

## 9. Über die Vorbehandlung der Bodenproben zur mechanischen Analyse.

Von

Sven Odén.

Hierzu Pl. VII—IX.

-----

### 1.

#### Einleitung.

Um aus der, in der einen oder anderen Weise ausgeführten, mechanischen Analyse einer Bodenprobe ein Urteil über ihre Zusammensetzung zu gewinnen, ist es notwendig, die Probe in einen bei Wiederholung der Versuche gleich reproduzierbaren Zustand zu bringen.

In den verschiedenen Bodenablagerungen kommen die einzelnen Teilchen nur selten frei vor, sondern sind mit einander zu grösseren oder kleineren Aggregaten (Krümeln) vereinigt. Man hat also zwischen *Einzelkornstruktur* (nach der Nomenklatur des amerikanischen Bureau of Soils »texture») und *Krümelstruktur* (»structure») zu unterscheiden. Kolloidchemisch fallen diese Begriffe mit Primärteilchen und Sekundäre Aggregate einer Dispersion zusammen.

Die Krümelstruktur lässt sich durch die mechanische Analyse kaum ermitteln, denn bei der Berührung mit irgend einer Flüssigkeit zerbröckeln die Krümel stets mehr oder weniger vollständig, und dieser Zerfall wird in unberechenbarer Weise durch Schüttelungen und Umherschwenken beeinflusst.<sup>1</sup> Es bleibt daher nichts anderes übrig als diese Loslösung der Teilchen von einander so weit als möglich zu treiben, damit sämtliche

---

<sup>1</sup> Vgl. in dieser Hinsicht jedoch P. EHRENBERG: Intern. Mitt. f. Bodenkunde 7, 90—103 (1917).

Aggregate in Primärteilchen aufgelöst werden. Aus dieser vollständigen Zerteilung der Bodenprobe lässt sich dann durch mechanische Analyse die Textur ermitteln.

Betreffs der Wege zur Erreichung einer vollständigen Zerteilung, ohne die Primärteilchen selbst zu verkleinern oder chemisch anzugreifen, sind aber die Meinungen sehr verschieden, so dass dieser *Punkt 3* auf der letzten Sitzung der Internationalen Kommission für mechanische und physikalische Bodenuntersuchung (31. Okt. 1913) noch offen blieb.<sup>1</sup>

Es ist klar, dass neben dem rein mechanischen Anhaften der Teilchen infolge Adhäsion noch durch die Verwitterung entstandene gelatinöse Stoffe als Bindemittel fungieren, gröbere Körner werden auf der Oberfläche mit einer Kruste von Verwitterungsmineralien überzogen, Humusstoffe verkleben die Körner u. s. w. Je nach der Vorbehandlung werden nun diese Aggregate mehr oder weniger vollständig angegriffen. Wenn man aber zwecks Auflockerung der Verwitterungskomplexe zu stärkeren chemischen Mitteln, wie starker Säure oder Lauge, greifen muss, läuft man Gefahr, die allerkleinsten Mineralkörner ebenfalls mit aufzulösen. Eine sämtlichen Anforderungen genügende Vorbehandlung, welche sich für alle Bodenablagerungen verwenden lässt, dürfte kaum existieren.

Obige Auseinandersetzungen sind für sämtliche mechanischen Analysenmethoden gültig. Für die spezielle, von mir ausgearbeitete Sedimentationsanalyse ist es ausserdem wichtig, dass die Bodenaufschwemmung möglichst frei von koagulierenden Ionen ist, denn nur in diesem Falle kann man aus der Akkumulationskurve die mechanische Zusammensetzung berechnen.

Die vorliegende Arbeit verfolgt den Zweck, an der Hand der von mir ausgearbeiteten neuen Methode die Art und Einwirkung der Vorbehandlung der Tone auf die dort vorhandenen Teilchenaggregate zu studieren, da diese Methode einen weit genaueren Einblick in die mechanische Zusammensetzung einer Suspension erlaubt, als dies die älteren Methoden ermöglichten. Von Vorbehandlungsmethoden, welche sich stärkerer chemischer Agenzien bedienen, wurde einstweilen abgesehen; diese habe ich mir für eine spätere Untersuchung reserviert.<sup>2</sup>

## 2.

### Ausführung der Versuche.

Als geeignetes Untersuchungsobjekt wurde aus einer frischen Tongrube der S:t Eriks Ziegelei, Uppsala, eine grosse Platte des gebän-

<sup>1</sup> Intern. Mitt. f. Bodenkunde 4, 1—32 (1914).

<sup>2</sup> Die Arbeiten von P. EHRENBURG und J. P. VAN ZYL (1916), welche einen ähnlichen Zweck verfolgen, wurden mir erst nach Abschluss der experimentellen Arbeiten

derden Eismeertons (Yoldiaton) gewählt und zwar so, dass dieselbe eine einzige 7 cm dicke Jahresschicht ausmachte. Dieser fast ganz humusfreie Ton wurde beim Abschmelzen und Rückgang des Eises in solcher Nähe des damaligen Eisrandes abgelagert, dass noch Primärteilchen von ca.  $15\mu$  nach unten hin vorhanden sind. Sowohl oben als unten anhaftende Reste anderer Jahresablagerungen wurden entfernt, so dass die senkrecht zur Lagerungsrichtung ausgeschnittenen Teilproben in bezug auf mechanische Zusammensetzung als gleich zu betrachten sind.

Verschiedene Proben wurden nun den folgenden Vorbehandlungsmethoden unterworfen.

- P 1.* Das feuchte Tonstück mit einem steifen Pinsel allmählich in destilliertem Wasser sorgfältig zerrieben (nach BEAM-ATTERBERG).<sup>1</sup>
- P 2.* Das trockene Tonstück erst in Mörser zerkleinert, dann mit dem Pinsel nach BEAM-ATTERBERG behandelt, wobei jedoch körnigere Aggregate mit dem Pistill zerkleinert wurden.
- P 3.* = *P 1.*, aber nach Behandlung mit dem Pinsel wurde die Suspension noch vor Registrierung 3 Stunden unter Rückfluss lebhaft gekocht.
- P 4.* = *P 1.*, aber die Kochung dauerte 24 Stunden.
- P 5.* Weniger sorgfältige Zerreibung mit dem Pinsel, aber vor der Registrierung 24 Stunden auf der Schüttelmaschine kräftig durchgeschüttelt.
- P 6.* Sorgfältige Zerreibung wie bei *P 1.*, aber noch vor der Registrierung 24 Stunden auf der Schüttelmaschine kräftig durchgeschüttelt.

Bei den obigen Behandlungen *P 1*—*P 6* wurde nur reines Wasser ohne Ammoniakzusatz verwendet, bei den folgenden dagegen Ammoniakzusatz bis zu 0,01 n.

- P 7.* Weniger sorgfältige Zerreibung mit dem Pinsel, aber vor der Registrierung 24 Stunden auf der Schüttelmaschine mit Ammoniak versetzt und geschüttelt.
- P 8.* = *Normalmethode*. Sorgfältige Zerreibung wie bei *P 1.*, wobei grössere Aggregate abgeschlämmt oder abzentrifugiert werden und danach eine zweite Bearbeitung mit dem Pinsel erfahren. Sodann mit Ammoniak bis zu etwa 0,01 n versetzt und 24 Stunden auf der Maschine geschüttelt.
- P 9.* Diese Vorbehandlung wurde gewählt, um durch Kombination sämtlicher Methoden eine möglichst vollständige Zerteilung zu erhalten.

bekannt. Die teilweise verschiedenen Ergebnisse lassen sich wohl daraus erklären, dass EHRENBERG mit mehr krümeligen Lehm Böden von Äckern arbeitete, während meine sämtlichen Arbeiten sich mit geologischen Ablagerungen aus von jeglicher Kultur unberührten Probestellen befassen.

<sup>1</sup> W. BEAM, Fourth Report of the Wellecome Tropical Research Laboratories, Kharthoum, Sudan 1911, p. 37.

A. ATTERBERG, Intern. Mitt. f. Bodenkunde 2, 314 (1912).

Es wurde zuerst sorgfältig mit dem Pinsel zerrieben, sodann 12 Stunden auf der Maschine mit Ammoniak geschüttelt, danach 12 Stunden unter Rückfluss gekocht. Sowohl Schüttelung mit Ammoniak als Kochen wurde einmal wiederholt und die noch heisse Suspension zum Schluss auf der Maschine geschüttelt.

Selbstverständlich wurden vor der Registrierung sämtliche Proben auf die Temperatur des Registrierungszimmers gebracht.

### 3.

#### Besprechung der Versuchsergebnisse.

Die zahlenmässige sowie graphische Interpretierung der Ergebnisse geschieht am besten an der Hand der in den »Studien über Tone I«<sup>1</sup> (Fig. 1) besprochenen  $q$ -Funktion.

Als Abszisse wird der Äquivalenzradius  $r$  abgetragen, als Ordinate eine Funktion  $q(r)$ , welche angibt, wieviel Prozente der Probe aus Teilchen grösser als  $r$  bestehen. Es ist dies die einfachste graphische Methode, Körnerverteilungen verschiedener Proben mit einander zu vergleichen. Ist z. B. für  $r = 3 \mu$   $q(3)$  für die eine Probe gleich 24 %, für die andere gleich 21 %, so besagt dies, dass die erstere 3 % mehr an Teilchen grösser als  $3 \mu$  besitzt als die zweite u. s. w. Was die Berechnung von  $q(r)$  betrifft, so erfolgt diese am besten im Anschluss an Gleichung (8) auf S. 51 in »Studien über Tone 2«:

$$q(r) = P(t) - t \frac{dP}{dt}. \quad (8)$$

Durch Einsetzung verschiedener  $r$ -Werte ( $r = 0,5 \mu, 1 \mu, 2 \mu$  u. s. w.) in die Gleichung

$$(10 \text{ a}) \quad t = \frac{h}{Cr^2},$$

werden verschiedene  $t$ -Werte erhalten, und die entsprechenden Werte von  $P(t)$  und  $\frac{dP}{dt}$  lassen sich graphisch aus der Fallkurve bezw. Hilfskurve ermitteln, wonach nach (8) sich  $q(r)$  leicht berechnen lässt.

In der folgenden Tab. I sind nun diese Ergebnisse zahlenmässig zusammengestellt. Graphisch gestaltet sich der Vergleich am einfachsten, wenn man sämtliche Kurven auf durchsichtiges Papier aufzeichnet und beim Vergleich aufeinanderlegt. Um aber die Besprechung der Verhältnisse zu erleichtern, sind hier diese Kurven auf den Tafeln VII—IX,

<sup>1</sup> Bull. of the Geol. Inst. XV, 15—64 (1916).

Fig. 2—7 in verschiedener Weise zusammengestellt, da sämtliche Kurven auf einem Blatte eine für die Besprechung allzu verwickelte Figur ergeben würden.

Tab. I.

$r$	Wert von $q(r)$ bei Vorbehandlungsmethode								
	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P_6$	$P_7$	$P_8$	$P_9$
0,6 $\mu$	53,5	56,0	—	—	—	—	51,2	—	—
0,7 $\mu$	—	50,0	—	86,5	—	61,0	49,5	—	54,0
0,8 $\mu$	48,0	47,8	74,2	83,7	55,0	55,0	47,6	—	50,4
0,9 $\mu$	—	45,8	67,0	—	—	—	—	43,7	—
1,0 $\mu$	41,6	44,0	60,7	71,9	54,0	43,7	43,2	40,9	45,0
1,1 $\mu$	—	—	—	65,0	53,6	—	—	37,0	42,0
1,2 $\mu$	39,2	41,3	50,1	58,2	51,9	—	—	—	—
1,3 $\mu$	37,7	40,3	46,5	52,4	50,0	38,0	37,5	34,5	37,8
1,4 $\mu$	—	—	—	47,3	—	—	—	—	—
1,5 $\mu$	35,1	37,6	40,6	42,5	45,6	34,1	34,7	31,6	34,2
1,6 $\mu$	—	—	—	38,6	—	33,4	—	—	—
1,7 $\mu$	32,3	35,1	36,5	35,8	42,7	—	32,2	29,3	31,4
1,8 $\mu$	—	—	—	—	—	30,7	—	—	—
2,0 $\mu$	27,9	32,9	30,7	29,4	39,0	28,8	28,6	25,6	27,5
2,3 $\mu$	—	29,0	—	25,6	—	26,0	26,1	—	24,8
2,5 $\mu$	23,3	27,0	25,1	23,5	33,8	—	24,3	21,0	23,2
2,7 $\mu$	—	—	—	—	—	—	—	19,4	21,6
3,0 $\mu$	19,9	23,6	21,3	19,6	30,0	21,1	20,5	17,8	19,2
3,5 $\mu$	—	21,0	18,5	17,0	—	18,5	17,9	—	16,7
4,0 $\mu$	15,7	18,8	16,1	15,1	24,6	16,4	15,4	14,0	14,5
5,0 $\mu$	12,4	15,3	12,8	11,7	21,2	13,4	11,4	10,8	10,4
7,0 $\mu$	9,1	10,4	9,4	7,4	15,6	8,2	7,1	6,6	6,5
8,0 $\mu$	8,0	8,6	6,9	—	13,2	7,3	5,8	—	—
10,0 $\mu$	6,0	5,0	4,5	3,8	8,0	4,8	4,0	3,3	3,0
12,0 $\mu$	—	—	2,8	2,0	—	—	—	1,9	1,7
13,0 $\mu$	—	—	—	1,3	—	2,4	—	—	1,0
15,0 $\mu$	2,0	2,0	0,8	0,4	2,0	0,7	0,6	0,6	0
17,0 $\mu$	1,1	—	0	—	0,5	0	0	0	—
20,0 $\mu$	—	0,5	—	—	—	—	—	—	—

Zuerst einige Worte über die in jeder Figur wiederkehrende rote Kurve. Dieselbe wurde folgendermassen erhalten. Verbindet man die niedrigsten Punkte sämtlicher Kurven mit einander, so muss man augen-

scheinlich zu einer Kurve der *vollständigen* oder wenigstens maximalen durch sämtliche Methoden erreichbaren Zerteilung gelangen.

Denn irgend eine höher gelegene Kurve muss ja gemäss der Definition der  $q$ -Funktion eine prozentual grössere Menge an gröberen Teilchen enthalten, und je mehr sich eine Kurve der zum Vergleich auf jeder Figur eingezeichneten roten »Kurve der vollständigen Zerteilung« nähert, umso mehr entspricht sie den gestellten Anforderungen an eine gute Vorbehandlungsmethode.

\*

\*

\*

Wir wollen nun an der Hand der Tab. 1 sowie der Figuren (Pl. VII—IX) die Ergebnisse der verschiedenen Vorbehandlungen etwas näher besprechen.

Zunächst geht aus einem Vergleich der Methoden  $P_1$  und  $P_2$  mit der Kurve der vollständigen Zerteilung (Fig. 2) hervor, dass durch die *Be-arbeitung mit dem Pinsel* immerhin eine recht gute Zerteilung erreicht wird. Besonders wenn das ganze Tonstück allmählich mit dem Pinsel in Wasser aufgerieben wird, werden Teilchen kleiner als  $8 \mu$  ziemlich vollständig zerlegt. Die Differenz von 2—3 % zwischen  $P_1$  und der roten Kurve setzt sofort ein und rührt daher, dass etwa 2 % grössere Aggregate ( $10$ — $20 \mu$ ) nicht durch den Pinsel zerdrückt werden können. Ein Vergleich zwischen  $P_1$  und  $P_2$  ergibt, dass zwar die Behandlung mit dem Pistill jene Aggregate etwas verkleinert und  $P_2$  daher zwischen  $8,5$ — $15 \mu$  unter  $P_1$  verläuft, die kleineren Teilchen werden aber weit weniger vollständig zerteilt, wenn man nach  $P_2$  verfährt.

*Einfluss des Schüttelns* (Fig. 3). Durch längeres Schütteln werden die gröberen Aggregate zwischen  $15$  und  $20 \mu$  besser zerteilt, wie ein Vergleich zwischen  $P_1$  und  $P_6$  lehrt. Von  $6 \mu$  ab folgen die Kurven einander ziemlich eng. Die Abweichung von der roten Kurve ist nicht besonders gross (etwa 2 %) und setzt frühzeitig ein, was besagt, dass noch einige wenige Aggregate von etwa  $10 \mu$  wahrscheinlich mit Humus als Bindesubstanz trotz der Schüttelung nicht zerteilt werden. Die Kurve  $P_5$  wurde mitgenommen, um zu zeigen, dass, wenn die Zerbürstung mit dem Pinsel mangelhaft war, die 24-stündige Schüttelung allein auch nicht im entferntesten imstande ist, die Zerteilung herbeizuführen. Es sind hier besonders die kleineren Aggregate zwischen  $2$ — $10 \mu$ , welche gegen das Schütteln sehr widerstandsfähig sind.

Erst wenn der Suspension *Ammoniak zugefügt wird*, erfolgt die vollständige Auflockerung dieser Aggregate, wie aus dem Vergleich zwischen  $P_5$  und  $P_7$  (Fig. 4), wo bei unvollständiger Zerbürstung in beiden Fällen bei  $P_7$  jedoch  $\text{NH}_3$  vor dem Schütteln zugesetzt war. Dass eine sorgfältige Zerbürstung indessen auch hier von Vorteil ist, ergibt ein Vergleich zwischen  $P_7$  und  $P_8$ . Die Differenz ist bei  $10 \mu$  ca. 1 % und wächst bei  $2 \mu$  bis auf 3 %, erstreckt sich somit auf fast sämtliche Körnergrössen.

Ferner bestätigt der Vergleich zwischen  $P_1$ ,  $P_5$  und  $P_7$  (Fig. 5), dass die Zerbürstung wesentlich zur Loslösung der feinsten Teilchen beiträgt, da ja sowohl die sorgfältig mit dem Pinsel bearbeitete  $P_1$  als auch die schlecht bearbeitete, aber mit Ammoniak geschüttelte  $P_7$  von etwa  $3 \mu$  ab zusammenfallen.

Ziemlich unerwartet fielen die *Vorbehandlungen durch Kochen* der Suspension aus (Fig. 6). Es tritt zwar ähnlich wie beim Schütteln eine Zerteilung der größeren Aggregate ( $> 10 \mu$ ) auf, aber gleichzeitig ballen sich die aller kleinsten ( $< 1 \mu$  und noch kleinere) zu Aggregaten von grösserem Äquivalentradius ( $1-2 \mu$ ) zusammen, oder kolloidchemisch gesprochen: gleichzeitig mit der Dispergierung im Gebiet  $10-20 \mu$  tritt eine Dispersitätsverminderung der kleinsten Teilchen auf, wobei Sekundärteilchen von  $1-2 \mu$  entstehen.<sup>1</sup> Noch markanter zeigt sich dies, wenn man die Verteilungskurven berechnet (Tab. 2 u. 3.). Die Kurve B gibt hier annähernd

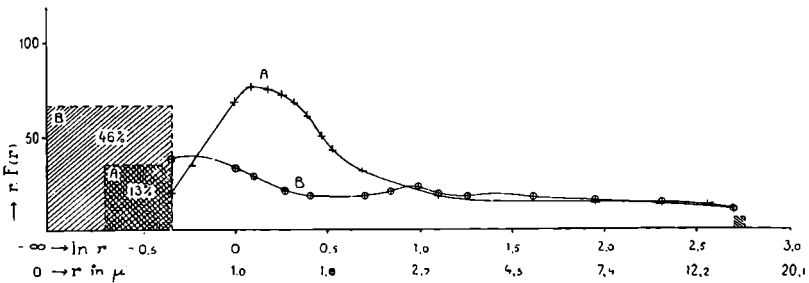


Fig. 1.

die maximale Verteilung wieder (Präparationsmethode 9), während A die Verteilung nach 24-stündigem Kochen veranschaulicht. Wie man sieht, ist der Rest von Teilchen kleiner als  $0,7 \mu$  durch das Kochen von 46 % auf 13 % gesunken, während ein scharf ausgeprägtes Maximum zwischen  $0,7$  und  $1,7 \mu$  liegt. (Fig. 1).

Über die Ursache dieses eigentümlichen Zusammenballens beim Kochen, welches nicht vom gleichen Charakter wie die Salzkooagulation ist, lässt sich zur Zeit nichts Bestimmtes sagen. Ähnliche Verhältnisse treten beim Behandeln der Tone mit starken Säuren auf. Nach Auswaschung der Säure tritt neben der starken totalen Auflösung der aller kleinsten Körner und partiellen Auflösung der grössten auch hier ein deutliches Zusammenballen ein.<sup>2</sup> Man könnte versuchsweise zur Erklärung daran denken, dass infolge der Zersetzung der Silikate entstandene gelatinöse Hydrate sowie Kieselsäure als Bindemittel zwischen den kleinsten Teilchen fungieren und die Aggregation bewirken. Bei Siedetemperatur

<sup>1</sup> Ähnliche Beobachtungen sind schon früher von E. LAUFER: Landw. Versuchst 18, 61 (1875) C. BARUS: Bull. of the United States Geol. Survey 5, 524 (1887) u. a. gemacht worden. Vgl. EHRENBURG: Bodenkolloide.

<sup>2</sup> Vgl. des näheren: »Studien über Tone 4».

ist die hydrolysierende Wirkung des Wassers sehr gesteigert, und es dürfte nicht ganz ausgeschlossen sein, dass dieser Erklärungsgrund bei den allerdings verschiedenen Einwirkungen herangezogen werden könnte.

Wird nach dem Kochen wiederum mit Ammoniak geschüttelt, so zerteilen sich die Aggregate wieder grösstenteils. Es geht dies aus der

Tab. 2.

P 4	
$r$ in $\mu$	$r \cdot F(r)$
15	9,4
13	12,8
10	13,9
7	14,8
5	15,3
4	15,1
3	18,9
2	32,4
1,7	43,9
1,6	52,1
1,5	62,9
1,4	68,9
1,3	73,3
1,2	75,7
1,1	77,8
1,0	68,7
0,8	35,0
0,7	21,9

Teilchen kleiner als 0,7  $\mu$  13 %  
 Teilchen grösser als 15,0  $\mu$  0,4 %.

Tab. 3.

P 9	
$r$ i $\mu$	$r \cdot F(r)$
15	10,5
13	11,3
10	13,6
7	15,7
5	17,9
4	19,5
3,5	17,6
3,0	19,8
2,7	23,8
2,5	22,3
2,3	20,7
2,0	18,5
1,5	18,4
1,3	21,4
1,1	29,3
1,0	33,9
0,8	40,0
0,7	38,6

Teilchen kleiner als 0,7  $\mu$  46 %  
 Keine Teilchen grösser als 15  $\mu$ .

Präparationsmethode 9 (Fig. 7) hervor, wo nach dem Kochen noch mit Ammoniak geschüttelt wurde. Die beiden Kurven P 8 und P 9 folgen einander recht eng. Es lässt sich aber auf eine etwas vollständigere Zerteilung schliessen, wenn das Kochen weggelassen wird.

#### 4.

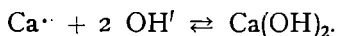
#### Die Normalmethode.

Nach dem genannten Versuche ergeben sich als vorteilhafteste Normalmethode zur Vorbehandlung einer Tonprobe für mechanische Analyse



folgende Vorschriften: Das Tonstück ist am besten nicht im Mörser zu zerkleinern, sondern als ganzes Stück unter allmählichem Zusatz von ammoniakhaltigem Wasser sorgfältig auf der Fläche mit einem steifen Pinsel zu bearbeiten und dadurch zu zerreiben. Hierdurch werden vor allem *die kleinsten Teilchen* am vollständigsten losgelöst. Größere Teilchen werden dann abgeschlämmt oder besser abzentrifugiert und dieser Brei nochmals mit dem Pinsel bearbeitet, ehe mit Ammoniak auf der Maschine geschüttelt wird. Durch dieses Schütteln mit Ammoniak werden vor allem die größeren Aggregate (Sekundärteilchen) aufgelöst. Das Schütteln an und für sich ist hier weniger von Bedeutung, sondern bezweckt nur eine gute Durchmischung der Suspension. Das Wesentlichste ist die Einwirkung des Ammoniaks, welches in dreierlei Hinsicht wirksam ist, nämlich durch

- 1) Verstärkung der negativen Ladung der Tonteilchen, wodurch die Teilchen auf einander repellierend wirken und Koagulation verhindert wird.
- 2) Auflösung solcher Aggregate, worin Humussäuren als Bindemittel zwischen den Teilchen fungieren. Die Humussäuren werden von der Base als Ammoniumhumate aufgelöst.
- 3) Die Zunahme der Alkalität des Dispersionsmittels, wodurch gemäss dem Massenwirkungsgesetz die Dissoziation der Kalziumionen zurückgedrängt und Koagulation durch Kalziumkationen verhindert wird:



Was die Stärke des zugesetzten Ammoniaks betrifft, so setzt man im allgemeinen so viel zu, dass ein schwacher Geruch nach Ammoniak bemerkbar ist, etwa 0,004—0,01 n; humushaltige oder stark kalkhaltige Tone brauchen mehr. Es zeigen sich übrigens keine Nachteile, auch wenn der Ammoniakzusatz noch stärker, bis 0,1 n, ist, denn die Koagulation durch Ammoniak tritt erst bei sehr hoher Konzentration (2—3 normal) ein.

Besonders bei sehr kalkreichen Tönen ist die Verwendung von Ammoniak unerlässlich, weil sonst die Suspension durch  $\text{Ca}^{++}$ -Ionen im Fallzylinder ausgeflockt wird. Eine solche Koagulation kann bisweilen auch bei sehr salzreichen Tönen (mit Gehalt von  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$  und  $\text{MgCl}_2$ ) eintreffen.

Man muss dann die Registrierung entweder mit einer kleineren Tonprobe und entsprechend verdünnter Suspension ausführen oder die vorhandenen Elektrolyten *durch Dialyse* entfernen. Zweckmässig verfährt man folgendermassen. Die Tonprobe wird mit verdünnter Salzsäure oder, wenn man Karbonatteilchen beibehalten will, mit Salmiaklösung zu einem dicken Brei verrührt, welcher entweder in einen Sterndialysator<sup>1</sup> oder irgend einen anderen Dialysator gebracht wird, wonach man so lange dialysiert, bis im Dialysewasser keine Spur von Chlorionen mehr vorhanden ist.

<sup>1</sup> R. ZSIGMONDY und R. HEYER: Zeitschr. anorg. Chem. 68, 169 (1910).

Dass, wie manche Forscher behaupten,<sup>1</sup> durch Ammoniakzusatz falsche Werte entstehen sollten, hat seine Ursache darin, dass durch Ammoniak der sog. Krustenüberzug der verwitterten Bodenpartikeln, wie es besonders bei manchen ariden Böden der Fall ist,<sup>2</sup> in kleine Einzelteilchen aufgelöst wird. Will man bei der Analyse diese Krusten beibehalten, so muss natürlich Ammoniak weggelassen werden, aber man bleibt dann immer im ungewissen, welche Sekundärteilchen (Mineralkorn + Kruste, Humusaggregate, einfache Krümel) dispergiert und welche ganz oder teilweise unangegriffen bleiben.

Uppsala, Chemisches Universitätslaboratorium, Oktober 1918.

---

<sup>1</sup> So z. B. D. J. HISSINK: Intern. Mitt. f. Bodenkunde 4, 12 (1914).

<sup>2</sup> Vgl. z. B. E. RAMANN: Bodenbildung (1918), S. 45.

*Gedruckt 5/2 1919.*



