

STOCKHOLM 1917. KUNGL. BOKTRYCKERIET. P. A. NORSTEDT & SÖNER.