

Aufsätze.

DIE METHODE DER MECHANISCHEN BODENANALYSE.

Von Dr. D. J. HISSINK.

Vor einigen Jahren empfing ich von einem Kollegen aus X einige Bodenproben mit den Resultaten der mechanischen Bodenanalyse. Tabelle I zeigt die Resultate der in X und Groningen ausgeführten Untersuchungen von 3 humusfreien Bodenproben.

TABELLE I.

Bodenprobe Nr.	Fraktion	II20		II21		II22	
		X	Gr.	X	Gr.	X	Gr.
Gehalt in % an	I	33,6	61,7	47,4	70,3	2,7	1,3
	II	42,6	22,2	31,4	15,1	9,1	5,8
	III	20,3	10,1	17,5	10,3	32,9	12,5
	IV	3,2	0,2	3,8	4,0	55,3	80,4
	CaCO ₃		5,8		0,3		0,0

Ich bin davon überzeugt, dass bei derartigen vergleichenden Untersuchungen zwischen verschiedenen Laboratorien Resultate, wie die der Tabelle I, die Regel sein werden.

Die grossen Unterschiede rühren hauptsächlich von der Art und Weise der Vorbereitung her. In erster Linie ist es also notwendig, eine Vereinbarung für die Vorbereitungsweise der Bodenprobe bei der mechanischen Analyse zu treffen. Der Hauptzweck dieser Arbeit ist die Beschreibung und Begründung derjenigen Vor-

bereitungsweise, die nach vielen Untersuchungen in meinem Laboratorium unter Mitarbeit von A. DEKKER, M. DEKKER und H. OSTERVELD endlich angenommen wurde.

Der zweite Teil der mechanischen Bodenanalyse, also die Trennung der Bodenteilchen nach der Vorbereitung der Bodenprobe, wurde bei diesen Untersuchungen immer in den ATTERBERG'schen Schlämmzylindern ausgeführt und die Proben in die vier ATTERBERG'schen Fraktionen zerlegt.

Am Schluss erlaube ich mir unter B. einige Bemerkungen über die neuen Sedimentationsmethoden (WIEGNER, ODEN, ROBINSON, KRAUS) zu machen.

A. ABSCHLÄMMVERFAHREN NACH ATTERBERG.

In der ersten Sitzung der Kommission für die mechanische und physikalische Bodenuntersuchung in Berlin am 31. Oktober 1913 habe ich auf den grossen Einfluss hingewiesen, den die Vorbereitung der Bodenprobe auf die Ergebnisse der mechanischen Bodenanalyse ausübt. Ich hatte damals eine Schüttelmethode mit nachfolgendem Abschlämmen der Fraktion I mit verdünntem Ammoniak und der Fraktionen II, III und IV mit Wasser (1) vorgeschlagen. Diese Fraktionen sind die vier ATTERBERG'schen Fraktionen; das Abschlämmen erfolgt nach den Vorschriften von ATTERBERG in den ATTERBERG'schen Schlämmzylindern (2). Diese Art und Weise des Abschlämmens, wie auch die Einteilung der Bodenteilchen nach ATTERBERG in vier Fraktionen (2 - 20 - 200 - 2000 μ), wurde bei den hier folgende Untersuchungen beibehalten.

Sobald der Boden CaCO_3 oder Humus oder beides enthält, stösst man bei der Anwendung der Schüttelmethode auf Schwierigkeiten dreierlei Art:

a) Beim Schütteln verteilen sich CaCO_3 und Humus über die verschiedenen Fraktionen. Zur Bestimmung des Gehaltes an mineralischen Teilchen von verschiedener Grösse müssen also CaCO_3 und Humus in jeder Fraktion einzeln bestimmt und abgezogen werden. Es sei hier bemerkt, dass die Humusbestimmung mittels Glühen der Fraktionen fehlerhaft ist, weil die Fraktionen I und II noch erhebliche Mengen fest gebundenen Wassers, in den Verwitterungssilikaten enthalten.

b) CaCO_3 und Humus kitten die mineralischen Bodenteilchen zusammen und diese festen Gefüge lassen sich durch Schütteln nicht

vollständig trennen, wie denn auch das verdünnte Ammoniak beim Abschlämmen der Fraktion I nicht imstande ist, die gesamte organische Substanz in Lösung zu bringen. Die Anwesenheit dieser zusammenkittenden Bestandteile (CaCO_3 und Humus) macht sich auch dadurch bemerkbar, dass das Abschlämmen, vor allem der Fraktion I und auch der Fraktion II sehr lange dauert.

c) Es ist nicht unmöglich, dass die noch anwesenden CaCO_3 -resp. Humusmengen die Ausflockung der mineralischen Bodenteilchen beeinflussen. Beim Abschlämmen nach ATTERBERG wird dieser Einfluss praktisch gering sein; bei den Verfahren nach ODEN, WIEGNER, KRAUS und ROBINSON müssen auch kleine Mengen CaCO_3 und organische Substanz die Ergebnisse nicht unerheblich ändern.

Ich habe nun versucht, diese Schwierigkeiten zu beseitigen, indem ich an Stelle der Schüttelmethode die englische Methode (3), also Vorbehandlung mit HCl und Abschlämmen mit NH_4OH setzte. Nach dieser englischen Methode wird die Bodenprobe mit HCl verrieben. Da dieses Vermengen ziemlich viel Arbeit erfordert und auch eine Fehlerquelle subjektiver Art bedeutet, habe ich vorgeschlagen, die Bodenprobe mit kalter HCl zu rotieren, und zwar mit 100 ccm 0,2 n mehr, als zur Lösung des Kalkkarbonats erforderlich ist (4).

Schon im Jahre 1921 (4) habe ich bemerkt, dass die Fraktionen II und III bei humusreichen Böden noch immer Humus enthalten. Später hat es sich gezeigt, dass auch die Behandlung mit kalter HCl (verdünnt) nicht genügt, um alle Karbonate in Lösung zu bringen, was folgende Zahlen beweisen:

TABELLE II.

Nr.	CaCO_3 gesamt	CaCO_3 in den Fraktionen			
		I	II	III	IV
B 1459	9,26%	6,84	2,41	0,01	0,00
Bb 17	12,57%	10,47	1,68	0,42	0,00
Bb 29	11,12%	8,50	2,30	0,32	0,00
Bb 74	4,06%	1,74	2,09	0,23	0,00

Um nun diese Schwierigkeiten zu beseitigen, verfährt man folgendermassen:

Die organische Substanz wird durch Kochen mit H_2O_2 nach ROBINSON (5) entfernt, während die Karbonate durch Kochen mit einem klein-

en Ueberschuss verdünnter HCl (100 ccm 0,2 n HCl Ueberschuss) in Lösung gebracht werden.

Auf der Konferenz in Rom (Mai 1924) sind sowohl bei der offiziellen Behandlung dieses Themas, als auch in persönlichen Unterredungen Bedenken gegen diese Vorbehandlung geäußert worden. Vor allem wurde vor der Anwendung von Säuren und insbesondere von kochenden Säuren gewarnt. Aus diesem Grunde möchte ich die Frage der Vorbehandlung der Bodenprobe mit kochender HCl hier etwas ausführlicher behandeln.

DIE BEHANDLUNG DER BODENPROBE MIT SALZSÄURE.

Es sei mir erlaubt, den Gegnern der HCl-Behandlung folgende fünf Bemerkungen zu machen:

1) *Vergleich der HCl-Behandlung mit der Schüttelmethode bei CaCO₃- und humusfreien Tonböden.* — Von allen Wissenschaftlern, auch von denjenigen, welche den Boden in möglichst unveränderter Form anwenden wollen, werden die Bodenproben vor dem Abschlämmen etwas präpariert (Zerdrücken und Zerreiben mit Gummireiber, mit Bürsten oder mit dem Finger, unter Zusatz von ein wenig Wasser; leichtes Kochen mit Wasser u.s.w.). An allen diesen Methoden haftet jedoch ein ziemlich grosser subjektiver Fehler; je stärker die Bodenprobe zerrieben und je länger sie mit Wasser gerührt oder gekocht wird, umso höher wird der Gehalt an kleinen Teilchen (Fraktion I, resp. Fraktion I-II). Die Schüttelmethode (1) war in dieser Hinsicht schon ein grosser Fortschritt und verschiedene Gegner der HCl-Behandlung haben sich denn auch mit dieser Vorbereitungsweise befreundet. Diese Gegner möchte ich auf die Ergebnisse der Untersuchung einer Bodenprobe 1458 hinweisen, welche völlig frei von CaCO₃ und organischer Substanz war, deren einzelne Bodenteilchen also nicht von kohlensaurem Kalk und Humus, sondern nur von Gelen von Al₂O₃-SiO₂-Fe₂O₃ zusammengekittet waren.

TABELLE III.

Methode der Vorbereitung	Gehalt in % an Fraktionen			
	I	II	III	IV
a) Schüttelmethode (1)	53,8	28,2	17,8	0,2
b) modifizierte englische Methode (4)	54,0	28,7	16,9	0,4
c) wie b) aber Kochen mit HCl	54,9	28,0	16,8	0,3
d) Kochen mit H ₂ O, Abschlämmen mit H ₂ O	27,5	37,9	34,4	0,2

Das Abschlämmen von Fraktion I fand bei a) sofort nach dem Abschütteln mit Ammoniak statt: bei b) und c) auch mit Ammoniak, nach dem aber erst die HCl und die in Lösung gegangenen Salze durch Abschlämmen mit Wasser entfernt worden waren (6). Die Unterschiede zwischen a), b) und c) sind sehr gering. Dies tritt noch deutlicher hervor, wenn man a), b) und c) mit Methode d) vergleicht. Und wie schon bemerkt, werden die Resultate nach der Vorbereitung d) ausserdem noch in hohem Masse von der Kochdauer beeinflusst.

2) Die "sandige" Beschaffenheit der Sandfraktionen. — Es ist natürlich eine schwierige Sache, zu entscheiden, welche der Methoden a), b), c) oder d) die richtige mechanische Zusammensetzung der Bodenprobe 1458 wiedergibt. Die blosse Tatsache, dass Methode c) den höchsten Gehalt an Fraktion I gibt, ist noch kein Beweis für ihre Richtigkeit. Vielleicht können folgende Ueberlegungen uns bei der Beurteilung der verschiedenen Arten der Vorbereitung von Nutzen sein: Die Fraktionen III und IV werden die Sandfraktionen genannt und man darf also verlangen, dass nach dem Abschlämmen der Fraktionen I und II eine wirklich sandige Masse hinterbleibt. Dies ist nun bei den Methoden a), b) und c) auch der Fall. Die Fraktion III und IV nach d), also $34,4 + 0,2 = 34,6\%$ bildete aber nach dem Eintrocknen auf dem Wasserbade eine ziemlich kompakte, man könnte sagen eine "tonige" Masse, die sich auch beim Reiben zwischen den Fingern nicht sandig anfühlte. Die Trennung zwischen "tonigen" und "sandigen" Teilchen war also nach d) nicht erreicht.

Ich habe weiter noch versucht, ob das Verhalten der Fraktionen gegen verschiedene Farbstoffe vielleicht imstande sei, hier Auskunft zu geben. Während nun die bei den Methoden a), b) und c) erhaltenen Teilchen der Fraktion III nur wenig Farbstoff (Methylviolett) festlegten, war dies in hohem Masse bei den Teilchen der Fraktion III nach Methode d) der Fall. Ich möchte den Kollegen empfehlen, weitere Versuche in dieser Richtung anzustellen. Man muss aber bedenken, dass es sich hier um eine Art adsorptiver Bindung handelt, sodass die Konzentration und die angewandte Menge der Methylviolett-Lösung von Einfluss ist (7).

3) Untersuchung der frischen Bodenprobe. — Auch folgende Untersuchung ist dazu geeignet, das Vorurteil gegen die Behandlung mit HCl zu entkräften. Im Februar 1921, nach einem sehr nassen Winter, wurde ein junger Polderboden (Finsterwolderpolder, Prov. Groningen, eingedeicht 1819) untersucht. Der Boden war ganz nass und enthielt nahezu 27 % Wasser (getrocknet bei 105° C).

Im Vergleich mit anderen Bodenproben aus der Umgebung muss das Volumengewicht (Gewicht von 100 ccm Boden in natürlicher Lage an Trockensubstanz) und das spez. Gewicht ungefähr 1,25 resp. 2,5 betragen. Das Porenvolumen ist also ungefähr 50, und wenn alle Poren mit H_2O gefüllt sind, würde der Wassergehalt ungefähr 28 % sein. Die eine Hälfte der Probe wurde im nassen Zustande, die andere als lufttrockner Feinboden (Teilchengrösse 2 mm) untersucht. Die Vorbereitung der beiden Proben war folgende:

a) Mit H_2O in einem Mörser anrühren, absitzen lassen, abgiessen in eine Literflasche (8), den Rest aufs neue im Mörser mit Wasser anrühren und abgiessen, dasselbe einige Male wiederholen und schliesslich die ganze Bodenprobe in die Literflasche spülen. Die Literflasche wird während 2 Tagen ungefähr 2 mal zwei Stunden täglich in einer Rotiermaschine ganz langsam rotiert, der Inhalt in einen ATTERBERG'schen Schlammzylinder gespült und Fraktion I nur mit Wasser abgehebert. Die Fraktionen II, III und IV werden wie gewöhnlich mit Wasser abgehebert. In den verschiedenen Fraktionen wird der Gehalt an $CaCO_3$ bestimmt und abgezogen. Die Fraktionen sind bei 105 C getrocknet und nicht geglüht;

b) nach der von mir modifizierten Methode (4) mit 100 ccm Ueberschuss kalter 0,2 n HCl geschüttelt und erst mit Wasser und dann mit Ammoniak Fraktion I abgeschlämmt. Die Fraktionen II, III und IV werden mit Wasser abgeschlämmt, bei 105 C getrocknet und nicht geglüht.

Schliesslich wurde noch die lufttrockene Bodenprobe nach der neuen Methode, also Kochen mit H_2O_2 und 100 ccm Ueberschuss 0,2 n HCl und weiter wie unter b) behandelt.

Es sei noch bemerkt, dass nur die Fraktionen II, III und IV gewogen wurden; I wurde aus der Differenz bestimmt. Ebenso wurde $CaCO_3$ nur in den Fraktionen II, III und IV bestimmt und in I aus der Differenz berechnet. Die Resultate beziehen sich auf Trockensubstanz (siehe Tabelle IV).

Später hat sich herausgestellt (siehe unten), dass sich bei Behandlung mit kalter HCl (Methode b) nicht aller kohlen-saure Kalk löst. Die Zahlen von Fraktion II (vielleicht auch noch von Fraktion III) sind also bei den Methoden b) möglicherweise etwas zu hoch; die zugehörigen Zahlen von Fraktion I (44,1 % und 45,5 % dementsprechend etwas zu niedrig.

Aus den Ergebnissen geht hervor, dass die Behandlung der nassen Bodenprobe nur mit Wasser (Methode Nr. 1)

TABELLE IV.

Bodenprobe Nr. 851	Methode	Humus	CaCO ₃	Gehalt an Fraktionen			
				I	II	III	IV
1 } in nassen Zustand	a.	über die	8,8	42,2	31,8	16,9	0,3
	b.		8,8	44,1	30,1	16,5	0,5
3 } lufttrockene Feinerde	a.	Frak- tionen	8,8	25,5	36,7	28,6	0,4
	b.		8,8	45,5	30,4	15,0	0,3
4 } lufttrocken.	H ₂ O ₂ HCl (Kochen)	2,6	8,8	48,3	25,0	14,8	0,5
			3,0	0,5	53,4	20,7	14,2

ungefähr dieselben Resultate gibt wie die Behandlung mit HCl (Methode Nr. 2 und 4). Auch die Unterschiede zwischen den Ergebnissen nach b (Methoden 2 und 4) und nach der neuen Methode (H₂O₂ HCl-Kochen), also Methode Nr. 5, sind nicht gross. Ganz erheblich sind jedoch die Unterschiede zwischen lufttrocken a (Methode Nr. 3) einerseits und den anderen vier Methoden andererseits. Es steht unbedingt fest, dass die Ergebnisse der Methode Nr. 3, nämlich Anreiben der lufttrockenen Bodenprobe mit H₂O im Mörser und Rotieren mit Wasser die mechanische Zusammensetzung dieses Bodens falsch wiedergeben. Demgegenüber zeigt sich, dass die Behandlung der Bodenprobe mit kalter HCl (Nr. 2 und 4) Methoden b) und sogar mit H₂O₂ (nach ROBINSON) und kochender HCl (Methode Nr. 5) Zahlen gibt, die jedenfalls nicht viel von den Zahlen der Methode Nr. 1 (Behandlung und Abschlämmen der nassen Bodenprobe nur mit Wasser) abweichen.

4) *Das Kochen mit HCl.* — Nach der neuen Methode wird mit HCl gekocht und zwar nach der H₂O₂-Behandlung (nach ROBINSON) mit 100 ccm 0,2 n HCl Ueberschuss; also z.B. 10 gr Boden mit 7,5 % CaCO₃ werden mit 175 ccm 0,2 n HCl und 25 ccm H₂O während 15 Minuten gekocht. Diese Abänderung der Methode ist begründet dadurch, dass der kohlensaure Kalk sich bei der Behandlung in der Kälte mit verdünnter HCl nicht völlig löst. Man hat nun die Bemerkung gemacht, dass die kochende Salzsäure nicht unerhebliche Mengen von der Tonsubstanz in Lösung bringt. Ich habe schon früher bemerkt, dass auch die kalte Salzsäure Tonsubstanz löst (4), und es ist nun weiter die Frage, ob in dieser Hinsicht grosse Unterschiede zwischen den von kalter und kochender verdünnter Salzsäure gelösten Mengen bestehen. Tabelle V zeigt die

Ergebnisse eigener Untersuchungen von einigen Bodenproben. Natürlich gehen ausser $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ (Summe S) auch Basen (CaO , MgO , K_2O und Na_2O) in Lösung, und zwar am meisten Kalk.

TABELLE V.

Bodenprobe Nr.	Gelöst in % auf Trockensubstanz			Summe (S)	Fraktion I + II in % auf Trockensubstanz	Summe S in % auf I + II
	In kalter oder in kochender HCl	SiO_2	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$			
795	kalt	0,8	2,06	2,86	67,1	4,3
	kochend . . .	1,11	2,60	3,71		5,5
509	kalt	n. b.	n. b.	n. b.	40,2	n. b.
	kochend . . .	0,77	1,20	1,97		4,9
1898	kalt	0,42	1,24	1,66	76,3	2,2
	kochend . . .	0,67	1,46	2,13		2,8
1900	kalt	0,33	1,23	1,56	74,5	2,1
	kochend . . .	0,64	1,53	2,17		2,9
1432	kochend . . .	0,80	2,63	3,43	44,2	7,7
1433	kochend . . .	0,68	2,52	3,20	43,4	7,4
1440	kochend . . .	0,64	2,77	3,41	53,3	6,4

Die kochende Salzsäure bringt allerdings mehr $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ in Lösung als die kalte Salzsäure. Die Unterschiede sind aber nicht gross, und jedenfalls besteht kein Grund zu der Ansicht, dass die in kalter HCl in Lösung gegangenen Mengen im Vergleich mit den beim Kochen sich lösenden Mengen zu vernachlässigen sind. Wer also keine Bedenken gegen die Behandlung mit kalter HCl hat, kann sich meiner Ansicht nach auch der Behandlung mit kochender HCl zuwenden.

In Tabelle V ist auch der Gehalt an Fraktion I + II und die Summe S ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) in % auf I + II aufgenommen (letzte Spalte). Vor allem werden von den drei letzten Bodenproben ziemlich grosse Mengen in % auf Fraktion I + II in kochender HCl gelöst. Dies sind drei Flusstonböden von lehmigem Charakter. Man hatte also eine kleinere Summe an $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ erwartet. Nun ist bei diesen drei Proben das Verhältnis $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ zu SiO_2 grösser als bei den anderen Proben. Vielleicht handelt es sich hier um Böden mit einem hohen Gehalt an leichtlöslichem Fe_2O_3 .

Es ist nun weiter die Frage, ob und wie weit dem bei der HCl-Be-

handlung in Lösung gegangenen Mengen Rechnung getragen werden kann. Beim Abschlämmen der Fraktion I nach ATTERBERG werden diese Mengen entfernt. Hauptsächlich wird die Salzsäure wohl einen Teil der Fraktion I gelöst haben. Auch von der Fraktion II wird vielleicht noch ein kleiner Teil in Lösung gehen, während die Fraktionen III und IV beim Kochen während 15 Minuten mit der angewandten sehr verdünnten Salzsäure praktisch unlöslich bleiben. Da die Summe S nun überhaupt nicht gross ist, kann sie ohne Bedenken bei Fraktion I in Rechnung gestellt werden; das heisst also, dass keine Korrektur bei den Fraktionen II, III und IV angewandt zu werden braucht.

5) *Der kohlen-säure Kalk.* — Während von mir die Salzsäure hauptsächlich benutzt wird, weil dieselbe den kohlen-säuren Kalk in Lösung bringt, gibt es Kollegen, die eben deshalb vor Anwendung von Säuren warnen. Ich bin Weiterhin der Meinung, dass auch die Grösse der CaCO_3 -Partikelchen beider Beurteilung der Böden von grosser Wichtigkeit ist dass es sich empfiehlt, diese zu bestimmen. In der Literatur fand ich aber keine Angaben darüber, dass die verschiedenen Fraktionen auf ihren Gehalt an CaCO_3 untersucht worden wären.

In Rom (Mai 1924) habe ich schon erläutert, dass es sich bei CaCO_3 haltigen Böden empfehlen würde, die Dimensionen der CaCO_3 -Partikelchen separat, also in einer zweiten Probe zu bestimmen. Aber auch hier ist die Frage, in welcher Weise nun die Bodenprobe zur Bestimmung der Dimensionen der CaCO_3 -Partikelchen vorbereitet werden muss. Die CaCO_3 -Bestimmung in den verschiedenen Fraktionen ist eine zeitraubende Arbeit. In der Bodenprobe Nr. 851 waren die Resultate bei den Methoden 1 und 3 (nasse und lufttrockene Bodenprobe; siehe Tabelle IV) nahezu gleich (siehe Tabelle VI). Bei diesem Boden wurden die CaCO_3 -Partikelchen also schon durch Reiben mit Wasser voneinander gelöst.

TABELLE VI.

Bodenprobe Nr. B 251	CaCO ₃ in % auf Trockensubstanz in den Fraktionen				
	I	II	III	IV	Zusammen
Nass (a)	4,5	2,0	2,1	0,2	8,8
Lufttrocken (a)	4,3	2,0	2,4	0,1	8,8

DIE BEHANDLUNG DER BODENPROBE MIT H_2O_2 .
(Nach ROBINSON).

Der Vorschlag von ROBINSON (5), die Bodenprobe zur Zerstörung des Humus mit H_2O_2 zu kochen, bedeutet einen grossen Fortschritt. Es ist hier nicht der Ort, die ganze Frage der Bedeutung der H_2O_2 -Behandlung aufzurollen, und ich verweise deshalb auf die betreffende Literatur (9). In einer späteren Arbeit kommt ROBINSON zu der Schlussfolgerung, dass das Wasserstoffsperoxyd imstande ist, die humifizierte organischen Substanzen völlig zu ersetzen oder wasserlöslich zu machen, während es die faserigen organischen Substanzen, wie Zellulose und Lignin unverändert lässt. Wenn also die makroskopischen Reste von Wurzeln u.s.w. beim Sieben entfernt werden, darf man erwarten, dass die H_2O_2 -Behandlung den Humus völlig, oder wenigstens nahezu völlig zersetzt, oder in wasserlösliche Form überführt. Wieweit dies wirklich der Fall ist, kann aus nachfolgender Untersuchung hervorgehen.

Die Vorbehandlung der Bodenprobe geschah nach der neuen Methode, also Kochen mit H_2O_2 und HCl und Abschlämmen der Fraktion I erst mit H_2O und dann mit NH_4OH und der Fraktionen II und III mit Wasser. Fraktion II, III und IV dieser Probe wurde erst bei $105^\circ C$ getrocknet und dann geglüht. Tabelle VII gibt die Resultate von Fraktion II wieder. Beim Trocknen bei $105^\circ C$ gab also Bodenprobe Nr. 824 eine Fraktion II von 16,04 % und beim Glühen von 14,17 % auf lufttrockenem Boden. Der Glühverlust war also auf 100 gr Boden 1,87 gr; das ist in % auf Fraktion II $1,87 \times 100 : 16,04 = 11,7$ % (Tabelle VII, letzte Spalte). Weiter ist in Tabelle VII noch der Gehalt an $CaCO_3$ und Humus (auf trockenem Boden) aufgenommen.

Beim Glühen der bei $105^\circ C$ getrockneten Fraktion II findet also eine Abnahme des Gehaltes an Fraktion II von 0,85 - 1,87 % auf lufttrockenem Boden statt; diese Zahlen sind nicht gross. Beim Glühen der Fraktion III und IV findet eine noch geringere Abnahme von höchstens 0,6 %, gewöhnlich aber nur von einigen Zehntel Prozenten statt. Die Abnahme der Fraktion II beim Glühen rührt offenbar nicht von dem bei der H_2O_2 -Behandlung unzersetzt gebliebenen Humus her. Denn auch die Fraktionen II der drei völlig humus- und $CaCO_3$ -freien Böden 827, 828 a und b nehmen beim Glühen ab und in Prozenten auf Fraktion II (4,3 : 7,1 ; 7,6) nicht we-

TABELLE VII.

Bodenprobe Nr.	% auf Trockensubstanz		gr Fraktion II auf 100 gr lufttrockenen Boden		gr Glühverlust auf 100 gr Boden	Glühverlust in % auf Fraktion II
	CaCO ₃	Humus	bei 150° getrocknet	geglüht		
824	11,9	3,6	16,04	14,17	1,87	11,7
463	8,7	0	8,66	7,37	1,29	14,9
465	8,7	0	8,60	7,36	1,24	14,4
849	4,8	0	16,07	14,36	1,71	10,6
1100	10,9	0	11,23	9,76	1,47	13,1
796	9,2	2,9	23,38	21,93	1,45	6,2
952	5,0	10,5	20,62	19,07	1,55	7,5
800	0	10,7	19,91	18,72	1,19	6,0
830	0	10,0	25,64	24,37	1,27	4,9
1061	0	4,0	18,47	17,52	0,95	5,1
827	0	0	19,63	18,78	0,85	4,3
828 a	0	0	24,37	22,65	1,72	7,1
828 b	0	0	23,63	21,84	1,79	7,6
569	0	8,0	29,07	27,37	1,70	5,8

niger als die anderen CaCO₃ freien Böden (z.B. 800 mit 10,7 % Humus und 6,0 % Glühverlust), auch wenn diese reich an Humus sind. Die Glühverluste der CaCO₃ haltenden Böden (in % auf Fraktion II) sind aber, mit Ausnahme von 796 und 952, höher, auch wenn der Boden humusfrei ist. Dies würde darauf hinweisen, dass die Fraktion II, auch beim Kochen mit verdünnter HCl, noch immer etwas Karbonat enthalten kann. Ob dies wirklich der Fall ist, wurde bis jetzt nicht näher untersucht.

In Prozenten auf Fraktion II (letzte Spalte) zeigen die 7 CaCO₃-freien Böden im Mittel 6 % Glühverlust, und weil dieser weder vom Humus noch vom CaCO₃ herrührt, enthält Fraktion II also im Mittel 6 % festgebundenes Wasser (minimal 4,3 % und maximal 7,6 %). Die Unterschiede rühren vielleicht von der Zusammensetzung der Fraktion II her (mehr oder weniger Verwitterungssilikat).

Wir kommen also zu des Schlussfolgerung, dass die H₂O₂-Behandlung nach ROBINSON, nachfolgendes Kochen mit HCl und Abschlämmen der Fraktion I mit NH₄OH den Humus völlig zersetzt und gelöst hat. Zu ganz anderen Ergebnissen kommt man beim Glühen der Fraktionen nach der alten Methode (Behandlung mit kalter HCl und Abschlämmen der Fraktion I mit Ammoniak und Fraktion II und III mit Wasser), wie aus Tabelle VIII hervorgeht.

Die Fraktionen II enthalten höchstens 7 % festgebundenes Wasser in % auf Fraktion, das ist ungefähr bei Boden 805 und 812

TABELLE VIII.

Bodenprobe Nr.	CaCO ₃	Humus, ungefähr	Fraktionen	in % auf Boden		Glühverlust in gr % auf Boden.
				Getrocknet bei 105° C	Geglüht	
805	0	16 %	II	29,1	23,8	5,3 } 8,1
			III	29,6	26,8	
812	0	34 %	II	28,3	22,1	6,2 } 11,0
			III	21,3	16,5	

höchstens 2 % auf Boden. Der Glühverlust von $5,3 + 2,8 = 8,1$ %, resp. $6,2 + 4,8 = 11$ % rührt also zum weitaus grössten Teil (ungefähr $8,1 - 2,0 = 6,1$ % und $11 - 2 = 9$ %) vom Humus her.

Ursprünglich hatte ich geglaubt, dass es nötig wäre, die stark humosen Böden vor der H₂O₂-Behandlung sanft zu glühen. Es hat sich aber herausgestellt, dass die H₂O₂ Behandlung auch bei Anwesenheit von sehr grossen Mengen Humus (wir untersuchten Böden mit ungefähr 60 % Humus) imstande ist, den Humus zu zersetzen. Allerdings wurden dann 5 gr statt 10 gr Boden in Bearbeitung genommen. Das Glühen war aber nicht allein unnötig, sondern sogar schädlich, weil der geglühte Humus sich nicht völlig bei der H₂O₂-Behandlung zersetzte. Die Fraktionen II und III und auch IV waren also humushaltend, aber ausserdem wurden die mineralischen Teilchen von geglühten und bei der H₂O₂-Behandlung unzersetzt gebliebenen Humus fest zusammengekittet. Bei der Untersuchung von einer Serie stark humushaltiger Tonböden blieb die Flüssigkeit beim Abschlämmen immer trübe und die Resultate waren ganz verschieden von denjenigen des nicht geglühten Bodens bei der H₂O₂-Behandlung (siehe Tabelle IX).

TABELLE IX.

Bodenprobe Nr.	Prozente auf Trockensubstanz an:			
	Humus ungefähr	CaCO ₃	Fraktion III + IV (Sand)	
			nicht geglüht	vorheriges Glühen
1729	39	32,3	3,7	5,0
1730	46	25,9	4,7	5,0
1735	47	6,1	2,1	20,3
1738	66	1,6	2,2	11,0
1739	58	2,4	6,0	20,4
1744	55	0,6	13,4	25,0

DAS ABSCHLÄMMEN MIT NH_4OH .

In meiner oben zitierten Abhandlung (4) habe ich auf Seite 7 auf die Wirkung des verdünnten Ammoniaks beim Abschlämmen hingewiesen. In einer vor kurzem veröffentlichten Arbeit, kommen BLANCK und ALTEN (11) zu dem Hauptergebnis, dass eine Vorbehandlung der Böden mit Ammoniak für die Schlämmanalyse nach ATTERBERG nicht ohne weiteres für alle Böden empfohlen werden kann, weil die 2 ½ %ige Ammoniaklösung unter Umständen schon tiefeingreifende chemische Einflüsse ausübt, die in dem von BLANCK und ALTEN untersuchten Fall zu einer beträchtlichen Löslichmachung von Kieselsäure geführt haben, wodurch das gesamte Schlämmergebnis nach der Meinung der Verfasser illusorisch gemacht wird. Wie die holländischen Böden sich in dieser Hinsicht verhalten, wurde bis jetzt nicht untersucht. Nur sei hier bemerkt, dass wir beim Abschlämmen immer eine 0,1 n Ammoniaklösung gebrauchen.

SCHLUSSFOLGERUNGEN.

Beim Schütteln mit einem kleinen Ueberschuss kalter verdünnter HCl bleiben nicht unerhebliche Mengen CaCO_3 ungelöst, welche beim Kochen mit dieser HCl völlig oder wenigstens nahezu gelöst werden.

Beim Kochen mit dieser HCl geht etwas mehr SiO_2 , Al_2O_3 und Fe_2O_3 und Basen in Lösung als beim Schütteln mit kalter Salzsäure; die Unterschiede sind aber gering. Diese beim Kochen mit HCl in Lösung gegangenen Mengen gehören wahrscheinlich grösstenteils zu der Fraktion I. Ohne grosse Fehler zu machen, kann eine Korrektur bei Fraktion II wahrscheinlich und bei Fraktion III und IV sicher fortbleiben.

Beim Abschlämmen der Fraktion I mit verdünntem Ammoniak — entweder nach dem Schütteln oder nach der HCl-Behandlung — wird nicht aller Humus gelöst. Die Fraktionen II und III (IV) können bei humusreichen Böden beträchtliche Mengen Humus enthalten. Beim Glühen der Fraktion II und auch in geringem Masse der Fraktion III entweicht aber neben Humus festgebundenes Wasser.

Wenn die makroskopischen organischen Substanzen, wie Reste von Blättern, Wurzeln u.s.w. beim Sieben der Bodenprobe entfernt worden sind, wird der Humus von kochendem H_2O_2 (Methode ROBINSON) und beim weiteren Abschlämmen mit NH_4OH nach dem

Kochen mit HCl praktisch ganz zersetzt oder in eine wasserlösliche Form übergeführt. Die Fraktionen II, III und IV sind dann praktisch frei von Humus. Glühen dieser Fraktionen zur Entfernung von Humus ist also nicht nötig. Weil die Fraktion II noch festgebundenes Wasser enthält (ungefähr im Mittel 6 % auf Fraktion II), ruft das Glühen dieser Fraktion einen kleinen Fehler hervor.

Das Glühen der Bodenproben, auch wenn es sehr vorsichtig ausgeführt wird, macht die organische Substanz für H_2O_2 schwieriger angreifbar, sodass nach der Behandlung mit H_2O_2 der geglühten Bodenproben noch ziemlich grosse Mengen Humus in den Fraktionen zurückbleiben, welche auch nicht von NH_4OH gelöst werden. Diese geglühten organischen Reste kitten die mineralischen Teilchen stark zusammen, sodass ein viel zu niedriger Gehalt an Ton gefunden wird.

Eine Kombination von Kochen mit H_2O_2 (nach ROBINSON) und HCl und Abschlämmen der Fraktion I mit NH_4OH scheint die meist angemessene Vorbehandlung der Bodenprobe zu sein. Die zusammenkittenden $CaCO_3$ -Humus-Tongele werden entfernt, sodass ein gutes Voneinanderlösen der mineralischen Partikelchen erreicht wird, ohne dass dieselben in nennenswerter Weise angegriffen werden. Infolge der leichten Trennbarkeit findet das Abschlämmen aller Fraktionen auch sehr rasch statt. Kochen mit mehr als 100 ccm 0,2 n HCl Ueberschuss ist nicht günstig, da man dann umso öfter Abschlämmen muss. Ausserdem wurde bei Versuchen, die noch nicht veröffentlicht sind, gefunden, dass bei der Kombination H_2O_2 -HCl die Karbonate sich dann leichter in der Salzsäure lösen.

GENAUE BESCHREIBUNG DER NEUEN METHODE DER VORBEREITUNG DER BODENPROBE.

10 gr lufttrockener, durch ein 2 mm Sieb gesiebter Boden (bei sehr humusreichen Böden 5 gr) werden am Nachmittag in einem Becherglas von 750-1000 ccm gebracht und mit 50 ccm H_2O_2 von 20 % übergossen. Häufig findet nach einiger Zeit Schäumen statt, sodass Abkühlen nötig ist. Am folgenden Tage wird während 30 Minuten auf dem Wasserbade gekocht, abgekühlt, wieder 50 ccm H_2O_2 zugefügt und aufs neue 15 Minuten gekocht. Wenn nötig, kann das Kochen mit H_2O_2 noch einmal wiederholt werden. Dann wird 200 ccm verdünnte Salzsäure mit so viel HCl hinzugefügt, dass 100 ccm 0,2 n HCl mehr vorhanden ist als zur Lösung des kohlensäuren Kalkes nötig ist, 15 Minuten auf offener Flamme gekocht,

abgekühlt und alles in die ATTERBERG'schen Schlämmzylinder gespült. Nun wird (10 cm nach 8 Stunden oder 20 cm nach 16 Stunden) erst solange mit Wasser abgeschlämmt, bis die saure Reaktion verschwunden ist, und dann weiter mit NH₄OH. Nach Entfernung der Fraktion I werden die Fraktionen II (10 ccm nach 7,5 Minuten) und III (30 ccm nach 15 Sekunden) mit Wasser abgeschlämmt. Fraktion III kann auch 2 Unterabteilungen erhalten (30 cm nach 60 Sekunden, 30 cm nach 15 Sekunden). Im Zylinder bleibt Fraktion IV zurück. Die Fraktionen II, III und IV werden bei 105° C getrocknet und gewogen. Die Fraktion I errechnet sich = 100-(II+III+IV+Humus+CaCO₃).

Als Grenzen der Fraktionen werden die ATTERBERG'schen angenommen :

Fraktion	V in cm	Durchmesser in Micra
I.	10 : 8 × 3600	< 2
II	10 : 450	2 — 20
III a	30 : 60	20 — 100
III b	30 : 15	100 — 200
IV		200 — 2000

VERGLEICH DER ERGEBNISSE NACH DER FRÜHEREN METHODE A UND DER NEUEN METHODE N.

Unter A versteht sich die Vorbehandlung mit kalter HCl und weiteres Abschlämmen wie oben (siehe Internationale Mitteilungen für Bodenkunde, Bd. IX, S. 9). Die neue Methode N ist die oben beschriebene. Die Ergebnisse zeigt Tabelle X.

TABELLE X.

Bodenprobe Nr.	Gehalt in Prozenten auf trockenen Boden an										das Verhältnis	
	CaCO ₃	Humus	I		II		III		IV		I : II = r	
			A	N	A	N	A	N	A	N	A	N
790	0,2	3,0	42,4	49,8	32,0	26,6	22,0	19,7	0,4	0,7	0,75	0,53
795	8,8	6,0	31,9	44,4	32,8	22,7	20,1	17,6	0,5	0,5	1,03	0,51
800	0,3	10,7	19,9	35,2	30,3	20,9	38,2	32,7	0,6	0,2	1,52	0,59
824	11,9	3,6	25,8	32,8	23,6	16,0	34,1	35,5	1,0	0,2	0,91	0,49
830	0,1	10,0	45,8	51,8	31,8	27,6	12,1	10,4	0,2	0,1	0,69	0,53
831	0,9	3,9	29,5	36,6	26,0	19,2	38,7	36,9	1,0	2,5	0,88	0,52
952	5,0	10,5	23,3	32,8	24,8	20,1	35,8	31,5	0,6	0,1	1,66	0,61
1096	1,8	1,3	19,9	25,9	19,8	15,8	52,5	51,0	4,7	4,2	1,00	0,61

Nach der alten Methode A ist der Gehalt an Fraktion I immer kleiner, an Fraktion II immer grösser als nach der neuen Methode N. Die Unterschiede sind sehr erheblich, wie dies auch aus dem Verhältnis I : II bei A und N (letzte zwei Spalten) zu sehen ist. Die Unterschiede bei III (und IV) sind gering. Die Unterschiede werden zu einem sehr kleinen Teil dadurch hervorgerufen, dass die Fraktionen II und III nach A noch CaCO_3 enthalten können. Hauptsächlich rühren sie aber daher, dass die zusammenkittenden CaCO_3 -Humus-Tongele durch das Kochen mit H_2O_2 und HCl entfernt worden sind.

SCHLUSSBEMERKUNGEN.

Kurz ist noch folgendes zu bemerken :

a) *Die Form des Atterberg'schen Schlämmzylinders.* — Unmittelbar nach dem Kriege wurden neue Schlämmzylinder bestellt. Das Heberrohr der neuen Zylinder besass aber eine andere Form als das der alten Zylinder, was grosse Unterschiede in den Resultaten verursachte.

Bodenprobe	I + II	III + IV	I + II	III + IV
	alte Form		neue Form	
882	11,8	83,5	16,9	78,4
883	22,9	73,6	37,2	59,3
884	12,2	85,3	18,8	78,8

Die alte Form (2) wurde gehalten. Wenn die Schlämmapparate nach ATTERBERG also als Normalapparate angewendet werden sollen (12), so wird es notwendig sein, ein und dieselbe Firma mit der Herstellung der Instrumente zu beauftragen.

b) *Neigungswinkel der Aufstellungsebene der Schlämmzylinder.* — Ein Teil der sinkenden Bodenpartikelchen setzt sich in dem vorderen Teil des Heberrohres des Schlämmzylinders ab. Wir meinen, dass diese Partikelchen — wenigstens z. T. — mit abgeschlämmt werden könnten. Um dem vorzubeugen, haben wir erstens die Fraktion I immer sehr langsam abgehebert (in 10-15 Minuten). Weiter haben wir der Ebene, worauf die Zylinder stehen, einen kleinen Neigungswinkel von 3° gegeben, und zwar so, dass das Heberrohr etwas erhöht wird. Gegen unsere Erwartung fanden wir, dass auf diese Weise von Fraktion I etwas mehr abgehebert wurde.

Bodenprobe Nr.	Neigungswinkel	Fraktion (Mittel von 6 Bestimmungen)			
		I	II	III	IV
B.	0°	45,5	30,4	15,0	0,3
	3°	47,0	28,8	15,1	0,3

Bei sehr sandigen Böden waren die Resultate, vor allem bei den Sandfraktionen, umgekehrt :

Bodenprobe Nr. 2	Neigungswinkel	Fraktion :		
		I + II	III	IV
960	0°	2,0	19,1	78,5
	3°	1,7	10,7	87,2
961	0°	2,2	20,0	77,4
	3°	1,8	15,5	84,4

Vielleicht findet die Trennung von den Fraktionen III und IV besser mit dem Apparat von KOPECKY statt. Bei einer Serie sehr sandiger Bodenproben gelang es nicht, eine vollständige Trennung der Fraktionen III und IV mit dem ATTERBERG'schen Zylinder zu erreichen.

c) Die Abschlammungsgeschwindigkeiten und die Grössenordnungen der Fraktionen. — Nach ATTERBERG wird zur Entfernung von Fraktion I mit einer Wasserhöhe von 10 cm nach 8 Stunden (resp. 20 cm. nach 16 Stunden) abgeschlämmt. In der STOKES'schen Gleichung :

$$V = K \times r^2,$$

welche allerdings nur für kugelförmige Teilchen gilt, wird also $V = 10 : 8 \times 3600$ und $r = 0,0001$, was $K = 34\ 722$ gibt. Die beiden anderen Abschlammungsgeschwindigkeiten nach ATTERBERG sind $V = 10 : 450$ und $V = 30 : 15$, was mit $K = 34\ 722$ $2r = 16\mu$ und $2r = 152\ \mu$ gibt. Die Fraktionen nach ATTERBERG würden also zwischen folgenden Grenzen liegen :

Fraktionen		Dimensionen in Micra
I	< 2	< 2
II	2 - 16	statt 2 - 20
III	16 - 152	statt 20 - 200
IV	152 - 2000	statt 200 - 2000

Trotzdem haben wir immer die von ATTERBERG angegebenen Grenzen der Fraktionen (letzte Spalte der obigen Tabelle: 2—20—200—2000) beibehalten. Jedenfalls ist es nötig, immer die benutzten Schlämmschwindigkeiten zu erwähnen.

d) *Der Schlämmapparat von SIKORSKY.* — SIKORSKI schlämmt nach 1000 Sekunden bei einer Wasserhöhe von 20 cm ab; also ist $V = 20 : 1000$, was bei $K = 34\,722$ einen Durchmesser $2r = 15,2 \mu$ gibt. Die sogenannte Tonfraktion nach SIKORSKY ist also den Fraktionen I + II nach ATTERBERG ungefähr gleich, was wir auch bei einer grossen Anzahl von Bodenproben bestätigt gefunden haben. Der Apparat von SIKORSKY arbeitet sehr rasch. Wenn es sich also um eine grosse Anzahl von Bodenproben von gleichem Typus handelt, kann man zunächst den Sandgehalt (Teilchengrösse $2r = 15$ bis 16) nach SIKORSKY bestimmen und dann einige typische Böden genauer mechanisch auf Fraktion I, II, IIIa, IIIb und IV untersuchen.

B. SEDIMENTATIONSVERFAHREN.

(Nach ODEN-WIEGNER und KRAUSS-ROBINSON).

Es seien hier noch ganz kurz einige Bemerkungen über das Sedimentationsverfahren gemacht. Während bei dem Abschlammverfahren die im Boden vorhandenen und die zugefügten Elektrolyte beim Abschlammern der Fraktion I mit einem Teil der Fraktion I entfernt werden, muss die Entfernung dieser Elektrolyte bei den verschiedenen Sedimentationsverfahren vor dem Sedimentieren und, ohne dass Teilchen von Fraktion I entfernt werden, stattfinden. Man muss also vor dem Sedimentieren filtrieren und mit destilliertem Wasser auswaschen. Vor kurzem haben MIECZYNSKI und SOKOLOWSKY (13) darauf hingewiesen, dass man bei dem Voneinanderlösen der Bodenteilchen es mit einem umkehrbaren Prozesse zu tun hat, sodass die abgelösten Teilchen, wie bei allen umkehrbaren Reaktionen entfernt werden müssen. In diesem Falle wird es nötig sein, die Bodenmasse nach dem Filtrieren und Auswaschen aufs neue zu peptisieren, z. B. durch Schütteln mit verdünntem Ammoniak.

Von den verschiedenen Sedimentationsverfahren habe ich nur das Pipettierverfahren nach ROBINSON (14) näher geprüft. Die folgenden Ausführungen gelten also nur für das Verfahren nach ROBINSON und das ihm ähnliche von KRAUSS (15).

1) Bei dem Abschlammverfahren nach ATTERBERG wird Fraktion I aus der Differenz ($100 - [\text{CaCO}_3 + \text{Humus} + \text{II} + \text{III} + \text{IV}]$) berechnet. Weil die bei der Behandlung mit HCl in Lösung gegangenen Mengen an SiO_2 , $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ und andere Basen hauptsächlich von der Fraktion I herkommen, ist eine Korrektur nicht nötig. Beim Sedimentationsverfahren wird aber Fraktion I gewogen, daher muss also eine Korrektur für die bei der HCl-Behandlung herausgelösten Stoffe angebracht werden.

2) Dasselbe gilt, wenn die Fraktionen geglüht statt bei 105° getrocknet werden. Zumal Fraktion I enthält ziemlich viel festgebundenes Wasser, sodass beim Glühen dieser Fraktion ein ziemlich grosser Fehler entstehen kann. Bei sehr tonreichen Böden finden wir bis ungefähr 5 % festgebundenes Wasser (in % auf trockenen Boden).

In Tabelle XI sind einige vergleichende Untersuchungen nach der Pipettiermethode von ROBINSON und der Methode Groningen zusammengestellt. Die Vorbehandlung bei der Pipettiermethode geschah nach der neuen Methode (H_2O_2 - HCl-Behandlung). Nach mündlichen Angaben ROBINSON'S wurde dann filtriert und mit H_2O ausgewaschen, die ganze Bodenmasse mit 500-600 ccm Wasser in eine Literflasche gebracht, mit 50 ccm Ammoniak von 10 % versetzt und 3 Tage rotiert. Darauf wurde diese Bodenaufschlammung mit H_2O zu 1 Liter aufgefüllt, durchgeschüttelt und in einen Zylinder gebracht. Wir haben bei einer Höhe von 20 cm nach 15 Minuten ($V = 20 : 900$, also Fraktion I + II nach ATTERBERG) und einer Höhe von 20 cm nach 16 Stunden ($V = 20 : 16 \times 3600$ also Fraktion I nach ATTERBERG) abpipettiert. Die Fraktionen I + II und I sind bei 105° C getrocknet und nicht geglüht. Wohl ist der Glühverlust bestimmt worden und in der letzten Spalte der Tabelle XI unter G aufgenommen. In der nach der HCl-Behandlung abfiltrierten Flüssigkeit wurden SiO_2 , $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ und CaO bestimmt und als Wert K in % auf Boden in Tabelle XI eingesetzt. Diese Korrektur ist in Rechnung gestellt, d. h. dass Fraktion I bereits um diesen Wert erhöht ist. Wenn man diese Korrektur nicht anbringt und weiter die Fraktionen glüht, statt bei 105° trocknet, bekommt man, z. B. bei Bodenprobe 795, folgende Resultate bei der Pipettiermethode nach ROBINSON (R):

$$I = 37,2 \text{ (statt } 46,2), \text{ II} = 21,5, \text{ III} = 26,5 \text{ (statt } 17,5).$$

Der Einfluss ist also bei diesen schweren Böden sehr erheblich.

TABELLE XI.

Bodenprobe Nr.	Gehalt in Prozenten auf trockenen Boden an									
	CaCO ₃	Humus	Fraktion I		Fraktion II		Fraktionen III + IV		K	G
			Gr	R	Gr	R	Gr	R		
509	4,0	1,5	24,9	26,8	15,3	12,4	54,3	55,3	2,0	3,9
795	8,8	6,0	44,4	46,2	22,7	21,5	18,1	17,5	3,7	5,3
1898	0,4	2,5	47,2	47,6	29,1	26,1	20,8	23,4	2,8	4,7
1900	0,2	3,0	46,2	46,5	28,3	24,9	22,3	25,4	2,9	5,3

Die Uebereinstimmung ist ziemlich gut, im Vergleich zu den Uebereinstimmungen ähnlicher Untersuchungen auf diesem Gebiete sogar sehr gut zu nennen. Es ist wünschenswert, dass ROBINSON genaue Vorschriften für eine Pipettiermethode herausgibt, wobei er vor allem folgende Punkte berücksichtigen müsste: 1) Behandlung mit kalter oder kochender HCl; 2) Korrektur K; 3) Glühen oder Trocknen bei 105°C der Fraktionen.

BEMERKUNGEN UND LITERATUR.

- (1) *Internationale Mitteilungen für Bodenkunde*, Bd. IV, S. 7-18, 1914.
- (2) *Internationale Mitteilungen für Bodenkunde*, Bd. II, S. 320, 1912.
- (3) HALL, A. D. Transactions. *Journal of the Chemical Society*, Bd. 85, II. Teil, S. 950 und 946, 1904.
- (4) *Internationale Mitteilungen für Bodenkunde*, Bd. XI, S. 9, 1921.
- (5) GILBERT WOODING ROBINSON, M. A. Note of the Mechanical Analysis of Humus Soils. *Journal of Agricultural Science*, Bd. XII, S. 287-291, 1922.
- (6) KOENIG und HASENBAEUMER haben in den Landwirtschaftlichen Jahrbüchern (Bd. LVI, S. 449, 1921) diese Methode kritisiert. Auf Seite 443 wird betont, dass, um ein Ausflocken der Bodenkolloide zu vermeiden, zum Schlämmen der ersten Fraktion destilliertes Wasser zu benutzen ist, und dass deshalb die von HISSINK gebrauchte Salzsäure Fehler hervorruft. Offenbar haben sie nicht gelesen, dass das Abschlämmen der Fraktion I erst so lang mit destilliertem Wasser stattfindet, bis die Elektrolyten entfernt sind. Man erkennt dies dadurch, dass die Suspension in dem Zylinder stark trübe wird.
- (7) Die von KOENIG (5. Auflage, S. 112, 1923) mitgeteilten Zahlen haben deshalb nur relative Bedeutung.

- (8) Benutzt wurden die STOHMANN'schen Literflaschen, wie sie bei der Superphosphatanalyse benutzt werden.
- (9) In dieser Zeitschrift, Heft 1, Seite 6 ist eben eine Arbeit von Dr. L. SMOlíK über die Hydrogenperoxyd-Katalase der Mährischen Böden veröffentlicht worden.
- (10) *Journal of Agricultural Science*, Bd. XV, S. 29.
- (11) Ein Beitrag zur Frage nach der Vorbehandlung der Böden mit Ammoniak für die ATTERBERG'sche Schlammanalyse von E. BLANK und F. ALTEN. *Journal für Landwirtschaft*, S. 153-162. 1924.
- (12) Siehe Beschluss 4 der Berliner Sitzung, *Internationale Mitteilungen für Bodenkunde*, Bd. IV, S. 30. 1914.
- (13) Die Untersuchungen über den Einfluss verschiedener Vorbereitung der Bodenprobe auf den Verlauf des Schlammprozesses von F. MIECZYNSKY und MAYAN SOKOLOWSKY. *Mémoires de l'Institut national Polonais d'économie rurale à Pulaw*, Bd. IV, Abt. A, S. 109-111. 923.
- (14) GILBERT WOODING ROBINSON. A new method for the mechanical analyses of Soils and other dispersions. *The Journal of Agriculture Science*, Bd. XII, S. 306-321. 1922.
- (15) GUSTAV KRAUSS. Ueber eine neue Methode der mechanischen Bodenanalyse, etc. *Internationale Mitteilungen für Bodenkunde*, Bd. XIII, S. 147-160. 1923.