BODEMKUNDIG INSTITUUT GRONINGEN.

De methode van het mechanisch grondonderzoek

DOOR

DR. D. J. HISSINK.

(Ingezonden 11 September 1926.)

Deze Verhandeling heeft in de eerste plaats ten doel, een overzicht van de belangrijkste punten uit een viertal in de jaren 1916—1925 verschenen publicaties [1]) te geven. Zij bevat verder een gedeelte van een onderzoek, door het Bodemkundig Instituut Groningen als lid van de Eerste Commissie van de Internationale Bodemkundige Vereeniging (Commissie voor het natuurkundig grondonderzoek) verricht, alsmede enkele voorloopige resultaten van een microscopisch onderzoek naar de grootte van de deeltjes van enkele bij het mechanisch grondonderzoek verkregen fracties.

De analysen uit de laatste jaren zijn door den analist A. DEKKER verricht.

HOOFDSTUK I.

Het doel van het mechanisch grondonderzoek.

Grond bestaat uit minerale deeltjes van verschillende grootte, vermengd met wisselende hoeveelheden humus en koolzure kalk. Het mechanisch grondonderzoek heeft ten doel de grootte van de minerale gronddeeltjes te bepalen, beter gezegd de minerale gronddeeltjes in groepen van verschillende grootte te vereenigen.

In korte trekken komt elke methode van het mechanisch grondonderzoek hierop neer, dat de grond — nà de een of andere vóórbewerking — door zeeven of door de werking van het water in groepen van deeltjes van verschillende grootte geplitst wordt [2]). De werking van het water kan op tweëerlei wijze geschieden, òf door stroomend water te gebruiken, zooals in de slibapparaten van SCHÖNE, KOPECKY, KRAUSS en dergelijke, òf door de bodemdeeltjes in stilstaand water te laten bezinken, zooals in de slibcylinders van KÜHN,

SIKORSKY, ATTERBERG en anderen [3]). Ten slotte is het dan nog de vraag, tot welke groepen de bodemdeeltjes vereenigd moeten worden. Zoo heeft bijv. de Zweed ATTERBERG de volgende indeeling gegeven:

Fractie I, deeltjes kleiner dan 2μ middellijn;
,, II, ,, van 2 tot 20μ ,, ;
,, III, ,, ,, 20 tot 200μ ,, ;
,, IV, ,, ,, 0,2 tot 2 mM. ,, .

(1 μ = 0,001 millimeter). Zooals we later zullen zien, moeten deze grenzen eenige wijziging ondergaan (zie blz. 289).

De methode van het mechanisch grondonderzoek zou betrekkelijk weinig moeilijkheden opleveren, wanneer de gronddeeltjes alle los van elkander waren; de methode zou dan alleen op een scheiding van deze deeltjes in verschillende groepen neerkomen. Dit nu is niet het geval; de minerale gronddeeltjes kleven aan elkander en worden ook door ander materiaal tot kleinere of grootere klompen aan elkander gekit. Zooals bekend, is dit bij verschillende grondsoorten in zeer verschillende mate het geval en de invloed van de vóórbewerking van het grondmonster zal dan ook bij verschillende grondtypen zeer verschillend zijn, zooals uit onderstaande cijfers blijken kan:

TABEL 1.

N°. B	Grondsoort	Gehalte aan fractie I in procenten	
		zonder vóór-bewerking (methode O)	voorbewerkt met zoutzuur, afgeslibd met ammonia (methode H)
53	Zware kleigrond	12.4	56.0
51	Lichte kleigrond	6.2	35.3
105	Rood zand (Veluwe)	0.4	3.6
281	Indische zandgrond	0.9	4.2

Voor de nauwkeurige beschrijving van de gevolgde methoden wordt naar het Aanhangsel (blz. 315) verwezen.

Iedere methode van mechanisch grondonderzoek bestaat uit twee deelen: het losmaken van de minerale gronddeeltjes (de vóórbewerking) en daarnà de scheiding van deze deeltjes in groepen van verschillende grootte. Het losmaken van de gronddeeltjes geschiedt door de verschillende onderzoekers op zeer uiteenloopende wijzen: door zacht aanwrijven van den grond met water, door schudden met water,

door krachtig langdurig mechanisch schudden met water, door in plaats van water verdund zoutzuur (koud of warm), resp. ammonia te gebruiken, door met ammonia af te slibben, enz. Het aantal wijzen, waarop de vóórbewerking van het grondmonster plaats vindt, is dus wel zeer groot en het ligt voor de hand, dat de resultaten van het onderzoek van deze vóórbewerking afhangen. Welke verschillen hierbij optreden moge uit de volgende tabel blijken. Het betreft hier het onderzoek van een drietal monsters, aan de Instituten te X en te Groningen. Beide instituten pasten een vóórbewerking toe.

TABEL 2.

Grondmonster N°. B (collectie Groningen)	1120		1121		1122	
Gehalte in % aan	X	Gron.	X	Gron.	X	Gron.
Fractie 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	

De verschillen tusschen X en Groningen zijn zeer aanzienlijk en grootendeels aan de wijze van vóórbewerking van het grondmonster toe te schrijven. Men kan deze wijzen van vóórbewerking in twee groote groepen A en B indeelen. Sommige onderzoekers (groep A) willen den grond zoo weinig mogelijk verandering doen ondergaan; zij wrijven het monster bijv. met den vinger zoo voorzichtig mogelijk met water aan (Geologische Landesanstalt te Berlijn; HILGARD, Amerika). Andere onderzoekers (groep B) daarentegen willen de gronddeeltjes zooveel mogelijk los van elkander krijgen; zij roteeren of roeren met verdund zoutzuur aan en slibben met ammonia af (Engeland) of wel zij schudden den grond krachtig met ammonia (Amerika, Buitenzorg). De Duitscher PFEIFFER, de Zweed ATTERBERG en de Egyptenaar BEAM nemen een plaats eenigszins tusschen deze beide groepen in; zij koken of roeren den grond met water aan en herhalen deze bewerking zóólang, totdat zij practisch een eindpunt bereikt hebben.

De tegenstanders van een krachtige vóórbewerking van het grondmonster (groep A) zijn bevreesd, dat de minerale gronddeeltjes hierdoor eene mechanische, resp. eene scheikundige verandering zullen ondergaan. Door schudden kunnen de gronddeeltjes verbrijzeld worden; behandeling met zoutzuur brengt een gedeelte van de minerale gronddeeltjes — en verder de koolzure kalk — in oplossing.

Groep A voert verder aan, dat de structuur van den grond door de krachtige vóórbewerking verloren gaat. Tegen dit bezwaar merk ik op, dat elke vóórbewerking en trouwens het geheele slibproces de bodemstructuur verloren doet gaan. Ik heb nooit door cijfers bewezen gezien, dat de resultaten van het mechanisch grondonderzoek, bij minder krachtige vóórbewerking verkregen, een juister beeld van de bodemstructuur gaven dan die, bij krachtige vóórbewerking verkregen. Het is mij trouwens niet bekend, of de aanhangers van groep A ooit uit de cijfers van het mechanisch grondonderzoek conclusies ten opzichte van de structuur van den grond getrokken hebben. De resultaten van het mechanisch grondonderzoek dienen meer voor het vaststellen van het type van den grond. Wat men de bodemstructuur noemt, wordt meer door andere grootheden bepaald (volume-gewicht, poriënvolume, luchtcapaciteit, doorlaatbaarheid voor water, bewerkbaarheid, enz.). Maar voor zoover de cijfers van het mechanisch grondonderzoek mede een indruk van de bodemstructuur kunnen geven, is het m.i. nog zeer de vraag, welke cijfers daarvoor beter te gebruiken zijn, die van groep A of groep B.

Wat het eerstgenoemde bezwaar tegen eene krachtige vóórbewerking betreft, uit deze Verhandeling zal blijken, dat de minerale grondeeltjes, zelfs bij eene vrij krachtige vóórbewerking, weinig verandering ondergaan. Verder mogen zij, die den grond vóór het afslibben zoo weinig mogelijk willen veranderen, wel bedenken, dat de krachtigste verandering, die men den grond kan doen ondergaan, wel het drogen van den grond — en ik heb hierbij alleen het oog op het drogen van den grond aan de lucht bij kamertemperatuur — is, zooals uit het volgende onderzoek blijken kan. In Februari 1921 werd na een zeer natten winter een vrij jonge poldergrond (Finsterwolderpolder, ingedijkt in 1819) bemonsterd (N°. B 851). Het monster bevatte 27 pct. water (gedroogd bij 105° Celsius), waaruit valt af te leiden, dat nagenoeg alle poriën met water gevuld waren [4]). Een gedeelte van het monster werd in natten toestand onderzocht (natte grond); een ander gedeelte werd op de gebruikelijke wijze aan de lucht bij kamertemperatuur gedroogd, daarna fijngestampt en door een zeef van 2 millimeter gezeefd (luchtdroog). *Beide deelen ondergingen daarna dezelfde voorbewerking.* De grond werd in een mortier met water aangeroerd; nà ongeveer een minuut wachten werd de bovenstaande troebele vloeistof in een literkolf afgeschonken; de achterblijvende grond in de mortier werd opnieuw met water aangeroerd en afgeschonken en deze behandeling werd herhaald, totdat de bovenstaande vloeistof nagenoeg niet meer troebel was. Daarna werd de grond uit de mortier in de literkolf gespoeld, de kolf tot ongeveer 600 cc met water aangevuld en daarna twee dagen in een roteermachine gedurende 2 × 2 uur per dag geroteerd [5]), waarna de inhoud uit de kolf in een slibcylinder volgens ATTERBERG gespoeld werd. Bij deze geheele behandeling werd gedestilleerd water gebruikt. Het afhevelen van fractie I vond eveneens met gedestilleerd water plaats;

dat van de fracties II, III en IV met leidingwater. Het grondmonster bevatte 8,8 pct. $CaCO_3$, die zich natuurlijk over de verschillende fracties verdeelde en wel als volgt:

TABEL 3.

Grondmonster B 851.	Koolzure kalk ($CaCO_3$) in procenten op droge stof in de fracties:				
	I	II	III	IV	Totaal.
Natte grond . . .	4.5	2.0	2.1	0.2	8.8
Luchtdroog	4.3	2.0	2.4	0.1	8.8

De fracties II, III en IV werden gedroogd bij 105° Celsius en het gehalte aan $CaCO_3$ afgetrokken. Het gehalte aan fractie I (zonder $CaCO_3$) werd berekend. Het gehalte aan humus bedroeg 2,6 pct.; deze humus is over de verschillende fracties verdeeld. De som van fractie I + II + III + IV = 100 — $CaCO_3$ = 100 — 8,8 = 91,2 pct.

TABEL 4.

Grondmonsters N°. B 851.	Gehalte in procenten aan fracties.			
	I	II	III	IV
1. Natte grond	42.2	31.8	16.9	0.3
2. Luchtdroog	25.5	36.7	28.6	0 4
3. Methode Groningen .	48.3	25.0	14.8	0.5

Ik heb in deze tabel mede opgenomen de resultaten van het onderzoek van den luchtdrogen grond nà eene zeer krachtige vóórbewerking (methode Groningen: koken met waterstofsuperoxyd, koken met verdund zoutzuur en afslibben van fractie I met verdunde ammonia). De som van de fracties volgens de methode Groningen is 48,3 + 25,0 + 14,8 + 0,5 = 88,6; het verschil tusschen 91,2 en 88,6 (= 2,6) is het gehalte aan humus.

De cijfers uit bovenstaande tabel bewijzen, dat het drogen den grond ingrijpender verandert — zij het dan ook in tegenovergestelden zin — dan de behandeling met H_2O_2 — HCl — NH_4OH. De laatste cijfers van Tabel 4 (N°. 3, methode Groningen) komen dichter bij de cijfers van methode 1 (natte grond) dan die van methode 2 (luchtdroog). Op grond hiervan komt het mij voor, dat de cijfers sub

,,methode Groningen'' een juister beeld van de mechanische samenstelling van dezen zwaren Dollardkleigrond geven dan de cijfers sub ,,luchtdroog''.

Verder moet men bedenken, dat men bij de ,,voorzichtige'' voorbewerking vrij groote persoonlijke fouten maken kan, al naarmate men bijv. wat meer of minder krachtig met de vingers den grond met water aanwrijft [6]).

Deze en andere overwegingen hebben mij er toe geleid, mij te scharen aan de zijde van de voorstanders van wat ik dan eene krachtige voorbewerking van het grondmonster zou willen noemen.

HOOFDSTUK II.

De voorbewerking van het grondmonster.

In dit Hoofdstuk II worden de bewerkingen besproken, die het losmaken van de minerale gronddeeltjes ten doel hebben. De verschillende cijfers, in dit Hoofdstuk vermeld, zijn — evenals die in Hoofdstuk I — verkregen door in de slibcylinders van ATTERBERG, dus met stilstaand water, af te slibben. De wijze, waarop dit afslibben plaats vindt, wordt in de volgende Hoofdstukken behandeld. Voor de grenzen van de fracties I, II, III en IV wordt naar blz. 262 en 289 verwezen.

Om de wijze van vóórbewerking van het grondmonster vast te stellen, is het noodig na te gaan, welke verbindingen de gronddeeltjes samenkitten. Dit zijn in de eerste plaats de uitgevlokte gels van kiezelzuur en aluminiumoxyd, evtl. van aluminiumsilikaten en mede van ijzeroxyd, die ik alle onder den naam van kleigels zal samenvatten [7]). Verder de humusgels. Ook de koolzure kalk kan de minerale deeltjes samenkitten. Koolzure kalk is in koolzuurhoudend water als calciumbicarbonaat oplosbaar en uit deze oplossing scheidt zich de koolzure kalk bij verlies van koolzuur weer in fijnverdeelden toestand af. Het doel van de vóórbewerking moet nu wezen, deze samenkittende verbindingen te verwijderen, zonder daarbij de eigenlijke gronddeeltjes, althans niet noemenswaard, aan te tasten. De bewerkingen, die dit doel trachten te bereiken, zijn deels van mechanischen, deels van scheikundigen, deels van kolloidchemischen aard.

Tot de bewerkingen van mechanischen aard behooren: het koken, het schudden, het aanwrijven en het borstelen van den grond met water. Door al deze bewerkingen wordt het gehalte aan de fijnere bestanddeelen verhoogd. Blijkbaar gaan de uitgevlokte gels door langdurige behandeling met water weer meer of minder in suspensie over. In zooverre zijn deze mechanische bewerkingen ook van kolloidchemischen aard.

Tot de vóórbewerkingen van scheikundigen aard behoort de behandeling met zoutzuur en gedeeltelijk ook die met ammonia. Het zoutzuur

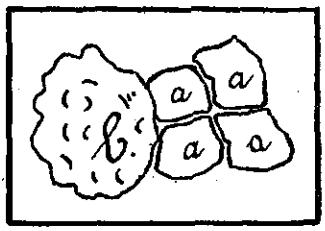
lost de koolzure kalk op en brengt ook de kleigels in oplossing of althans in suspensie, in welken vorm zij mede afgeslibd worden. Verder onttrekt het zoutzuur de basen — althans gedeeltelijk — aan de humusstoffen, waardoor deze gedeeltelijk in ammonia oplosbaar worden. Hiermede is tevens de chemische werking van de ammonia aangegeven; ze brengt de door het zoutzuur van een deel hunner basen beroofde humusstoffen in oplossing. Verder kunnen de humusstoffen verwijderd worden door oxydatie met broom (ATTERBERG) en waterstofsuperoxyd (ROBINSON).

De kolloidchemische werking van ammonia.

Ik wil hier iets uitvoerig de kolloidchemische werking van de verdunde ammonia op de minerale gronddeeltjes behandelen. Ik heb deze als volgt nagegaan. Verschillende bodemtypen — kleigrond, rood zand (Veluwe) en Indisch zand (Pasoeroean) — werden met water geschud, waarna de deeltjes kleiner dan 2μ (dus fractie I) door herhaald afslibben met water verwijderd werden. Ik heb mij door microscopisch onderzoek (vergrooting 900 maal) er van overtuigd, dat inderdaad deeltjes kleiner dan 2μ diameter slechts zeer sporadisch in het bezinksel in den cylinder voorkwamen. Daarna werd iets van dit bezinksel met verdunde ammonia gemengd en een druppel van dit mengsel onder de microscoop bekeken. Bij het Indische zand (B 281) nam ik niet de minste verandering waar. Bij den kleigrond zag ik direct tal van zeer kleine deeltjes (van 0,5—1μ diameter) verschijnen, die in sterk Brownsche beweging waren. Hun aantal nam snel toe en was na 10 à 20 minuten niet meer te schatten. Ik heb het oogenblik, waarop zoo'n klein deeltje van 0,5 à 1μ diameter ontstaat, niet kunnen waarnemen. Wel heb ik het volgende verschijnsel meerdere malen waargenomen.

Onder den microscoop kan men duidelijk twee soorten van deeltjes waarnemen; ook komen conglomeraten van deeltjes voor, die duidelijk uit twee geheel verschillende soorten van deeltjes bestaan. De deeltjes *aaa* (zie Figuur I) zien er uit als scherp begrensde deeltjes; men zou ze geheel massief kunnen noemen. De massa *b* daarentegen ziet er meer vlokkig, sponzig uit; men krijgt den indruk, dat men op een berglandschap kijkt, met hooge bergen en diepe dalen. Heeft men nu maar geduld, dan ziet men in de verdunde ammonia de sponsachtige massa kleiner worden en in beweging komen. Aanvankelijk blijft ze nog vast aan de deeljes *aaa* zitten; ze gaat wat heen en weer schommelen; maar plotseling raakt ze los en drijft weg, gewoonlijk zóó snel, dat ze uit het gezichtsveld raakt. Het geheele gezichtsveld is al spoedig vol van deze sponsachtige, sterk beweeglijke massa's. De deeltjes *aaa* daar-

fig. I



entegen blijven rustig liggen en ondergaan geen verandering. Zij gelijken in uiterlijk geheel op de massieve deeltjes, die ik bij het Indische zand waarnam en die daar ook onveranderd bleven.

Ter verklaring van het hierboven beschreven verschijnsel, verwijs ik naar de Kolloidchemie. Zooals bekend, is een van de wegen om een kolloidale oplossing (een suspensie of een sol) te bereiden het aanwenden van suspendeerende middelen. Zoo wordt bijv. eene goudsuspensie door inwerking van ammonia op goud bereid en ontstaan suspensies van verschillende sulfiden (bijv. van arseentrisulfide, As_2S_3) door inwerking van zwavelwaterstof (H_2S). Ammonia en zwavelwaterstof werken hierbij peptiseerend, dat is het tegenovergestelde van de uitvlokkende werking van eene kalkoplossing op een kleisuspensie. Men zegt ook, dat zwavelwaterstof en ammonia dispersiemiddelen zijn. Men weet ook vrij nauwkeurig, hoe de peptiseerende werking van deze dispersiemiddelen plaats vindt. Het blijkt namelijk, dat de ontstane kleine deeltjes electrisch geladen zijn; het dispersiemiddel is op de oppervlakte van de deeltjes gaan zitten (adsorptie) en heeft zich hier in een dubbellaag van electrisch verschillend geladen (positief en negatief) ionen gesplitst. Op de oppervlakte van de deeltjes van een arseentrisulfidesol zitten negatief geladen S-ionen, terwijl om het deelje heen een meer of minder diffuse laag van positief geladen H-ionen opgehoopt is. De lading van het geheel — deeltje en diffuse laag — is nul.

Op dezelfde wijze stel ik mij voor, dat de ammonia op de oppervlakte van de kleideeltjes geadsorbeerd wordt. Ook hier wordt een dubbellaag gevormd; de kleideeltjes zijn electrisch negatief geladen, terwijl de NH_4-ionen de electrisch positief geladen diffuse buitenste laag vormen [8]).

Om evenwel suspensie's en solen met behulp van dispersiemiddelen te bereiden, moet men niet van de massieve stof, niet bijv. van een klomp goud, uitgaan, maar de gouddeeltjes, die met de ammonia behandeld worden, moeten reeds een zeer groot grensvlak bezitten; ze moeten al vrij sterk gedisperseerd zijn of, zooals FREUNDLICH [9]) het uitdrukt, „zur Suspension geeignet sein".

Brengt men deze uitspraak van FREUNDLICH in verband met het door mij waargenomen verschijnsel, dan zouden de deeltjes *a* opgevat kunnen worden als massieve deeltjes, die niet voor suspensie geschikt zijn. De deeltjes *b* daarentegen bezitten reeds een zeer groot grensvlak, wat ik heb uitgedrukt door ze als eene sponsachtige massa te beschrijven. Deze deeltjes nu worden door de ammonia aangetast, afgebrokkeld tot kleinere deeltjes, tot suspensie gebracht; ze worden gepeptiseerd.

Men kan zich nu verder afvragen, hoe het conglomeraat van de vlokkige deeltjes *bbb* ontstaan is.

Het is bekend, dat zich in kleigronden suspensies van kleine en zeer kleine deeltjes kunnen vormen. Dit heeft bijv. bij flinke regens plaats; het afvloeiende water is dan troebel door de kleine gronddeeltjes, die

in suspensie meegaan. Omgekeerd zijn er evenwel in den grond weer allerlei andere oorzaken werkzaam, die deze kleine deeltjes uitvlokken. Dit geschiedt bijv. door sommige verbindingen (kalk), door de werking van den vorst, door het uitdrogen van den grond, enz. Bij dit uitvlokken vereenigen zich de kleine gronddeeltjes tot vlokken. Men moet zich dit uitvlokken nu zóó voorstellen, dat die kleine gronddeeltjes gewoon tegen elkander aan gaan liggen; ze verdwijnen dus niet, maar blijven als kleine deeltjes in de grootere klompjes aanwezig. Men moet dus die klompjes niet als nieuwe massieve deeltjes gaan opvatten. ZSIGMONDY [10]) drukt dit als volgt uit: „Die kleinen Teilchen verschmelzen bei der Koagulation nicht mit einander zu neuen homogenen Gebilden". Men zou dus het conglomeraat van de vlokkige, sponsachtige deeltjes *bbb* als uitgevlokte, gecoaguleerde kleinere deeltjes kunnen beschouwen.

Recapituleerende kan men dus zeggen: verdunde ammonia is een zwak dispersie-middel; het werkt niet op de massieve deeltjes (*aaa*) in, maar het peptiseert de gecoaguleerde klompjes (*bbb*).

Zijn deze opvattingen juist, dan kan men er een steun voor het gebruik van verdunde ammonia bij het afslibben in zien. De deeltjes *bbb* zouden dan als klompjes van kleinere gronddeeltjes zijn op te vatten en het komt mij beter voor deze klompjes *bbb* te peptiseeren en bij het onderzoek in een groep van kleinere deeltjes te brengen, dan ze bij de grootere deeltjes te laten. Het moet toch ook uit een practisch oogpunt verschil maken of de deeltjes van een grond massief zijn of wel eene sponsachtige massa vormen. Inderdaad is dit verschil ook door RAMANN [11]) geconstateerd en wel tusschen twee gronden, die dezelfde mechanische samenstelling bezaten (volgens de oude methode), maar wier kleinste deeltjes in habitus juist het verschil vertoonden, dat hier behandeld is.

TABEL 5.

Grondmonsters N°. B.	Grondsoort.	Gehalte aan fractie I. (in procenten).					
		zonder eenige vóórbewerking; afslibben met		schudden met water (Amerikaansche methode); afslibben met		aanroeren met verdund zoutzuur (Engelsche methode); afslibben met	
		water (methode O).	ammonia (methode P).	water (methode A).	ammonia (methode E).	water (methode F).	ammonia (methode H).
53	zware kleigrond	12.4	44.2	38.0	52.7	20.3	56.0
51	lichtere kleigrond	6.2	27.5	20.1	31.7	11.0	35.3
105	rood zand (Veluwe)	0.4	0.5	2.1	3.9	2.7	3.6
281	Indische zandgrond	0.9	1.1	6.5	6.0	3.7	4.2

De invloed van de ammonia op de resultaten van het mechanisch grondonderzoek kan blijken uit de cijfers van Tabel 5.

In 1924 publiceerde BLANCK een onderzoek, waaruit bleek, dat $2\frac{1}{2}$-procentige ammonia soms groote hoeveelheden kiezelzuur en kalk in oplossing brengen kon. Uit een verder ingesteld onderzoek [12]) is gebleken, dat deze oplossende werking van de ammonia zich tot enkele gronden uit ariede streken beperkt. Van de onderzochte Duitsche gronden loste hoogstens 0,35 % in de vrij sterke ammoniakale vloeistof op.

De schudmethode.

Ik heb indertijd eene schudmethode uitgewerkt [13]), die hierop neerkomt, dat het grondmonster gedurende 6 uur machinaal krachtig met verdunde ammonia geschud wordt; het afslibben van fractie I vindt plaats met verdunde ammonia, dat van de fracties II en III met leidingwater (methode E, zie Aanhangsel).

Deze methode heeft vrij wat aanhangers gekregen, vooral onder degenen, die bezwaren tegen eene behandeling met zoutzuur hebben. De invloed van het schudden blijkt uit de cijfers in de tabel 27 blz. 317), sub E en P. Bovendien kunnen de cijfers sub O, A en B (zonder vóórbewerking; éénmaal schudden; 14, resp. 10 maal schudden; afhevelen met water) een indruk van den invloed van het schudden geven (zie Tabel 6).

TABEL 6.

N°. B.	Gehalten (in procenten) aan fractie I.		
	niet schudden (O).	éénmaal schudden (A).	14, resp. 10 maal schudden (B).
53	12.4	38.0	50.7
51	6.2	20.1	33.8
105	0.4	2.1	4.1
281	0.9	6.5	15.5

Opvallend is het verschillend gedrag van de beide zandgronden. Het roode Veluwezand geeft zelfs nà 10 maal schudden (methode B) nog slechts 4,1 % fractie I, welk bedrag ongeveer met het hoogste gehalte aan fractie I, dat bij behandeling met koud zoutzuur gevonden is, overeenkomt. Het Indische zand geeft evenwel bij het schudden eene aanzienlijke verhooging van fractie I. Dezelfde invloed van het schudden vindt men bij B 281 terug door vergelijking van de andere methoden (bijv. H met L; C met O; enz. Zie Tabel 27, blz. 317). Het

Indische zand is genomen bij Pasoeroean (Java); het is vulkanisch zand van het Tengergebergte en bestaat uit overgangsresten van basalt en andesiet. Men kan zich dit zand voorstellen als te zijn opgebouwd uit kristallen en kristalfragmenten, in dit geval hoofdzakelijk van augiet en olivien, omgeven door glas. Blijkbaar worden deze glasachtige stukjes door het schudden gedeeltelijk verbrijzeld, iets wat niet met het rode Veluwezand plaats vindt.

Het hoofdbezwaar tegen de schudmethode is wel, dat de koolzure kalk bij deze vóórbewerking niet in oplossing gaat. Dit moet van invloed zijn op het resultaat. Bovendien moet van elke fractie het gehalte aan koolzure kalk bepaald en van de fractie afgetrokken worden.

Ten slotte mag niet uit het oog verloren worden, dat de behandeling met ammonia nà het schudden de organische stoffen slechts voor een klein deel in oplossing brengt.

De gewijzigde Engelsche methode.

Ik heb daarom de schudmethode vervangen door eene gewijzigde Engelsche methode, die hierop neerkomt, dat de grond met koud verdund zoutzuur geroteerd wordt, waarna de massa met gedestilleerd water in de slibcylinders wordt gespoeld [14]). Het afhevelen vindt aanvankelijk plaats met gedestilleerd water, totdat de electrolyten uit de suspensie verwijderd zijn, waarna fractie I verder met verdunde ammonia en de overige fracties met leidingwater worden afgeheveld.

Het bezwaar tegen deze methode is tweeërlei. In de eerste plaats gaat niet alle organische stof door de HCl-NH_4OH-behandeling in oplossing. In de tweede plaats is de behandeling met koud zoutzuur niet altijd in staat alle koolzure kalk in oplossing te brengen, wat onderstaande cijfers bewijzen (Tabel 7).

TABEL 7.

Grondmonster N°.	Gehalte aan $CaCO_3$, totaal (in % op grond).	$CaCO_3$ in de fracties (in % op grond).			
		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

Om deze reden heb ik voorgesteld de behandeling met koud verdund zoutzuur door koken met verdund zoutzuur te vervangen. Dit

voorstel heeft van verschillende zijden groote tegenkanting ontmoet. Ik veroorloof mij daarom de tegenstanders van de HCl-behandeling, zoowel in de koude als in de warmte, op het volgende te wijzen.

De behandeling met zoutzuur.

1. Invloed van verdund, koud zoutzuur en van kokend sterk zoutzuur (zie Tabel 8).

TABEL 8.

N°. B.	Gehalten (in procenten) aan fractie I.			
	zonder vóórbewerking, afslibben met ammonia (methode P).	aanroeren met koud zoutzuur, afslibben met ammonia (methode H).	koken met 5% zoutzuur, behandelen met loog; afslibben met water (methode M).	koken met 10% zoutzuur, verder als M (methode N).
53	44.2	56.0	60.8	61.1
51	27.5	35.3	37.0	40.0
105	0.5	3.6	4.6	5.7
281	1.1	4.2	26.4	44.0

Door koud verdund zoutzuur (methode H) stijgt het gehalte aan fractie I bij het Veluwezand (B 105) van 0,5 % op 3,6 %; door behandeling met zoutzuur in de warmte vindt nog eene kleine stijging plaats. Het zoutzuur lost hierbij grootendeels het kolloidale huidje van SiO_2, Al_2O_3 en Fe_2O_3, dat de zandkorrels omhult, op; de eigenlijke mineralen (kwarts, veldspaat) worden zelfs door het kokende zoutzuur practisch niet aangetast.

Geheel anders is het met het Indische zand (B 281), welks minerale bestanddeelen (augiet, basalt) sterk door het kokende sterke zoutzuur worden aangetast. Het koude verdunde zoutzuur brengt evenwel zelfs van deze mineralen weinig in oplossing.

Op de werking van zoutzuur op kleigronden kom ik sub 5 (blz. 275) terug.

2. vergelijking van de schudmethode en de Engelsche methode, resp. met koud en kokend verdund zoutzuur (Tabel 9).

TABEL 9.

No. B 1458. Methode.	Gehalte (in procenten) aan fractie.			
	I.	II.	III.	IV.
a. Schudmethode.	53.8	28.2	17.8	0.2
b. Engelsche methode	54.0	28.7	16.9	0.4
c. Als *b*, doch koken met HCl.	54.9	28.0	16.8	0.3
d. Koken met water, afslibben met water	27.5	37.9	34.4	0.2

Het onderzoek vond plaats op een zwaren kleigrond (B 1458, oude Dollardklei), vrij van koolzure kalk en humus. Bij de eerste drie methoden werd nà het schudden, resp. na de behandeling met zoutzuur, fractie I met ammonia, de overige fracties met water afgeslibd; bij methode *d* werden alle fracties met water afgeslibd. De verschillen tusschen *a*, *b* en c zijn zeer gering; groot zijn evenwel de verschillen tusschen *a*, *b* en *c* eenerzijds en *d* anderzijds. Bovendien is nog te bedenken, dat de resultaten sub *d* in hooge mate van den duur van het koken met water afhangen.

Het resultaat wijst er op, dat zelfs de deeltjes van fractie II nagenoeg niet door kokend verdund zoutzuur worden aangetast.

3. De zandige geaardheid van de zandfractie.

Ik heb reeds meermalen opgemerkt, dat het moeilijk is uit te maken, welke van de vier methoden *a*, *b*, *c* en *d* de juiste mechanische samenstelling weergeven. De volgende overwegingen kunnen ons bij de beoordeeling van dit punt van nut zijn. De fracties III en IV worden de zandfracties genoemd en men mag dus dezen eisch stellen, dat nà het afslibben van de fracties I en II ook werkelijk eene zandige massa achterblijft. Dit was bij de methoden *a*, *b* en *c* ook inderdaad het geval. De fractie III + IV volgens *d*, dus 34,4 + 0,2 = 34,6 %, vormde nà het drogen op het waterbad evenwel geen zandige massa, maar een compacte, men zou zeggen een ,,kleiige'' massa, die bij het aanwrijven met de vingers ook niet zandig aanvoelde. De scheiding tusschen ,,kleiige'' en ,,zandige'' bestanddeelen was bij methode *d* niet bereikt.

Ik heb ook nog het gedrag van de verschillende fracties tegenover kleurstoffen onderzocht. Fractie III, verkregen volgens de methoden *a*, *b* en *c*, bleek slechts weinig methylviolet vast te leggen, in tegenstelling met fractie III, volgens methode *d*, die veel methylviolet bond. Bij onderzoekingen op dit gebied moet men wel bedenken, dat

de grond het methylviolet adsorptief bindt, zoodat dus de concentratie en de hoeveelheid methylviolet van invloed zijn [15]).

4. Het onderzoek van het versche, niet gedroogde grondmonster.

Hierboven heb ik reeds op den grooten invloed van het drogen van den grond aan de lucht bij kamertemperatuur op de resultaten van het mechanisch grondonderzoek gewezen (zie tabel 4, blz. 265). Het bedoelde grondmonster is mede volgens de Engelsche methode onderzocht (behandelen met koud verdund zoutzuur en afslibben van fractie I met ammonia). De resultaten van het geheele onderzoek zijn in onderstaande tabel opgenomen (Tabel 10).

TABEL 10.

N°.	Grondmonster N°. B 851.		Gehalte aan fracties.			
			I.	II.	III.	IV.
1	Behandeling met water, afslibben met water (zie blz. 265).	natte grond	42.2	31.8	16.9	0.3
2		luchtdroog	25.5	36.7	28.6	0.4
3	Engelsche methode (koud HCl, NH_4OH, H_2O).	natte grond	44.1	30.1	16.5	0.5
4		luchtdroog	45.5	30.4	15.0	0.3
5	Methode Groningen (H_2O_2, kokend HCl, NH_4OH, H_2O).	luchtdroog	48.3	25.0	14.8	0.5

De resultaten volgens de methoden 1, 3 en 4 loopen slechts weinig uiteen. Methode 5 geeft een iets hooger gehalte aan fractie I. Ik schrijf ik toe aan de behandeling met H_2O_2, waardoor alle humus is opgelost, en aan het koken met zoutzuur, waardoor alle koolzure kalk in oplossing is gegaan. Hoofdzaak is echter, dat methode n°. 1, waarbij het versche grondmonster *enkel met water* voorzichtig wordt aangewreven en het afslibben *alleen met water* plaats vindt, nagenoeg dezelfde resultaten geeft als de behandeling met koud verdund zoutzuur en het afslibben met ammonia, terwijl zelfs het koken met H_2O_2 en met verdund zoutzuur, gevolgd door het afslibben met NH_4OH (methode n°. 5) cijfers geeft, die niet veel van n°. 1 afwijken. Dit onderzoek bewijst mede ten duidelijkste, dat de resultaten, verkregen bij de behandeling van het *luchtdroge* monster met enkel water (methode n°. 2), een absoluut foutief beeld van de mechanische samenstelling van dezen zwaren Dollardkleigrond geven.

Uit de goede overeenstemming tusschen de resultaten volgens methode 3 (natte grond) en methode 4 (luchtdroge grond) trek ik ten

slotte de conclusie, dat men bij eene intensieve vóórbewerking van het luchtdroge grondmonster kan uitgaan. Het onderzoek van versche grondmonsters levert altijd eenige bezwaren op.

5. Bestanddeelen, die bij de behandeling met verdund zoutzuur (koud en warm) in oplossing gaan.

Volgens de nieuwste voorschriften wordt de grond eerst met waterstofsuperoxyd gekookt (zie blz. 277) en daarnà met koud, resp. met kokend verdund zoutzuur behandeld. Men heeft de opmerking gemaakt, dat vooral bij de behandeling met kokend zoutzuur aanzienlijke hoeveelheden SiO_2, Al_2O_3 en Fe_2O_3, alsmede basen (CaO, MgO, K_2O en Na_2O) in oplossing zouden gaan. Het zoutzuur, dat gebruikt wordt, is zeer verdund. Boven de hoeveelheid zoutzuur, noodig voor het oplossen van de koolzure kalk, wordt nog 20 cc normaal HCl gegeven en dat op ongeveer 400 cc vloeistof, zoodat de eindconcentratie van de vloeistof, waarmede gekookt wordt, 0,05 normaal is. De resultaten van een onderzoek van eenige kleigronden zijn in Tabel 11 opgenomen.

TABEL 11.

Grondmonster N°. B.	In oplossing gegaan in procenten op drogen grond.				Fractie I+II in % op drogen grond.	Som (S) in % op fractie I+II.
	In koud, resp. kokend zoutzuur.	SiO_2.	Al_2O_3+ Fe_2O_3.	Som (S).		
795	koud	0.8	2.06	2.86	67.1	4.3
	kokend	1.11	2.60	3.71		5.5
509	koud	n. b.	n. b.	n. b.	40.2	n. b.
	kokend	0.77	1.20	1.97		4.9
1898	koud	0.42	1.24	1.66	76.3	2.2
	kokend	0.67	1.46	2.13		2.8
1900	koud	0.33	1.23	1.56	74.5	2.1
	kokend	0.64	1.53	2.17		2.9
1432	kokend	0.80	2.63	3.43	44.2	7.7
1438	kokend	0.68	2.52	3.20	43.4	7.4
1440	kokend	0.64	2.77	3.41	53.3	6.4

De bedragen, die in oplossing gaan, zijn niet groot en blijven zelfs bij zware kleigronden bij koken met verdund zoutzuur nog onder de 4 %. Hierbij moet dan nog de som aan basen (hoofdzakelijk CaO) worden opgeteld. In kokend zoutzuur lost meer op dan in koud zoutzuur, maar groot zijn de verschillen niet.

In procenten op fractie I + II (zoogenaamde kleifractie) gaat bij de eerste vier monsters van 2,1 tot 5,5 % in oplossing. Bij de drie laatste monsters zijn deze gehalten iets hooger (7,7 % — 6,4 %). Dit zijn drie rivierkleigronden met een iets leemig karakter. Bij deze drie gronden is de verhouding (Al_2O_3 + Fe_2O_3) : SiO_2 iets grooter dan bij de vier zeekleigronden. Mogelijk is hier iets meer ijzeroyde in oplossing gegaan; het ijzeroxyde werd niet afzonderlijk bepaald.

Hieronder volgen de resultaten van een dergelijk onderzoek bij een vijftal grondmonsters, waarvan de eerste vier door den voorzitter van de Eerste Commissie van de Internationale Bodemkundige Vereeniging (Commissie voor de studie van het natuurkundig grondonderzoek), Prof. Dr. V. Novak te Brno, aan verschillende laboratoria voor een vergelijkend onderzoek zijn rondgezonden (zie Tabel 12).

TABEL 12.

Type van den grond en N°. collectie Groningen.	Behandeld met koud, resp. kokend zoutzuur.	In oplossing gegaan in procenten op drogen grond.				Fractie I + II in % op drogen grond.	Som (S) in % op fractie I + II.
		SiO_2.	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$.	CaO (verminderd met CaO van de $CaCO_3$.	Som (S.)		
B 2112 (Podsol)	koud	0.29	0.76	0.18	1.23	55.11	2.2
	kokend	0.64	1.11	0.21	1.96		3.5
B 2113 (Rendzina)	koud	0.24	0.54	0.16	0.94	39.38	2.4
	kokend	0.63	1.23	0.09	1.95		4.9
B 2114 (Soedankleigrond)	koud	0.31	0.78	0.01	1.10	77.43	1.4
	kokend	1.17	1.29	0.77	3.23		4.2
B 2111 (Alkalikleigrond, Hongarije)	koud	0.26	0.84	0.21	1.31	61.33	2.1
	kokend	0.63	0.89	0.23	1.75		2.8
B 851 (Dollarkleigrond)	koud	0.43	1.17	0.68	2.28	74.09	3.1
	kokend	0.94	1.66	0.61	3.21		4.3

Deze resultaten geven aanleiding tot dezelfde opmerkingen als boven.

De vraag doet zich nu voor, op welke wijze de hoeveelheid S in rekening gebracht moet worden. Bij de slibmethode worden de in zoutzuur opgeloste bestanddeelen afgeslibd en wanneer fractie I, zooals gebruikelijk, uit het verschil met 100 berekend wordt, wordt S bij fractie I opgeteld. Daar bestaat ook geen bezwaar tegen. Het betreft hier toch de gels van SiO_2, enz. en in hoofdzaak adsorptief gebonden kalk (kleihumuskalk). Ook van fractie II zal nog wel iets door de HCl-behandeling in oplossing gaan, doch dit bedrag is naar verhouding vrij wat kleiner dan het bedrag, dat van fractie I in oplossing gaat. Aangezien nu S niet groot is, kan dit bedrag, zonder groote fout te maken, bij fractie I worden ondergebracht. Bij de slibmethode behoeft S dus niet afzonderlijk te worden bepaald.

Bij de pipetmethode volgens Robinson en eveneens bij de methoden Krauss, Wiegner, Odén moeten de in zoutzuur opgeloste bestanddeelen eerst verwijderd en afzonderlijk bepaald worden. Dit is een bezwaar bij deze methoden. Men kan dan verder deze som S bij fractie I optellen of haar afzonderlijk opgeven, zooals het Engelsche voorstel is.

6. De koolzure kalk.

Sommige onderzoekers maken bezwaar tegen de behandeling met zoutzuur, omdat daardoor de koolzure kalk in oplossing gaat. Zij meenen, dat ook de grootte van de $CaCO_3$-deeltjes een belangrijke factor bij de beoordeeling van den grond is. Ik heb deze onderzoekers in overweging gegeven, om de grootte van de deeltjes $CaCO_3$ afzonderlijk te bepalen. Men zal dan evenwel weer voor de vraag komen te staan, op welke wijze de grond voor dit onderzoek moet worden vóórbewerkt, waarbij natuurlijk de behandeling met zuren uitgesloten is. In dit verband verwijs ik naar tabel 3 op blz. 265.

Op grond van de hierboven sub 1—6 gegeven overwegingen ben ik een voorstander van de vóórbewerking van het grondmonster met verdund zoutzuur. Op de vraag of deze vóórbewerking met koud of met kokend verdund zoutzuur moet plaats vinden, kom ik aan het slot van het volgende hoofdstuk terug.

De behandeling met waterstofsuperoxyd (H_2O_2) volgens Robinson [16]).

Door Atterberg is indertijd voorgesteld de organische stoffen door behandeling met broomloog te destrueeren. Dit voorstel heeft geen ingang gevonden.

Het voorstel van Robinson, om de organische stoffen door koken met waterstofsuperoxyd te verwijderen, beteekende een groote stap vooruit [17]). In een latere publicatie [18]) komt Robinson tot de conclusie, dat het kokende H_2O_2 in staat is de gehumificeerde organische stoffen volkomen te ontleden (tot CO_2) of in water oplosbare organische verbindingen te veranderen, terwijl de vezelige organische stoffen, als

cellulose en lignine, hierbij niet worden aangetast. Indien dus de macroscopische resten van wortels, bladen, takjes, enz. vooruit door zeeven verwijderd worden, mag men aannemen, dat de achterblijvende organische stoffen, de eigenlijke humusverbindingen, door het kokende H_2O_2 geheel ontleed worden. In hoeverre dit werkelijk het geval is, kan uit het volgende onderzoek blijken.

De vóórbewerking van de grondmonsters vond plaats volgens de nieuwe Groningsche methode (zie blz. 282), dus: koken met H_2O_2, koken met HCl; afslibben van de fractie I eerst met H_2O en daarnà met NH_4OH; afslibben van de fracties II en III met water. De fracties II, III en IV werden eerst bij 105° Celsius gedroogd en daarnà gegloeid. Tabel 13 geeft de resultaten voor fractie II weer.

TABEL 13.

Grondmonster N°. B.	Gehalten in % op drogen grond aan		Grammen fractie II op 100 gram luchtdrogen grond		Grammen gloeiverlies op 100 gram grond.	Gloeiverlies in % op fractie II.
	$CaCO_3$.	humus.	gedroogd bij 150° C.	gegloeid.		
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
569	0	8.0	29.07	27.37	1.70	5.8
827	0	0	19.63	18.78	0.85	4.3
828a	0	0	24.37	22.65	1.72	7.1
828b	0	0	23.63	21.84	1.79	7.6

Zoo gaf grondmonster B 824 bij het drogen 16,04 % fractie II en bij gloeien 14,17 %, beide cijfers in procenten op drogen grond. Het gloeiverlies is dus 1,87 % in procenten op drogen grond en 100 ×

1,87 : 16,04 = 11,7 % in procenten op fractie II. Verder zijn in tabel 13 de gehalten aan koolzure kalk en humus in procenten op drogen grond opgenomen.

Bij het gloeien van fractie II heeft een kleine afname van ongeveer 0,85 tot 1,87 (in procenten op grond) plaats. Bij het gloeien van de fractie III + IV is de afname gewoonlijk niet grooter dan 0,1 à 0,2 %; in enkele gevallen werd iets meer gevonden (hoogstens 0,6 %). Dit gloeiverlies is evenwel niet aan restanten van organische stoffen, die bij de vóórbewerking (H_2O_2 — HCl — NH_4OH) achtergebleven zijn, toe te schrijven, zooals uit de volgende overwegingen blijkt. Er zijn 7 grondmonsters zonder $CaCO_3$, waarvan een drietal ook geen humus bevat. De gloeiverliezen in % op fractie II (cijfers laatste kolom) zijn bij de vier humushoudende, koolzure kalk-vrije gronden (6,0 — 4,9 — 5,1 — 5,8) niet hooger dan bij de drie humusvrije (4,3 — 7,1 — 7,6). Daartegenover staat, dat de cijfers van de laatste kolom bij de $CaCO_3$-houdende gronden, met uitzondering van B 796 en B 952, aanzienlijk hooger zijn, dan bij de $CaCO_3$-vrije gronden. Of de oorzaak van deze hoogere gloeiverliezen in restanten $CaCO_3$, die niet bij het koken met HCl in oplossing zijn gegaan, gezocht moet worden, is niet nader onderzocht.

In procenten op fractie II geven de 7 laatste, $CaCO_3$-vrije gronden gemiddeld 6 % gloeiverlies en aangezien dit gloeiverlies noch van humus, noch van koolzure kalk afkomstig is, bevat de fractie II van deze 7 gronden gemiddeld 6 % scheikundig gebonden water. De verschillen (minimum 4,3 % en maximum 7,6 %) moeten waarschijnlijk in verschillen in samenstelling van fractie II gezocht worden (meer of minder verweeringssilikaat).

Ik kom dus tot de conclusie, dat de vóórbewerking met H_2O_2 — HCl en het afslibben van fractie I met ammonia alle organische verbindingen ontleed of in oplossing gebracht heeft. Bij de vroegere vóórbewerking, zonder H_2O_2, werden geheel andere resultaten verkregen, zooals uit de tabel 14 volgt.

TABEL 14.

Grondmonster N°. B.	Gehalten in procenten op grond aan:		Gehalten in procenten op grond			Gloeiverlies in procenten op grond.	
	$CaCO_3$.	humus.	van de fracties.	gedroogd bij 105°C.	gegloeid.		
805	0	16 %	II	29.1	23.8	5.3	8.1
			III	29.6	26.8	2.8	
812	0	34 %	II	28.3	22.1	6.2	11.0
			III	21.3	16.5	4.8	

In procenten op grond is er een gloeiverlies van fractie II en III samen van 8,1 % en 11,0 %. Het vastgebonden water kan in de beide fracties hoogsten 2,5 % (in procenten op grond) geweest zijn, zoodat van de 16 % humus in B 805 nog minstens ongeveer 5,5 % en van de 34 % humus in B 812 nog minstens ongeveer 8,5 % in fractie II + III is achtergebleven.

Ik verkeerde oorspronkelijk in de meening, dat het aanbeveling verdienen zou uit de gronden met veel humus vóór de H_2O_2-behandeling een gedeelte van de humus door zacht te gloeien te verwijderen. Het is evenwel gebleken, dat de behandeling met waterstofsuperoxyde zelfs bij gronden met 60 % humus nog kon worden toegepast; wij gebruikten dan 5 gram grond in plaats van 10 gram. Het gloeien van den grond bleek zelfs schadelijk te zijn, omdat de humus, die nà het zacht gloeien in eenigszins verkoolden toestand achterbleef, niet meer geheel door het H_2O_2 ontleed werd. Bovendien werden de minerale deeltjes door deze verkoolde humusresten sterk samengekit; bij het afslibben bleef de vloeistof zeer lang troebel, terwijl de resultaten sterk van die, verkregen met niet gegloeiden grond, afweken, zooals uit tabel 15 kan blijken.

TABEL 15.

Grondmonster N°. B.	Gehalten in procenten op drogen grond aan					
	Humus.	$CaCO_3$.	de grond werd vooraf niet gegloeid.		de grond werd vooraf gegloeid.	
			Fractie I + II (klei) (berekend)	Fractie III + IV (zand).	Fractie I + II (klei) (berekend)	Fractie III + IV (zand).
1729	39	32.3	25.0	3.7	23.7	5.0
1730	46	25.9	23.4	4.7	23.1	5.0
1735	47	6.1	44.8	2.1	26.6	20.3
1738	66	1.6	30.2	2.2	21.4	11.0
1739	58	2.4	33.6	6.0	19.2	20.4
1744	55	0.6	31.0	13.4	19.4	25.0

Opmerking.

De invloed van de H_2O_2-behandeling op de oplosbaarheid van de koolzure kalk in zoutzuur.

Zooals ik reeds vroeger medegedeeld heb [19]), wijzen sommige resultaten er op, dat de koolzure kalk nà de behandeling met H_2O_2 wat gemakkelijker in verdund zoutzuur oplost. Het is niet onmogelijk,

dat de humusverbindingen de $CaCO_3$-deeltjes gedeeltelijk omhullen en tegen de inwerking van het zoutzuur beschermen. Dit doet de vraag stellen of men nà de H_2O_2-behandeling niet met HCl zou behoeven te koken, doch met eene HCl-behandeling in de koude zou kunnen volstaan. Aangezien het mij aan tijd ontbroken heeft, dit punt in onderzoek te nemen, heb ik het onder de aandacht van de Eerste Commissie gebracht, ten einde op hare vergadering in October 1926 te Rothamsted besproken te kunnen worden.

Samenvatting.

De minerale gronddeeltjes worden door $CaCO_3$, humus- en kleigels samengekit en iedere onderzoeker begint het mechanisch grondonderzoek dan ook met eene vóórbewerking, die ten doel heeft de minerale gronddeeltjes van elkander los te maken. Ik ben een voorstander van een vóórbewerking, waarbij de samenkittende gels in oplossing (ware of kolloidale) gebracht worden. Door aanroeren, aanwrijven, borstelen of koken met water wordt dit niet bereikt; ook niet door krachtig, machinaal schudden met water of verdunde ammonia. Deze laatste vóórbewerking heeft bovendien het nadeel, dat glasachtige deeltjes, als in het Indische zand voorkomen, er gedeeltelijk door verbrijzeld worden.

De beste vóórbewerking is de behandeling met waterstofsuperoxyd (volgens Robinson) en verdund zoutzuur, gevolgd door een afslibben van fractie I met verdunde ammonia. Wanneer de macroscopische organische bestanddeelen (wortelresten, enz.) door zeeven verwijderd zijn, wordt de humus door de H_2O_2-behandeling geheel ontleed of in oplosbare organische verbindingen omgezet. Men kan dus volstaan met de fracties bij 105° Celsius te drogen; het gloeien van de fracties is onnoodig en geeft zelfs fouten, omdat het scheikundig in de klei gebonden water er door verwijderd wordt. Voor de fracties III en IV is dit bedrag practisch nul. Fractie II bevat evenwel — voor zoover onderzocht — gemiddeld nog ongeveer 6 % scheikundig gebonden water (in % op de fractie), zoodat door het gloeien van fractie II een kleine fout gemaakt wordt, die in de onderzochte gronden beneden de 2 % (op drogen grond) bleef. Voor fractie I is het bedrag grooter (zie sub pipetmethode, blz. 292).

Er moet nog worden nagegaan, of de grond met eene sterke (20 %) of met een zwakke (6 %) oplossing van H_2O_2 gekookt moet worden.

Het verdunde zoutzuur brengt, behalve de koolzure kalk, nog de kleigels in oplossing; het tast de mineraalfragmenten evenwel zoo goed als niet aan, ook niet in de warmte, zelfs niet bij het Indische zand, wier mineraalfragmenten (augiet en olivien) in kokend sterk zoutzuur aanzienlijk oplossen. Kokend verdund zoutzuur lost iets meer van de kleibestanddeelen op dan koud verdund zoutzuur, in zware Nederlandsche kleigronden hoogstens bijna 4 %, resp. 3 % (op drogen grond). Bij de slibmethode wordt dit bedrag geheel bij

fractie I opgeteld. De fout, die hierdoor gemaakt wordt, is niet groot, aangezien de deeltjes van fractie II nagenoeg niet en die van de fracties III en IV in het geheel niet door het verdunde zoutzuur worden aangetast (zie verder sub pipetmethode, blz.).

Het gebruik van minder verdund zoutzuur dan voorgeschreven is onnoodig. Het is zelfs niet aan te bevelen, omdat het — afgezien van mogelijk te krachtige werking — het afslibproces langer maakt.

Er moet nog worden nagegaan of de koolzure kalk geheel in het koude verdunde zoutzuur oplost of dat daartoe koken met dit zoutzuur noodig is, en verder, in hoeverre de vóórbehandeling met H_2O_2 — in het bijzonder van humushoudende gronden — van invloed op de oplosbaarheid van de koolzure kalk in koud, resp. kokend verdund zoutzuur is.

Het afslibben van fractie I met verdunde ammonia heeft in de onderzochte Nederlandsche gronden alleen een peptiseerende werking. Gronden als door BLANCK zijn onderzocht, wier bestanddeelen in hooge mate in ammonia oplossen, werden in Nederland nog niet aangetroffen.

Op grond van het bovenstaande wordt eene vóórbewerking van het grondmonster met H_2O_2 (volgens ROBINSON) en verdund zoutzuur (koud of warm) aanbevolen, waarnà het afslibben van fractie I met verdunde ammonia en van de overige fracties met water (leidingwater) plaats vindt.

De tegenstanders van deze krachtige vóórbewerking mogen wel bedenken, dat ook het drogen van den grond aan de lucht bij kamertemperatuur eene uiterst krachtige vóórbewerking van den grond is, doch dan in negatieven zin. Ten slotte zij opgemerkt, dat zij, die de grootte van de $CaCO_3$-deeltjes wilen leeren kennen, deze afzonderlijk kunnen bepalen. Hierbij zal zich evenwel ook weder de vraag van de vóórbewerking van het grondmonster voordoen; vermoedelijk kan hier met het aanwrijven met water volstaan worden.

Methode van het Bodemkundig Instituut Groningen.

10 gram van den luchtdrogen grond, gezeefd door een zeef van 2 mm. (van zeer humusrijke gronden 5 gram) worden in den namiddag in een bekerglas van 800 à 1000 c.c. gebracht en met 50 c.c. H_2O_2 van 20 % (verkregen door 2 L. van het 30 % H_2O_2 met 1 L. H_2O te verdunnen) overgoten. Er vindt soms bij kamertemperatuur reeds een zóó sterk schuimen plaats, dat afgekoeld moet worden. Den volgenden morgen wordt de massa gedurende 30 minuten op een kokend waterbad verwarmd, waarbij met het oog op het schuimen soms nog afkoelen noodig is. Daarnà wordt opnieuw 50 c.c. H_2O_2 toegevoegd en opnieuw op het waterbad gedurende 15 minuten gekookt. Vindt bij deze tweede behandeling nog een merkbaar schuimen plaats, dan wordt voor de derde maal met H_2O_2 behandeld. De vloeistof in het bekerglas wordt met H_2O tot ongeveer 200 c.c. verdund, waarnà

200 c.c. verdund zoutzuur wordt toegevoegd, bevattende zooveel HCl, dat boven de hoeveelheid noodig voor het oplossen van de koolzure kalk, nog 20 c.c. normaal HCl aanwezig is. Voor 10 gram grond met 8 % $CaCO_3$ wordt dus 180 c.c. 0,2 N HCl + 20 cc.H_2O toegevoegd. Totaal is dan, nà het oplossen van de koolzure kalk, ongeveer 400 c.c. 0,05 N HCl aanwezig, waarmede op de vlam gedurende 15 minuten krachtig gekookt wordt. Na afgekoeld te zijn, wordt de massa met H_2O in den slibcylinder van ATTERBERG gespoeld. Het afslibben van fractie I (een kolom van 10 cm. nà 8 uur of van 20 cm. nà 16 uur) vindt aanvankelijk met H_2O plaats. Nadat de electrolyten ($CaCl_2$, HCl, enz.) verwijderd zijn (de vloeistof in de cylinders wordt troebel), wordt fractie I verder met verdunde ammonia (0,1 normaal, bereid door ongeveer 8 c.c. sterke ammonia van ongeveer 25 % met 1 Liter water te verdunnen) afgeslibd. Fractie II (kolom van 20 cm. nà 15 minuten) en fractie III (kolom van 30 cm. nà 15 seconden) worden met leidingwater afbeslibd. Fractie III kan weer in tweeën gesplitst worden, nl. III *a* (30 cm. nà 60 seconden) en III *b* (30 cm. nà 15 seconden). De fractie IV blijft in den cylinder achter. Van de fracties II, III (resp. III *a* en III *b)* en IV wordt nà bezinken de bovenstaande vloeistof afgeheveld, waarnà de fracties met gedestilleerd water in nikkelen of porceleinen schaaltjes gespoeld, op het waterbad ingedampt en bij 105° Celsius gedroogd worden. Fractie I wordt berekend uit het verschil 100 — (II + III + IV + humus + $CaCO_3$).

De koolzure kalk wordt afzonderlijk, door koken met HCl van 10 % (S.G. = 1,05) gedurende 15 minuten, bepaald (opvangen van het CO_2 in natronloog).

De humus wordt berekend door het gloeiverlies (op drogen grond) te verminderen met het CO_2-gehalte en het gehalte aan scheikundig gebonden water. Dit laatste wordt op 6,3 % van fractie I + II aangenomen. Ik kom op dit laatste nog terug. Indien de gronden meer dan 0,5 % $CaCO_3$ bevatten, wordt de grond vóór het gloeien met HNO_3 (10 gram grond + 50 cc. HNO_3 van 10 %) gedurende 10 minuten gekookt en daarnà op het waterbad tot droog toe ingedampt.

Vergelijkend onderzoek volgens de gewijzigde Engelsche methode (zie blz. 271) *en de Groninger methode* (zie blz. 282).

Onder de Engelsche methode wordt de op blz. 271 beschreven gewijzigde Engelsche methode verstaan. Deze verschilt van de op blz. 282 beschreven Groninger methode hierin, dat bij deze laatste met H_2O_2 behandeld wordt en met HCl gekookt wordt. In tabel 16 zijn de resultaten van het onderzoek van eenige Nederlandsche gronden volgens de beide methoden opgenomen. Het verhoudingsgetal in de twee laatste kolommen is verkregen door fractie I op fractie II te deelen, bijv. B 790, Engelsche methode (E) 32,0 : 42,4 = 0,75 en Groninger methode (G) 26,6 : 49,8 = 0,53.

TABEL 16.

Grondmonster N°. B.	Gehalten in procenten op drogen grond aan										Verhoudingsgetal I:II = 1:	
	$CaCO_3$	Humus (berek)	fractie I		fractie II		fractie III		fractie IV			
			E	G	E	G	E	G	E	G	E	G
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

Van de in tabel 16 opgenomen monsters is het gehalte aan fractie I volgens de methode E altijd kleiner en aan fractie II altijd grooter dan volgens de methode G. De verschillen zijn soms zeer aanzienlijk, wat mede uit het kleinere verhoudingsgetal sub G blijkt. De som I + II is bij beide methoden vrijwel gelijk en dienovereenkomstig zijn ook de verschillen bij de fracties III en IV gering. De verschillen bij I en II zijn mogelijk voor een klein gedeelte aan restjes $CaCO_3$ in fractie II bij methode E toe te schrijven; grootendeels moet de oorzaak van deze verschillen in de H_2O_2-werking gezocht worden.

Geheel andere resultaten worden evenwel bij gronden zonder koolzure kalk en zonder humus verkregen. Bij deze gronden geven de methoden E en G nagenoeg geen verschillen. Uit de cijfers van tabel 9 (blz. 273) blijkt verder, dat ook de schudmethode bij dergelijke gronden vrijwel dezelfde resultaten als de Engelsche methode geeft. Tot een dergelijk resultaat is ook de eerste Commissie bij haar onderzoek van een tweetal Nederlandsche gronden gekomen [20]).

HOOFDSTUK III.

De scheiding van de gronddeeltjes in groepen van bepaalde afmetingen.

Nadat de minerale gronddeeltjes door de vóórbewerking van elkander losgemaakt zijn, moeten ze in groepen van bepaalde afmetingen gescheiden worden. Dit kan geschieden door zeeven, door de kracht van het stroomende water en door bezinken in stilstaand water.

Met behulp van zeeven van verschillende maaswijdte kunnen de grovere gronddeeltjes van elkander gescheiden worden. Voor de kleinere gronddeeltjes (kleiner dan ongeveer 1 à 0,5 mm. diameter) worden deze zeeven te onnauwkeurig.

Een oordeel over de slibapparaten met stroomend water heb ik niet, omdat ik voor deze apparaten niet de vereischte plaats in mijn zeer beperkte werkruimten bezit. Het bekende toestel van SCHÖNE is door KOPECKY verbeterd. Op de Vierde Bodemkundige Conferentie te Rome (Mei 1924) demonstreerde KRAUSS een verbeterd slibtoestel naar KOPECKY [21]).

Ik heb altijd gewerkt met stilstaand water en ik beperk mij tot de mededeeling van de hierbij verkregen resultaten.

De formule van Stokes.

De methode om de gronddeeltjes in groepen van verschillende afmetingen te scheiden, door ze in stilstaand water te laten bezinken, berust op het feit, dat er een verband bestaat tusschen de afmetingen van een deeltje en den weg, dien dit deeltje in een vloeistof onder invloed van de zwaartekracht [22]) en wrijving aflegt. Dit verband kan als volgt worden afgeleid.

Op een bolvormig deeltje met een straal r, dat zich in een vloeistof bevindt, werkt als resultante van de zwaartekracht en den opwaartschen druk een kracht

$$K = {}^4/_3\ \pi\ r^3\ (D - d)\ g\ \ldots\ (a)$$

waarin r is de straal van het deeltje, D het S.G. van het deeltje, d het S.G. van de vloeistof en g de versnelling van de zwaartekracht [22]).

Deze kracht K geeft aan het deeltje eene eenparig versnelde, verticaal naar beneden gerichte beweging. Op het oogenblik, waarop het deeltje in beweging geraakt, begint een andere kracht te werken, tegengesteld aan de zwaartekracht, dus verticaal naar boven gericht; dat is de wrijving. Deze tweede kracht is evenredig aan de snelheid, die het deeltje bezit. Aangezien nu het deeltje zich — évenals elk vallend lichaam — hoe langer hoe sneller gaat bewegen, zal de wrijvingskracht ook hoe langer hoe grooter worden en eindelijk in grootte gelijk worden aan de naar beneden gerichte kracht K. Beide krachten heffen elkander dan op en van dat oogenblik af neemt de snelheid van het deeltje niet meer toe; het deeltje heeft dan eene eenparige beweging gekregen, d. w. z. het legt in gelijke tijden, hoe klein ook genomen, gelijke wegen af [23]).

Wanneer het deeltje nu maar klein is en het medium, waarin het valt, voldoenden weerstand biedt, dus eene voldoend groote viscositeit bezit, dan zal het oogenblik, waarop de beweging eenparig wordt, al heel spoedig intreden. Dit nu is bij kleine gronddeeltjes, die zich in water naar beneden bewegen, practisch oogenblikkelijk het geval.

De kracht, die op het vallende deeltje verticaal naar boven werkt, van het oogenblik af aan, dat het eene eenparige beweging gekregen heeft, is volgens eene berekening van den Engelschman STOKES [24])

$$6\ \pi\ e\ r\ v\ \text{— — — —}\ (b),$$

waarin e = de viscositeit van de vloeistof, r de straal van het deeltje en v de verkregen eindsnelheid, dus de snelheid, waarmede het deeltje zich verder blijft voortbewegen, dat is de weg in cm., die het deeltje per secunde aflegt.

Daar de krachten (a) en (b) aan elkander gelijk zijn, krijgen we de vergelijking:

$$^4/_3\ \pi\ r^3\ (D-d)\ g = 6\ \pi\ e\ r\ v, \text{ dus}$$

$$V = {}^2/_9\ \frac{g\ r^2\ (D - d)}{e}$$

Voor water en voor verdunde ammonia bij 16° Celsius is e = 0,011 en d = ongeveer 1; verder is g = 981, zoodat:

$$V = {}^2/_9\ \frac{981 \times (D-1)}{0{,}011} \times r^2, \text{ of}$$

$$V = 19818\ (D-1) \times r^2.$$

Volgens deze formule is de bezinkingssnelheid V, dat is de weg in cm. door een zinkend deeltje in één secunde afgelegd, evenredig met het kwadraat van de straal van dit deeltje (in cm.). Wanneer verder D bekend is, kan v uit r en omgekeerd r uit v berekend worden.

De formule van STOKES geldt slechts voor kleine snelheden; voor grootere snelheden hangt de wrijvingskracht (b) niet alleen van de eerste, doch ook van de tweede macht van de snelheid v af en krijgen we dus in plaats van (b) een ingewikkelde formule voor de wrijvingskracht. STOKES past zijn formule (b) nog toe bij snelheden van ongeveer 4 cm. per secunde. Voor fractie III (volgens ATTERBERG) wordt een kolom van 30 cm. nà 15 secunden afgeheveld; de snelheid is dan 2 cm. per secunde, dus nog de helft van het door STOKES aangenomen maximum.

De vraag rijst of de formule van STOKES ook voor zeer kleine deeltjes, van kolloidale grootte, nog doorgaat. Toen STOKES in 1851 zijne onderzoekingen in het Philosophisch Genootschap te Cambridge bekend maakte, bestond er nog geen Kolloidchemie. Uit onderzoekingen van PERRIN [25]) is gebleken, dat de wet van STOKES doorgaat voor deeltjes, die enkele tiende microns groot zijn en — voegt PERRIN er aan toe — „il est permis de présumer qu'elle l'est encore bien au delà". Men heeft de formule van STOKES zelfs toegepast om de electrische lading van deeltjes van 25×10^{-7} cm. diameter te berekenen.

Men moet verder bedenken, dat de formule van STOKES alleen voor bolvormige deeltjes geldt en voor de gronddeeltjes dus slechts bij benadering kan worden toegepast. Verder komen in de formule de grootheden e en D voor, die variabel zijn; e hangt van de temperatuur

af en D kan voor verschillende grondsoorten verschillend zijn. Men kan nu *volstaan met de grootte* van een *deeltje* enkel *door* v, dat is de bezinkingssnelheid, in cm. per secunde, aan te geven. Het is evenwel gemakkelijker met den diameter (dus 2 r) van het deeltje te werken. Nu heeft ATTERBERG aangegeven, dat een *gronddeeltje* van 2μ diameter ($r = 1\mu = 0{,}0001$ c.m.) in 8 uur een weg van 10 cm. aflegt; v wordt in dat geval $10 : 8 \times 3600$. Met behulp van deze gegevens kan D berekend worden, immers:

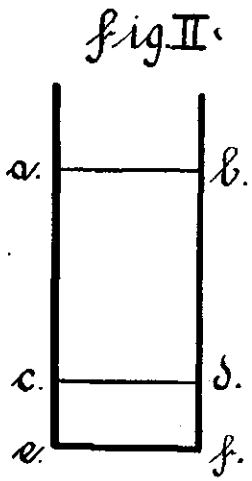
$$10 : 8 \times 3600 = 19818\ (D - 1) \times (0{,}0001)^2.$$
$$D - 1 = 1{,}752$$
$$D = 2{,}752.$$

Dit S.G. is iets grooter dan het getal, dat bij verschillende Nederlandsche grondtypen gevonden is (2,64). Ik neem nu maar verder dit soortelijk gewicht van 2,752 aan en vind dan, dat $v = 19818\ (2{,}752 - 1) \times r^2 = 34720\ r^2$. Van deze formule zal ik verder gebruik maken, om de grenzen van de verschillende fracties te berekenen. Het is evenwel noodig om naast r, of beter naast 2 r, steeds v in cm. per secunde op té geven.

Bij het mechanisch grondonderzoek in stilstaand water wordt van het verband tusschen v en r (v = constante $\times\ r^2$) op tweeërlei wijze gebruik gemaakt en wel door een kolom van zekere hoogte nà zekeren tijd af te hevelen (hevelmethode) of wel door een klein deel van de suspensie op zekere diepte nà zekeren tijd af te pipetteeren (pipetmethode van ROBINSON en KRAUSS).

De hevelmethode.

In een cylinder (van KÜHN, SIKORSKY, ATTERBERG, e.a.) wordt de grondsuspensie goed met de vloeistof (water, resp. verdunde ammonia) geschud en daarnà aan zichzelve overgelaten.



Men hevelt zekeren tijd nà het schudden (t secunden) een kolom vloeistof *abcd* van bepaalde hoogte (h cm.) af. Alle deeltjes, die korter tijd dan t secunden noodig hebben om den weg *ac* (h cm.) af te leggen, wier bezinkingssnelheid dus grooter dan $h : t$ is, zijn dan uit de bedoelde kolom *abcd* verdwenen en in de kolom *cdef* of op den bodem van den cylinder aangekomen. Men krijgt misschien een duidelijker voorstelling van wat plaats vindt, door in plaats van over de bezinkingssnelheden over de grootte van de deeltjes te spreken. Met behulp van de formule van STOKES ($v = 34720\ r^2$) kan r uit v berekend worden. ATTERBERG begint nu

met een kolom van 10 cm. hoogte na 8 uur (of van 20 cm. hoogte nà 16 uur) af te hevelen; v wordt dan $10 : 8 \times 3600$ en r nà berekening $= 0{,}0001$ cm. of $2\,r = 0{,}0002$ cm. $= 2\mu$. Als dus $h = 10$ cm. is en $t = 8$ uur, dan worden alleen deeltjes van kleinere bezinkingssnelheid dan $10 : 8 \times 3600$ of van kleineren diameter dan $2\,\mu$ afgeheveld. Aangezien nu evenwel nà het schudden de deeltjes gelijkmatig over de geheele kolom *abef* verdeeld zijn, worden niet alle deeltjes kleiner dan 2μ diameter afgeheveld. Een gedeelte van deze deeltjes bevindt zich nà 8 uur reeds in de kolom *cdef* of op den bodem van den cylinder. Het zal dus noodig zijn het afhevelen te herhalen. Daartoe wordt opnieuw met vloeistof tot de hoogte *ab* aangevuld, goed geschud en wederom nà 8 uur de kolom *abcd* ($h = 10$ cm.) afgeheveld. Dit wordt zoolang voortgezet, tot de kolom *abcd* volkomen helder geworden is. Men heeft dan alle deeltjes, die langer dan 8 uur noodig hebben om den weg van 10 cm. af te leggen, wier bezinkingssnelheid dus kleiner dan $10 : 8 \times 3600$ cm. is, m.a.w. alle deeltjes kleiner dan 2μ diameter afgeheveld.

De afgehevelde fractie (10 cm., 8 uur of 20 cm., 16 uur) wordt fractie I genoemd. Zij kan afzonderlijk bepaald of uit het verschil met 100 berekend worden. Wil men haar afzonderlijk bepalen, dan laat men de afgehevelde vloeistof, wat soms zeer groote hoeveelheden kunnen zijn, in groote bekerglazen bezinken; brengt de bovenstaande, gewoonlijk nog iets troebele vloeistofmassa's in een groote flesch bijeen, vult deze met H_2O tot een bepaalden inhoud aan en dampt een gedeelte hiervan tot droog toe in. De bezinksels in de bekerglazen worden bijeengebracht en eveneens tot droog toe ingedampt [26]).

Nà het afhevelen van fractie I bevat het bezinksel in den cylinder alleen deeltjes grooter dan 2μ diameter, resp. alleen deeltjes met eene grootere bezinkingssnelheid dan $10 : 8 \times 3600$. ATTERBERG hevelt daarnà een kolom van 10 cm. hoogte na 7,5 minuut, resp. van 20 cm. hoogte na 15 minuten af en zet dit wederom voort, totdat deze kolom helder geworden is. Dan zijn alle deeltjes met een kleinere bezinkingssnelheid dan $10 : 7{,}5 \times 60$ verwijderd. Met behulp van de formule $v = 34720 \times r^2$, kan r berekend worden, als volgt:

$$10 : 7{,}5 \times 60 = 34720 \times r^2.$$

$$r = 0{,}0008 \text{ cm.} = 8\mu.$$

Op deze wijze worden dus de deeltjes van een kleineren diameter dan 16μ afgeheveld. Dit is fractie II, waarvan de grenzen dus tusschen $2\,\mu$ en $16\,\mu$ in liggen.

Verder worden afgeheveld:

fractie III*a*, kolom 30 cm. na 60 secunden,

fractie III*b*, kolom 30 cm. na 15 secunden,

waarnà in den cylinder fractie IV achterblijft. Ook van deze fracties kunnen de grenzen berekend worden. Men krijgt dan de volgende resultaten:

Fractie.	Bezinkingssnelheid in cm. per seconde.	Diameter in micra	
		berekend volgens Stokes.	volgens opgave van Atterberg.
I	10 : 8 × 3600	kleiner dan 2	kleiner dan 2
II	20 : 15 × 60	2—16	2—20
III*a*	30 : 60	16—76	20—100
III*b*	30 : 15	76—152	100—200
IV	rest	152—2000	200—2000

De grenzen van de fracties, die met behulp van de formule van Stokes gevonden zijn, blijken dus iets af te wijken van de grenzen, die Atterberg zelf heeft opgegeven.

De slibcylinder van Atterberg.

Het afhevelen geschiedt in de bekende slibcylinders van Atterberg, die aan den onderkant een korte, hevelvormige buis voor het afhevelen bezitten en boven met ingeslepen stop gesloten kunnen worden. Ik laat de vloeistof bij loodrechten stand van den cylinder afhevelen. Hierbij blijft een gedeelte van de vloeistof onder in den cylinder staan. Van af dit niveau wordt dan weder tot de gewenschte hoogte (10 cm., resp. 20 of 30 cm.) aangevuld.

Bij het bezinken van de suspensie komt iets van de bezinkende kleideeltjes op het begingedeelte van den hevel in plaats van op den bodem van den cylinder terecht. Om dit te voorkomen, wordt de cylinder niet op een horizontaal vlak, doch op een vlak, dat een kleinen hellingshoek (3°) bezit, geplaatst.

Het is noodzakelijk steeds cylinders van precies denzelfden vorm te nemen. Het komt hierbij vooral op den vorm van de hevelbuis aan.

TABEL 17.

Grondmonster N°. B.	Gehalten aan fracties			
	I + II	III + IV	I + II	III + IV
	oude vorm.		nieuwe vorm.	
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

Nà den oorlog werden cylinders met een hevelbuis van afwijkenden vorm ontvangen, waarmede gansch andere resultaten dan met de oude cylinders verkegen werden (zie Tabel 17).

De bepaling van de mechanische samenstelling van den grond wordt gewoonlijk in drievoud aangezet. Bij de fracties I en II worden met de slibcylinders ATTERBERG altijd zeer goed kloppende cijfers gevonden; ook de overeenstemming tusschen de triplobepalingen van fractie III*a* is gewoonlijk vrij goed. Fractie III*b* en IV kunnen evenwel vrij groote afwijkingen geven, vooral bij zandgronden met hooge gehalten aan III*b* en IV, zooals uit het volgende onderzoek (Tabel 18) blijken kan (in vijfvoud aangezet).

TABEL 18.

Gehalten aan de vijf fracties op luchtdrogen grond (0,27 % vocht); gehalte aan $CaCO_3$ = 5,1 %.

I	II	I + II (klei)	III*a*	III*b*	IV	III*a* + III*b* + IV (zand)
2.2	0.9	3.1	3.0	63.8	25.0	91.8
2.3	1.0	3.3	2.8	71.9	16.9	91.6
2.2	0.9	3.1	3.0	66.9	21.9	91.8
2.0	1.2	3.2	3.8	71.2	16.7	91.7
2.4	1.2	3.6	5.2	76.2	9.9	91.3
gemiddeld 2.2	1.1	3.3	3.6	69.9	18.1	91.6

De cijfers van Tabel 18 sub fractie III*b* en IV loopen onderling sterk uiteen; hun som is evenwel vrijwel gelijk.

De oorzaak van deze slechte onderlinge overeenstemming moet waarschijnlijk hierin gezocht worden, dat deeltjes met een bezinkingssnelheid ≐ 2 (30 cm. nà 15 secunden) niet meer nauwkeurig zijn af te hevelen. De formule van STOKES moge voor de deeltjes van fractie III*b* nog doorgaan (zie blz. 286), er treden nà het schudden van de cylinders stroomingen in het water op, tengevolge waarvan het eenigen tijd duurt, vóórdat de deeltjes zich verticaal naar beneden gaan bewegen.

Bij sommige zandgronden, met een hoog gehalte aan fractie IV, bleek de scheiding van III en IV in de cylinders van ATTERBERG niet uitvoerbaar te zijn; de vloeistof werd niet helder, zelfs niet nà herhaald afslibben.

Mogelijk vindt de scheiding tusschen fractie III*b* en IV beter in een slibtoestel met stroomend water (KOPECKY, KRAUSS) plaats. Ik heb daarover geen ondervinding, omdat in mijn laboratorium geen plaats voor deze toestellen beschikbaar is. Misschien ware het nog het eenvoudigst de deeltjes grooter dan ongeveer 0,1 mm. diameter door een stel zeeven verder te scheiden [27]).

Uit den aard der zaak moet het afslibben en afhevelen van de verschillende fracties in lokalen plaats vinden, waar men geen last van trillingen heeft. Verder is uit de onderzoekingen van MORISSON [28]) gebleken, dat ook de werking van het zonlicht van invloed op het bezinken van de deeltjes is; de slibcylinders moeten in het donker geplaatst worden. Zooals reeds werd opgemerkt, is de viscositeit (e) en dus ook de bezinkingssnelheid (v) een functie van de temperatuur [29]). Ten slotte moeten warmtestroomingen, welke convectiestroomen in de suspensie teweegbrengen, vermeden worden. De slibcylinders moeten dus in donkere localiteiten geplaatst worden, waar een bepaalde en gelijkmatige temperatuur heerscht en waar trillingen buitengesloten zijn. Een zoodanige localiteit bezit het Bodemkundig Instituut niet.

De slibcylinder van Sikorsky.

De slibcylinder van SIKORSKY is zeer geschikt voor het bepalen van de fracties I + II te zamen; voor de bepaling van zeer kleine deeltjes (fractie I alleen bijv.) kan men dezen cylinder evenwel niet gebruiken. Oorspronkelijk meende ik, dat met dezen cylinder sneller gewerkt kon worden dan met de cylinders van ATTERBERG. Dit is evenwel gebleken niet het geval te zijn. SIKORSKY schrijft voor om een kolom van 20 cm. hoogte nà 1000 sec. af te hevelen of beter gezegd, weg te laten loopen. Dit geeft $V = 20 : 1000$ en $2\,r = 15{,}2\ \mu$. SIKORSKY slibt dus ongeveer de fractie I + II van ATTERBERG af, wat bij eenige vergelijkende onderzoekingen ook gevonden is. Het zou aan te bevelen zijn, ook met dezen cylinder de voorschriften van ATTERBERG te volgen en de kolom van 20 cm. hoogte niet nà 1000 secunden, doch nà 15 minuten, dat is nà 900 secunden af te slibben.

De zandfractie, die niet wordt afgeslibd, verzamelt zich in een gecalibreerde buis onder aan den slibcylinder. Het doel van de verdeeling op de buis is, om het zandgehalte direct in procenten te kunnen aflezen. Het is gebleken, dat op deze wijze zeer groote fouten gemaakt worden [30]); ook bij dit toestel moet het zand in schaaltjes gebracht en nà drogen gewogen worden.

Het spreekt wel van zelf, dat men met het toestel van SIKORSKY alleen dan dezelfde resultaten als met de cylinders van ATTERBERG verkrijgt, wanneer in beide gevallen dezelfde dispersiemethode gevolgd wordt; volgens de Groninger methode dus: koken met H_2O_2 en HCl en afslibben van de deeltjes met verdunde ammonia (0,1 normaal).

De pipetmethode.

Ongeveer terzelfder tijd, in 1922, publiceerden KRAUSS en ROBINSON hunne zoogenaamde pipetmethode, waarvan het principe hier kort beschreven moge worden.

Geheel op dezelfde wijze als bij de hevelmethode, wordt de grondsuspensie vóóraf in den slibcylinder geschud. Dit schudden moet extra krachtig geschieden, omdat voor deze methode de deeltjes zich volkomen gelijkmatig over de geheele vloeistofmassa moeten verdeelen. Nà het schudden laat men, evenals bij de hevelmethode, den cylinder een bepaalden tijd rustig staan.

We beschouwen nu in de eerste plaats de deeltjes in de suspensie onmiddellijk nà het schudden en bepalen ons gemakshalve tot deeltjes van 5 verschillende grootten, te weten *p*, *q*, *r*, *s* en *t*. Verder beschouwen we van iedere soort slechts één gelid (zie figuur III, blz. 293).

De middellijn van de deeltjes *r* is 16 μ; deze deeltjes leggen dus in 900 secunden een weg van 20 cm. af ($r = 8\ \mu = 0{,}0008$ cm. geeft in de formule $v = 34720\ r^2$ voor $v = 0{,}0222 = 20 : 900$). Het deeltje *p* is kleiner dan *q*, *q* iets kleiner en *s* iets grooter dan *r* en *t* grooter dan *s*. Onmiddellijk nà het schudden bewegen deze deeltjes zich verticaal naar beneden. Figuur IV, blz. 294, geeft den stand na 900 secunden weer; $ac = 20$ cm. De deeltjes *r* zijn dan juist geheel uit de bovenste kolom *abcd* verdwenen; de deeltjes *q* zijn nog even boven de lijn *cd*, de deeltjes *s* reeds even onder de lijn *cd*. De deeltjes *p* zijn nog ver boven, de deeltjes *t* reeds ver onder de lijn *cd*.

Het is duidelijk, dat de vloeistof ter hoogte van de lijn *cd* juist de samenstelling van de oorspronkelijke suspensie, zonder de deeltjes grooter dan 16μ diameter, bezit. Even onder de lijn *cd* bevat de suspensie nog deeltjes van 16μ en iets grooter; even boven de lijn *cd* ontbreken, behalve de deeltjes *r*, ook deeltjes *q* met een iets kleineren diameter dan *r*.

We gaan nu uit van een suspensie van 10 gram grond tot 1 Liter (een suspensie van 1 %) en pipetteeren op een wijze, die nader beschreven zal worden, 900 secunden nà het schudden ter hoogte van *cd* 10 cc. suspensie; dampen deze tot droog toe in, drogen en wegen en vinden bijv. 0,0632 gram. Dan bevat de suspensie 6,32 gram, dat is 63,2 % deeltjes kleiner dan 16μ diameter; dat is wat we fractie I + II genoemd hebben.

Nà het afpipetteeren van de 10 cc. blijft er nog 990 cc. suspensie over. In deze 990 cc. zijn nog alle deeltjes grooter dan 16 μ (fractie III + IV) aanwezig; de concentratie aan fractie III + IV is dus grooter geworden dan ze in de oorspronkelijke suspensie was. De concentratie aan deeltjes kleiner dan 16μ, aan fractie I + II dus, is evenwel nog precies gelijk aan de concentratie van deze deeltjes in de oorspronkelijke suspensie.

We gaan nu deze 990 cc. opnieuw krachtig schudden en pipetteeren opnieuw ter diepte van 20 cm. onder het niveau 10 cc. af, doch thans

fig. III

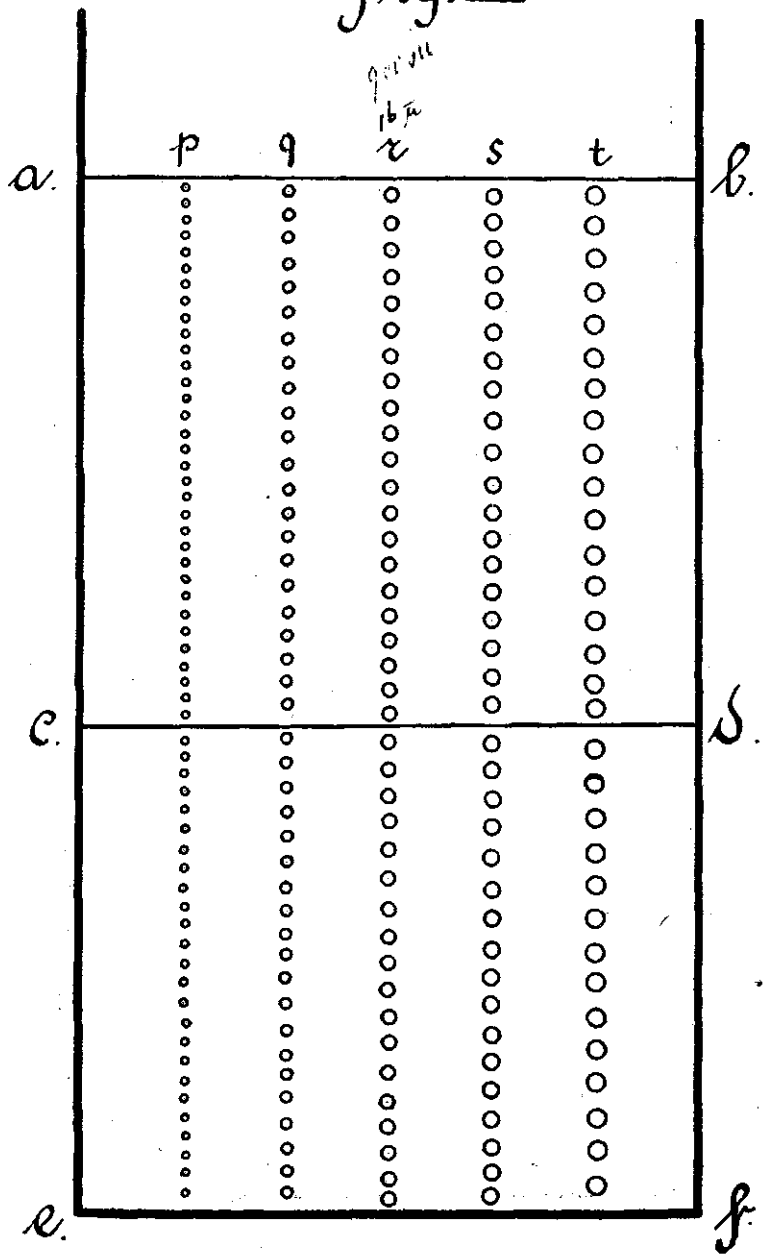
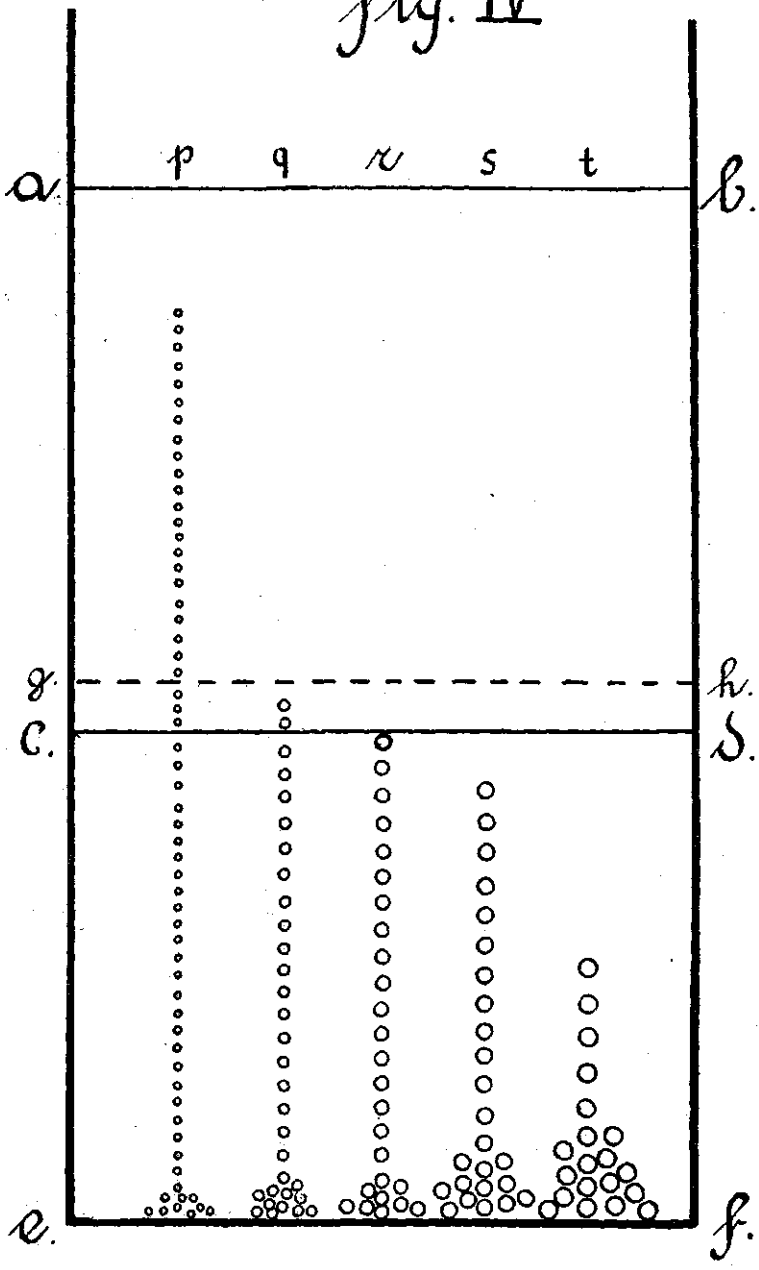


fig. IV



16 uur nà het schudden. We krijgen dan 10 cc., waaruit alle deeltjes grooter dan 2μ diameter verdwenen zijn, doch die ten opzichte van de deeltjes kleiner dan 2μ diameter dezelfde samenstelling als de oorspronkelijke suspensie bezit. Nà indampen, drogen en wegen vinden we bijv. 0,0351 gram. Dan bevat de suspensie 3,51 gram, dat is 35,1 % deeltjes kleiner dan 2 μ, dat is wat we fractie I genoemd hebben. Het gehalte aan fractie II is dus 63,2 — 35,1 = 28,1 %.

Op deze wijze kan men elke fractie bepalen, die men wil. ROBINSON begint met op een diepte van 30 cm. onder het niveau nà 5 minuten af te pipetteeren. De bezinkingssnelheid v is dan 30 : 300 = 0,1, zoodat 2 r wordt 34μ. Voor deeltjes grooter dan ongeveer 50 à 100μ is de pipetmethode, evenmin als de hevelmethode geschikt (zie blz. 290).

Overigens kan men met de pipetmethode op zeer eenvoudige wijze elke gewenschte fractie vlug bepalen. Een groot voordeel van deze methode is verder, dat het gehalte aan deeltjes kleiner dan 2μ op gemakkelijke wijze er door bepaald kan worden. Zoo hebben wij bijv. door afpipetteeren ter diepte van 20 cm. onder het niveau nà 16 × 16 uur, dat is nà 10 dagen en 2 uur, het gehalte aan deeltjes kleiner dan $0{,}5\mu$ diameter (fractie I*a*) bepaald, waarna het gehalte aan fractie I*b* (0,5 — 2,0 μ) berekend kon worden. Men kan fractie I*a* ook met de hevelmethode bepalen, doch moet dan een kolom van 20 cm. hoogte ettelijke malen telkens nà 10 dagen en 2 uur afhevelen, wat maanden duren kan, vóór de kolom helder is.

De wijze van afpipetteeren.

KRAUSS heeft een vrij ingewikkeld toestel voor het afpipetteeren geconstrueerd. ROBINSON gebruikt daarvoor eenvoudig een kurk, waardoor de pipet gaat. Met een gewonen maatstok wordt de pipet op de vereischte hoogte gebracht. Ongeveer 20 secunden, voordat de tijd verstreken is, wordt de pipet met den vinger afgesloten, voorzichtig in de suspensie gebracht en de kurk op den cylinder geplaatst. Het ondereinde van de pipet moet nu precies op de hoogte *cd* (zie figuur III) zijn. Ten gevolge van den hydrostatischen druk stijgt een deel van de suspensie boven de lijn *cd* in de pipet, waardoor een fout gemaakt wordt. Om deze fout zoo klein mogelijk te maken, wordt een pipet met nauwe uitvloeiopening genomen. Nadat de kurk op den cylinder geplaatst is, wordt de vinger weggenomen en stroomt de suspensie in de pipet; door voorzichtig zuigen wordt de pipet tot de streep gevuld. Men kan ook de diepte *cd* zoodanig nemen, dat de streep van de pipet onder het niveau *ab* komt, zoodat zuigen onnoodig is.

Als men bedenkt, dat men juist een klein deel van de suspensie ter hoogte van de lijn *cd* moet hebben, dan lijkt deze wijze van afpipetteeren vrij ruw. Het blijkt evenwel, dat men er onderling vrij goed kloppende cijfers mede krijgt. Bovendien is de overeenstemming van pipetmethode en de hevelmethode vrij goed (zie blz. 297, tabel 19).

De vóórbewerking bij de pipetmethode.

Om cijfers te krijgen, die met de hevelmethode vergeleken kunnen worden, moet uit den aard der zaak bij de pipetmethode dezelfde vóórbewerking van het grondmonster worden toegepast, dat is volgens de Groningen methode het koken met H_2O_2 en met HCl. Bij de hevelmethode worden de elektrolyten vóór het toevoegen van de ammonia door afslibben met H_2O verwijderd. Uit den aard der zaak moeten de elektrolyten bij de pipetmethode vóór het afpipetteeren verwijderd worden. ROBINSON bereikt dit door de suspensie op een filter te brengen en met water uit te wasschen. Wij hebben dit uitwasschen steeds voortgezet, totdat de chloorreactie verdwenen was. Daarnà plaatsen wij den trechter met het filter op een schudkolf van 1 Liter, steken het filter met een glazen staaf door en spoelen de suspensie kwantitatief in de kolf. Men kan desnoods de laatste resten, die aan het papier kleven, door uitwringen van het papier met water verwijderen. Men vult daarnà de schudkolf tot ongeveer 500 cc. met H_2O aan, voegt 50 cc. verdunde ammonia (van 10 %) toe en roteert de kolf. Bij zandige gronden wordt gedurende 12 uur, bij zeer zware kleigronden gedurende 40 uur geroteerd. De inhoud van de kolf wordt dan in een maatcylinder van een liter gebracht en met H_2O tot de streep aangevuld. De cylinder wordt met een kurk gesloten en bij elke bepaling krachtig geschud.

Zooals men ziet, worden op deze wijze de bestanddeelen, die bij de H_2O_2-HCl-behandeling in oplossing gegaan zijn, bij het filtreeren verwijderd. Men is dus genoodzaakt deze in het filtraat te bepalen (zie tabel 12, blz. 276). Dit is een bezwaar van de methode. Men kan nu deze bestanddeelen afzonderlijk opgeven als: opgelost in H_2O_2 — HCl of wel ze bij fractie I optellen (zie blz. 277).

Nadat de verschillende fracties, bijv. II, I*b* en I*a*, volgens de pipetmethode bepaald zijn, wordt de bovenstaande kleisuspensie afgeheveld en daarnà het bezinksel in een slibcylinder van ATTERBERG gebracht. Men kan dan verder fractie III*a*, III*b* en IV met behulp van de hevelmethode bepalen. Misschien ware het eenvoudiger dit bezinksel door een stel zeeven te spoelen (zie de opmerking op blz. 291).

Hiermede is de methode van ROBINSON kort beschreven. Op onderdeelen ben ik niet ingegaan. Ik verwijs daartoe naar eene kleine brochure: ,,The official method for the mechanical analysis of soils, adopted by the Agricultural Education Association in 1925'', reprinted from ,,Agricultural Progress'', Vol. III, 1926. De in deze officieele methode beschreven vóórbewerking komt vrijwel met die van het Groninger Instituut (zie blz. 282) overeen; Engeland behandelt evenwel met koud HCl, terwijl Groningen met HCl kookt. Verder gloeit Engeland de fracties, terwijl Groningen de fracties bij 105° Celsius droogt. Het Engelsche getal voor gloeiverlies omvat dus de organische stof en het scheikundig gebonden water uit de kleisubstantie. Verder geeft Engeland hetgeen bij de H_2O_2-HCl-behandeling in oplossing

gaat, afzonderlijk op. Zooals reeds is medegedeeld, zullen deze punten in October 1926 op de Vergadering van de eerste Commissie van de Internationale Bodemkundige Vereeniging te Rothamsted nader besproken worden.

De resultaten van de pipetmethode.

Een monster zware Dollardkleigrond (Finsterwolderpolder, B 851) werd volgens de pipetmethode onderzocht. De vóórbewerking vond plaats met H_2O_2 (6 % in plaats van 20 %) en HCl (koken met 400 cc. 0,5 N HCl boven het HCl, noodig voor het oplossen van de $CaCO_3$). Hierbij ging in oplossing, in % op drogen grond, SiO_2 0,94 %, Al_2O_3 + Fe_2O_3 1,66 % en CaO (uit de klei) 0,61 %, totaal 3,21 % (oplosbaar H_2O_2-HCl). De fracties werden bij 105° C. gedroogd. Het gehalte aan zand (III + IV) is uit het verschil berekend. Hier volgen de resultaten in procenten op drogen grond:

koolzure kalk ($CaCO_3$)	8,49 %
humus (berekend)	2,97 ,,
fractie I*a* (deeltjes $< 0,5\mu$)	33,50 ,,
,, I*b* ($0,5 - 2\mu$)	14,34 ,,
,, II ($2 - 20\mu$)	23,50 ,,
zand ($20 - 2000\mu$)	13,99 ,,
oplosbaar in H_2O_2 — HCl	3,21 ,,

Ten einde dit resultaat met dat van de hevelmethode te kunnen vergelijken, zijn de gehalten aan fractie I*a* (33,50 %), fractie I*b* (14,34%) en oplosbaar in H_2O_2 - HCl (3,21 %) bijeengeteld (51,05%) en als fractie I in rekening gebracht.

TABEL 19.

	Podsol B 2112.		Rendzina B 2113.		Soedan-kleigrond B 2114.		Alkaligrond uit Hongarije B 2111.		Dollard-kleigrond B 851.	
	H.	P.	H.	P.	H.	P.	H.	P.	H.	P.
Humus	0.4	0.4	4.6	4.6	1.0	1.0	1.5	1.5	3.0	3.0
$CaCO_3$	0.0	0.0	5.7	5.7	5.9	5.9	0.0	0.0	8.5	8.5
I	29.9	29.5	27.1	27.5	62.9	46.4	33.4	32.9	51.0	51.0
II	23.4	23.8	11.6	12.0	14.6	30.5	27.5	25.8	22.0	23.5
I + II	53.3	53.3	38.7	39.5	77.5	76.9	60.9	58.7	73.0	74.5
III + IV	46.3	46.3	51.0	50.2	15.6	16.2	37.6	39.8	15.5	14.0

In de tabel 19 zijn de resultaten van het onderzoek volgens de pipetmethode (P) en de hevelmethode (H) van het vijftal grondmonsters, dat bij de Eerste Commissie van de I. B. V. in onderzoek is, opgenomen. De vóórbewerking vond plaats als hierboven is aangegeven (6 % H_2O_2, koken met HCl). Bij de pipetmethode is fractie I verkregen door *Ia* + *Ib* + oplosbaar in H_2O_2 - HCl te sommeeren.

De overeenstemming tusschen de methoden H en P is zeer fraai bij de monsters 2112 en 2113 en zeer goed bij de monsters 2111 en 851. Bij B 2114 treden groote afwijkingen op. De som van fractie I + II is bij beide methoden nagenoeg gelijk (77,5 % en 76,9 %); de pipetmethode geeft evenwel een aanzienlijk lager gehalte aan fractie I (46,4 %) en een aanzienlijk hooger gehalte aan fractie II (30,5 %) dan de hevelmethode (62,9 % en 14,6 %). De oorzaak van het verschil moet in het verschil in de ammonia-behandeling zitten. Bij de hevelmethode is fractie I gedurende 18 dagen (telkens nà 8 uur en 16 uur) met verdunde ammonia afgeheveld; bij de andere vier monsters duurde dit afhevelen slechts 10 à 12 dagen. Bij de pipetmethode werden alle 5 monsters 40 uur met verdunde ammonia in aanraking gelaten, gedurende welken tijd 4 × 2,5 uur, dat is totaal 10 uur, geroteerd werd. Er zal nog worden nagegaan of door 40 uur met ammonia te roteeren betere overeenstemming met de hevelmethode verkregen wordt *). Ook dit punt zal in October te Rothamsted nader besproken worden.

Als bijzonderheid moge hier nog worden medegedeeld, dat van deze 5 gronden de afmeting van de kleinste deeltjes nà de vóórbewerking (H_2O_2 - HCl - NH_4OH) is nagegaan. Bij het afpipetteeren van fractie *Ia*, wat hier plaats vond nà 12 dagen 6 uur 24 minuten (= 17664 minuten) — de diepte bedroeg 23 cm. onder het niveau [31]) — was er in elken cylinder een kleine laag onder het niveau volkomen helder. Bij B 851 bedroeg de hoogte van deze heldere laag 2,2 cm.; de kleinste deeltjes hebben dus in 17664 × 60 secunden een weg van 2,2 cm. afgelegd. Met behulp van de formule $v = 34720\ r^2$, wordt $r = 0{,}000008$ cm. $= 0{,}08\mu$; $2r = 0{,}16\mu$. Dit is de diameter van de kleinste deeltjes. Hier volgen de resultaten voor de 5 monsters (Tabel 20).

TABEL 20.

N°. B.	Hoogte van de heldere laag nà 17664 minuten in cM.	Diameter van de kleinste deeltjes in micra.
2112	2.8	0.18
2113	1.9	0.14
2114	5.1	0.24
2111	1.6	0.13
851	2.2	0.16

*) Dit is inderdaad gebleken het geval te zijn.

De getallen loopen dus niet veel uiteen; gemiddeld is de diameter van de kleinste deeltjes in deze vijf gronden van zoo uiterst verschillende herkomst 0,17 micra. Nemen we aan, dat de grootte van de kolloidale deeltjes tusschen 0,1 en 0,01 micra diameter in ligt, dan zou geen van deze gronden minerale deeltjes van kolloidale afmetingen bevatten.

De Methoden van Odén en Wiegner [32]).

Door ODÉN en WIEGNER zijn vrij ingewikkelde bezinkingsmethoden ter bepaling van de mechanische samenstelling van den grond uitgewerkt. Het voordeel van beide methoden is, dat zij het resultaat van het onderzoek in een curve weergeven, waaruit elke gewenschte fractie langs graphischen weg berekend kan worden. Voor grondonderzoek hebben deze methoden tot nu toe nog slechts weinig toepassing gevonden. In hoeverre hunne resultaten met die van andere methoden overeenkomen, is mij niet bekend.

HOOFDSTUK IV.

De afmetingen van de groepen van de gronddeeltjes.

Evenmin als ten opzichte van de vóórbewerking van de grondmonsters heerscht er tusschen de verschillende onderzoekers overeenstemming betreffende de vraag, tot welke groepen de minerale gronddeeltjes vereenigd moeten worden. Tabel 21, blz. 300, geeft een overzicht van de verschillende indeelingen, die omstreeks 1910 in de verschillende landen in gebruik waren. Deze tabel is uit de tweede mededeeling van Dr. ALBERT ATTERBERG, Kalmar, Februari 1911, aan de leden van de Commissie voor de klassificatie van de gronddeeltjes, overgenomen [33]).

Zooals men ziet, heeft ATTERBERG hier de fractie: deeltjes kleiner dan 0,002 mM. = 2 μ, weer onderverdeeld in een fractie 2 μ — 0,2 μ, Feinschluff en een fractie: deeltjes van kolloidale afmetingen, kleiner dan 0,2 μ. Zooals reeds is opgemerkt, trof ik in het vijftal op dit punt onderzochte gronden nagenoeg geen deeltjes kleiner dan 0,2 μ diameter aan (zie tabel 20, blz. 298). Ik heb daarom de deeltjes kleiner dan 2 μ diameter de fractie I volgens ATTERBERG genoemd.

Er is wel veel verschil in de verschillende indeelingen en het ligt voor de hand, dat ook op dit punt getracht moet worden, tot internationale overeenstemming te geraken. Ik heb mij bij de indeeling van ATTERBERG aangesloten, hoofdzakelijk om deze reden, dat deze indeeling in de laatste jaren in vele landen gevolgd wordt. Het komt mij evenwel wenschelijk voor, de groep III van ATTERBERG in twee groepen, III*a* en III*b*, onder te verdeelen. Ik kom op dit punt nader terug.

TABEL 21.

Die Klassifikation der Bodenkörner.

Durchmesser der Körner.	Nach Wahnschaffe.	Nach Bureau of Soils.	Nach Hilgard.	Nach Schlösing.	Nach Atterberg.
10 mM.					
5 „	Kies oder Grand.				20—2 mM. Kies.
2 „	2—1 mM. Sehr grober Sand.	2—1 mM. Fine gravel.		Cailloux.	
1 „	1—0.5 mM. grober Sand.	1—0.5 Coarse sand.	1.2—0.6 Gravel.		2—0.2 mM. Wasserdurchlassender Sand. (Fraktion IV.)
0.5 „	0.5—0.2 feiner Sand.	0.5—0.25 Medium sand.	0.50 0.30 Sand.	Sable gros.	
0.2 „	0.2—0.1 sehr feiner sand.	0.25—0.1 Fine sand.	0.16 0.12		
0.1 „	0.1—0.05 Sehr feinder Sand.	0.1—0.05 Very fine sand.			0.2—0.02 mM. Wasserbehaltender sand. (Fraktion III).
0.05 „					
0.02 „	0.05—0.01 Staub.	0.05—0.005 Silt.	Silt.		
0.01 „				Sable fin.	0.02—0.002 Grobschluff. (Kapillare Wasserbewegung ziemlich schnell.) (Fraktion II.)
0.005 „		0.005			
0.002 „					0.002
0.001 „ = 1 μ	Tonige Teilchen.	Clay.	0.0016	0.0016	2 μ—0.2 μ Feinschluff. (Kapillare Wasserbewegung sehr erschwert.) (Fraktion I.)
0.5 μ				Argile.	
0.2 μ			Clay.		
Nicht messbare Teilchen.					Teilchen Kolloidaler Grösse.

De opmerking is gemaakt, dat men beter doet in plaats van de grootte (diameter = $2r$) de bezinkingssnelheid (v) van de deeltjes op te geven. Als motief hiervoor voert men aan, dat de grootte van de deeltjes met behulp van de formule STOKES uit v berekend wordt. Deze formule geldt evenwel alleen voor bolvormige deeltjes en bevat bovendien de grootheid D, het soortelijk gewicht van de deeltjes, die voor verschillende gronden en zelfs voor deeltjes van één en denzelfden grond verschillend kan zijn [34]). De juistheid van deze bezwaren moet erkend worden, al worden ze ook soms sterk overdreven. Het opgeven van de grootte van de deeltjes heeft evenwel ongetwijfeld dit voordeel, dat het eene betere voorstelling van de mechanische samenstelling van den grond geeft dan het vermelden van de bezinkingssnelheden. In allen geval is het noodig naast de grootte van de deeltjes steeds de bezinkingssnelheden (in cm. per secunde) te vermelden.

Microscopisch onderzoek naar de grootte van de deeltjes.

Ten einde na te gaan, in hoeverre de bezwaren van sommige onderzoekers tegen het opgeven van de grootte van de deeltjes juist zijn, is een microscopisch onderzoek naar de grootte van de deeltjes ingesteld. Dit onderzoek is door den analist A. DEKKER, onder leiding van Dr. K. ZIJLSTRA, directeur van de botanische afdeeling van het Rijkslandbouwproefstation Groningen, verricht. Het onderzoek vond aan de botanische afdeeling plaats. Ik betuig hier nogmaals mijn dank aan Dr. ZIJLSTRA, die zijn geheele instrumentarium voor dit doel ter beschikking gesteld had.

Voorloopig zijn nog slechts de fracties II en III*a* van een tweetal gronden, zeekleigrond en keileem, onderzocht. Het monster zeekleigrond is een gemiddeld monster bovengrond van een viertal verschillende veldjes van een proefveld te Schildwolde (Groningen); het monster keileem werd in 1925 bij een bezoek aan den dijk tusschen Noordholland en Wieringen meegenomen; het is geen gemiddeld monster van het materiaal, dat bij het maken van dezen dijk gebruikt is. In tabel 22 zijn de resultaten van het onderzoek van deze gronden,

TABEL 22.

N°. B.	Grondsoort.	$CaCO_3$.	Humus.	I	II	I + II (klei).	III*a*.	III*b*.	IV.	III*a* + III*b* + IV (zand)	Verhoudingsgetal I:II=1:
1972	Keileem	0.1	0.0	20.9	10.0	30.9	13.0	21.1	34.9	69.0	0.48
2005/11	Zeeklei	0.4	2.8	46.5	27.8	74.3	20.4	1.2	0.9	22 5	0.60

in procenten op drogen grond, opgenomen. Onder klei wordt verstaan de som van fractie I + II (deeltjes kleiner dan 0,02 mm. diameter); onder zand de som van fractie III*a* + III*b* + IV (deeltjes van

0,02 — 2 mm. diameter). Geen van beide monsters bevatte deeltjes grooter dan 2 mm. diameter.

Voor het onderzoek werden de gedroogde fracties II en III*a* gebruikt. Een gedeelte van elke fractie werd met zuivere glycerine van een S.G. = 1,26 krachtig geschud; uit deze suspensie werd een druppel afgepipetteerd en op een dekglaasje gebracht. Het bleek, dat zelfs de deeltjes van fractie III*a* in deze sterk visceuze vloeistof (grootheid *e*) tijdens den duur van het afpipetteeren practisch niet bezonken; in water en in mengsels van glycerine met water was dit wel het geval. De verhouding grond : glycerine (zie de tabelen) werd zoodanig genomen, dat de deeltjes verspreid in het gezichtsveld lagen en afzonderlijk te meten waren. Totaal werden ongeveer 1000 deeltjes uit elk preparaat gemeten. Het aantal rijen, dat hiervoor noodig was, varieerde en was natuurlijk voor III*a* grooter dan voor II. De vergrooting bedroeg resp. 1220 (bij fractie II) en 500 (bij fractie III*a*), zoodat 1 millimeter van het meetlatje met resp. 0,82 μ en 2 μ correspondeerde. Alleen de grootste afmeting van de deeltjes werd gemeten. Ik volsta hier met deze korte beschrijving, te meer, omdat Dr. ZIJLSTRA zijne methode binnenkort zelf publiceeren zal.

De resultaten van het onderzoek zijn in een viertal tabellen A, B, C en D opgenomen. In deze tabellen worden vermeld: de grootte van de deeltjes, het aantal en het percentage. Zooals uit de Tabellen blijkt, is de grootte niet nauwkeurig gemeten, doch tusschen twee grenzen opgegeven.

Van elk onderzoek is een sommatiecurve en een frequentiecurve geteekend. De sommatiecurve wordt als volgt verkregen (bijv. zeeklei, fractie II). Op de horizontale as wordt de grootte van de gemeten grenzen afgezet (0,82 — 1,64 — 2,46 μ enz.). In het midden van 0,82 —1,64, dus bij 1,23 μ, wordt op de verticale as het bijbehoorende percentage 2,1 afgezet (zie Tabel A). In het midden van 1,64 — 2,46, dus bij 2,05, wordt het percentage 2,1 + 6,2 = 8,3 afgezet; enz. De sommatiecurve eindigt dus bij 100. De frequentiecurve wordt verkregen door op de horizontale as bij 1,23 μ op de verticale as 2,1 % en bij 2,05 μ, evenzoo 6,2 % af te zetten (zie de cijfers van Tabel A). Deze curve vertoont een stijgend en een dalend gedeelte (zie figuur V en VI).

Hier volgt een kort overzicht van de verkregen resultaten (Tabel 23).

TABEL 23.

Fractie II.	Zee-klei.	Fractie II.	Kei-leem.	Fractie III*a*.	Zee-klei.	Fractie III*a*.	Kei-leem.
1.2— 2 μ	2.1 %	1.2— 2 μ	3.1 %	3— 16 μ	6.9 %	3— 16 μ	7.2 %
2—16 „	90.6 „	2—16 „	93.5 „	16— 20 „	2.0 „	16— 20 „	4.3 „
16—20 „	3.6 „	16—20 „	2.5 „	20— 76 „	89.3 „	20— 76 „	80.7 „
20—40 „	3.7 „	20—24 „	0.9 „	76—100 „	1.8 „	76—100 „	4.5 „
						100—140 „	3.3 „

TABEL A.

Zeekleigrond, B 2005/11, fractie II, 0,25 gram grond in 25 cc glycerine van 1,26 S. G.; vergrooting = 1220.

Grootte van de deeltjes in micra.	Aantal gemeten deeltjes.	In procenten.
0.82— 1.64	22	2.1
1.64— 2.46	64	6.2
2.46— 3.28	132	12.9
3.28— 4.10	108	10.5
4.10— 4.92	108	10.5
4.92— 5.64	101	9.9
5.64— 6.56	96	9.4
6.56— 7.38	60	5.9
7.38— 8.20	51	5.0
8.20— 9.02	42	4.1
9.02— 9.84	33	3.2
9.84—10.66	23	2.2
10.66—11.48	23	2.2
11.48—12.30	18	1.8
12.30—13.12	12	1.2
13.12—13.94	12	1.2
13.94—14.76	17	1.7
14.76—15.58	11	1.1
15.58—16.40	16	1.6
16.40—20	37	3.6
20 —30	31	3.0
30 —42	7	0.7
	Som 1024	Som 100.0

TABEL B.

Keileem, B. 1972, fractie II, 0,25 gram grond in 25 cc glycerine van 1,26 S.G.; vergrooting = 1226.

Grootte van de deeltjes in micra.	Aantal gemeten deeltjes.	In procenten.
0.82— 1.64	32	3.1
1.64— 2.46	115	11.0
2.46— 3.28	138	13.2
3.28— 4.10	170	16.3
4.10— 4.92	106	10.2
4.92— 5.64	103	10.0
5.64— 6.56	79	7.6
6.56— 7.38	62	6.0
7.38— 8.20	60	5.8
8.20— 9.02	25	2.4
9.02— 9.84	30	2.9
9.84—10.66	18	1.7
10.66—11.48	19	1.8
11.48—12.30	18	1.7
12.30—13.12	11	1.1
13.12—13.94	8	0.8
13.94—14.76	4	0.4
14.76—15.58	5	0.5
15.58—16.40	4	0.4
16.40—20	26	2.5
20—24	9	0.9
	Som 1042	Som 100.3

TABEL C.

Zeekleigrond, B 2005/11, fractie IIIa, 0,25 gram grond in 25 cc glycerine van 1,26 S. G.; vergrooting 500.

Grootte van de deeltjes in micra.	Aantal gemeten deeltjes.	In procenten.	Grootte van de deeltjes in micra.	Aantal gemeten deeltjes.	In procenten.
2— 4	8	0.8	*Transport*	836	80.4
4— 6	13	1.3	46— 48	31	3.0
6— 8	11	1.1	48— 50	27	2.6
8—10	13	1.3	50— 52	23	2.2
10—12	10	1.0	52— 54	24	2.3
12—14	7	0.7	54— 56	15	1.4
14—16	7	0.7	56— 58	15	1.4
16—18	7	0.7	58— 60	13	1.2
18—20	14	1.3	60— 62	6	0.6
20—22	19	1.8	62— 64	6	0.6
22—24	44	4.2	64— 66	4	0.4
24—26	55	5.3	66— 68	4	0.4
26—28	65	6.2	68— 70	6	0.6
28—30	80	7.7	70— 72	4	0.4
30—32	74	7.1	72— 74	3	0.3
32—34	66	6.3	74— 76	5	0.5
34—36	69	6.6	76— 78	3	0.3
36—38	66	6.3	78— 80	3	0.3
38—40	68	6.5	80— 82	3	0.3
40—42	49	4.7	84— 86	3	0.3
42—44	54	5.2	90— 92	2	0.2
44—46	37	3.6	98—100	4	0.4
Transport.	836	80.4	Som	1040	100.1

TABEL D.

Keileem, B 1972, fractie IIIa, 0,25 gram grond in 25 c c glycerine van 1,26 S. G.; vergrooting = 500.

Grootte van de deeltjes in micra.	Aantal gemeten deeltjes.	In procenten.	Grootte van de deeltjes in micra.	Aantal gemeten deeltjes.	In procenten.
2— 4	7	0.7	*Transport*	914	87.8
4— 6	10	1.0	66— 68	10	1.0
6— 8	10	1.0	68— 70	10	1.0
8—10	11	1.1	70— 72	7	0.7
10—12	10	1.0	72— 74	7	0.7
12—14	12	1.2	74— 76	9	0.9
14—16	13	1.2	76— 78	7	0.7
16—18	18	1.7	78— 80	9	0.9
18—20	27	2.6	80— 82	6	0.6
20—22	35	3.4	82— 84	3	0.3
22—24	44	4.2	84— 86	6	0.6
24—26	53	5.1	86— 88	3	0.3
26—28	55	5.3	88— 90	3	0.3
28—30	67	6.4	90— 92	3	0.3
30—32	70	6.7	92— 94	2	0.2
32—34	55	5.3	94— 96	3	0.3
34—36	49	4.7	96— 98	2	0.2
36—38	44	4.2	98—100	5	0.5
38—40	47	4.5	100—102	3	0.3
40—42	26	2.5	102—104	4	0.4
42—44	28	2.7	104—106	2	0.2
44—46	30	2.9	106—108	3	0.3
46—48	30	2.9	108—110	3	0.3
48—50	29	2.8	110—112	5	0.5
50—52	20	1.9	112—114	3	0.3
52—54	19	1.8	114—116	2	0.2
54—56	18	1.7	116—118	1	0.1
56—58	17	1.6	118—120	1	0.1
58—60	18	1.7	122—124	2	0.2
60—62	15	1.4	130—132	2	0.2
62—64	15	1.4	138—140	2	0.2
64—66	12	1.2			
Transport.	914	87.8	Som	1042	100.6

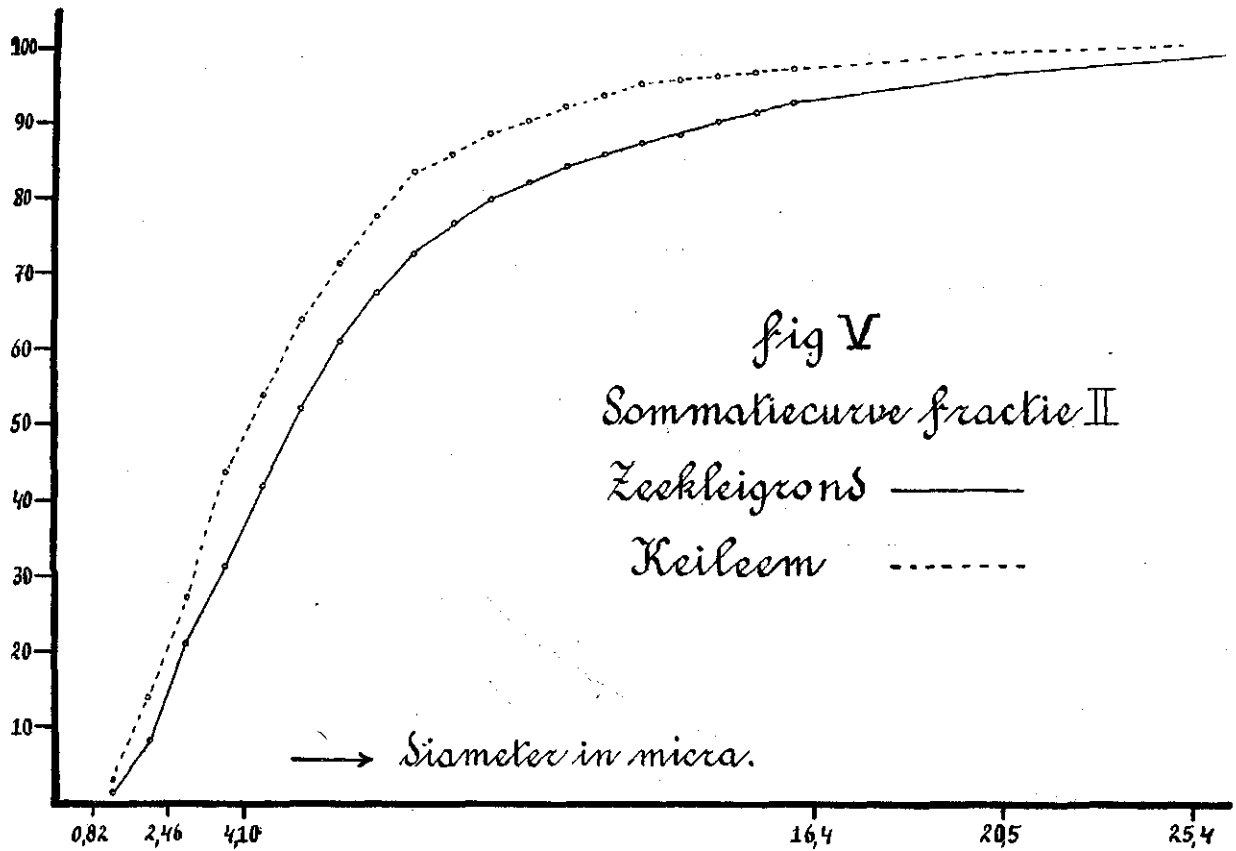
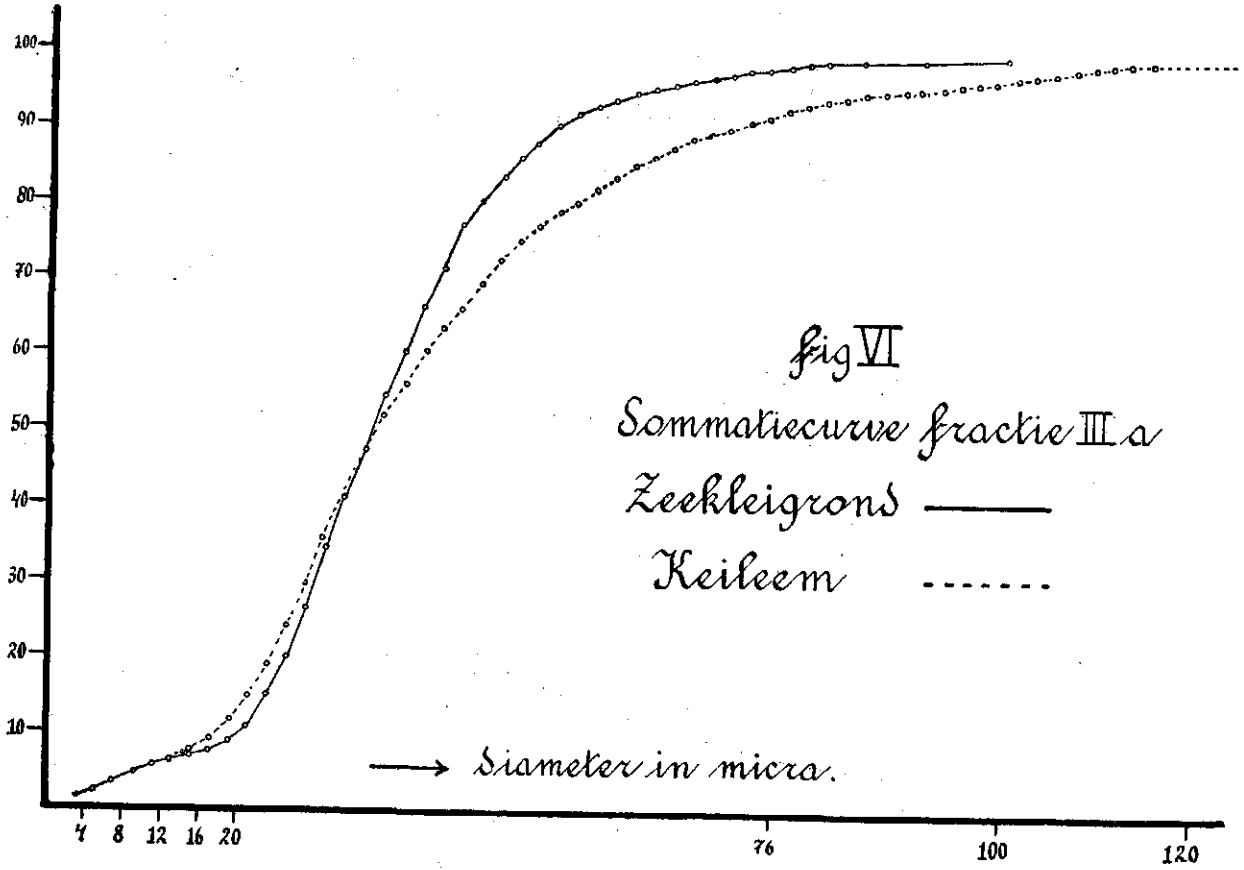


fig V

Sommatiecurve fractie II


100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
4
8
12
16
20
76
100
120
fig VI
Sommatiecurve fractie III a
Zeekleigrond
Keileem
Diameter in micra.

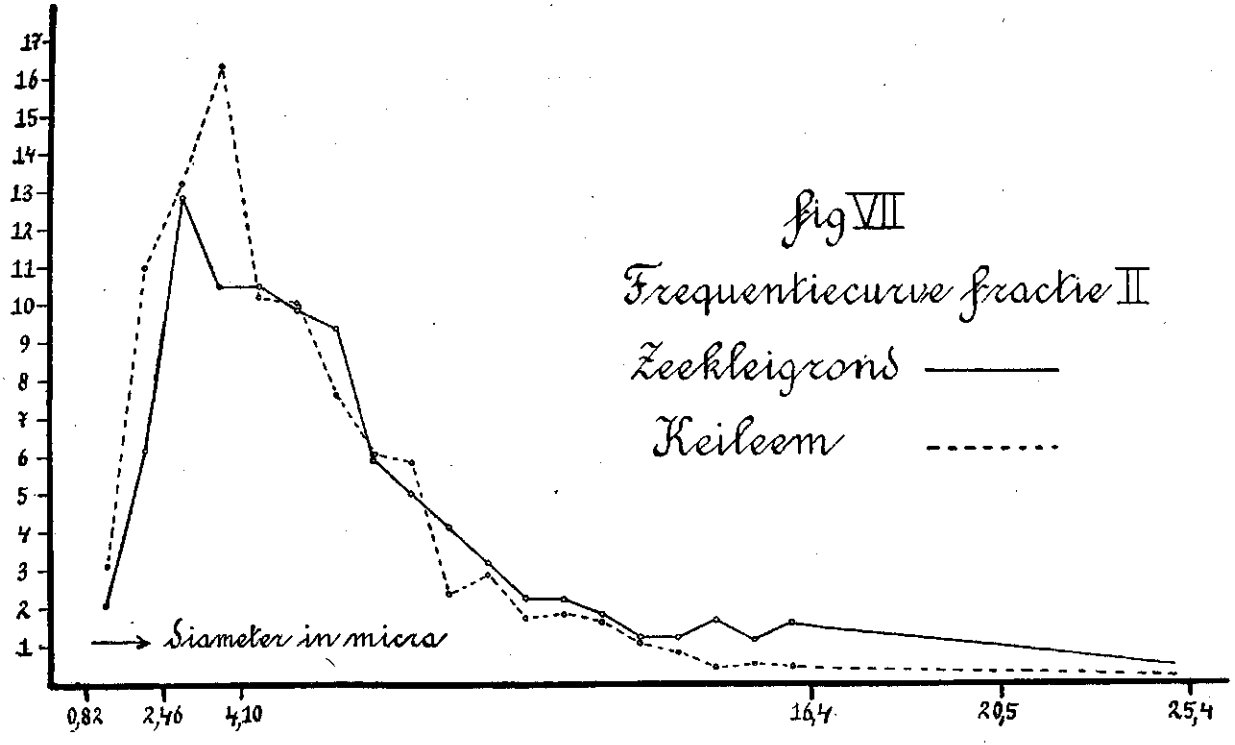


fig VII
Frequentiecurve fractie II
Zeekleigrond ———
Keileem - - - - - - -

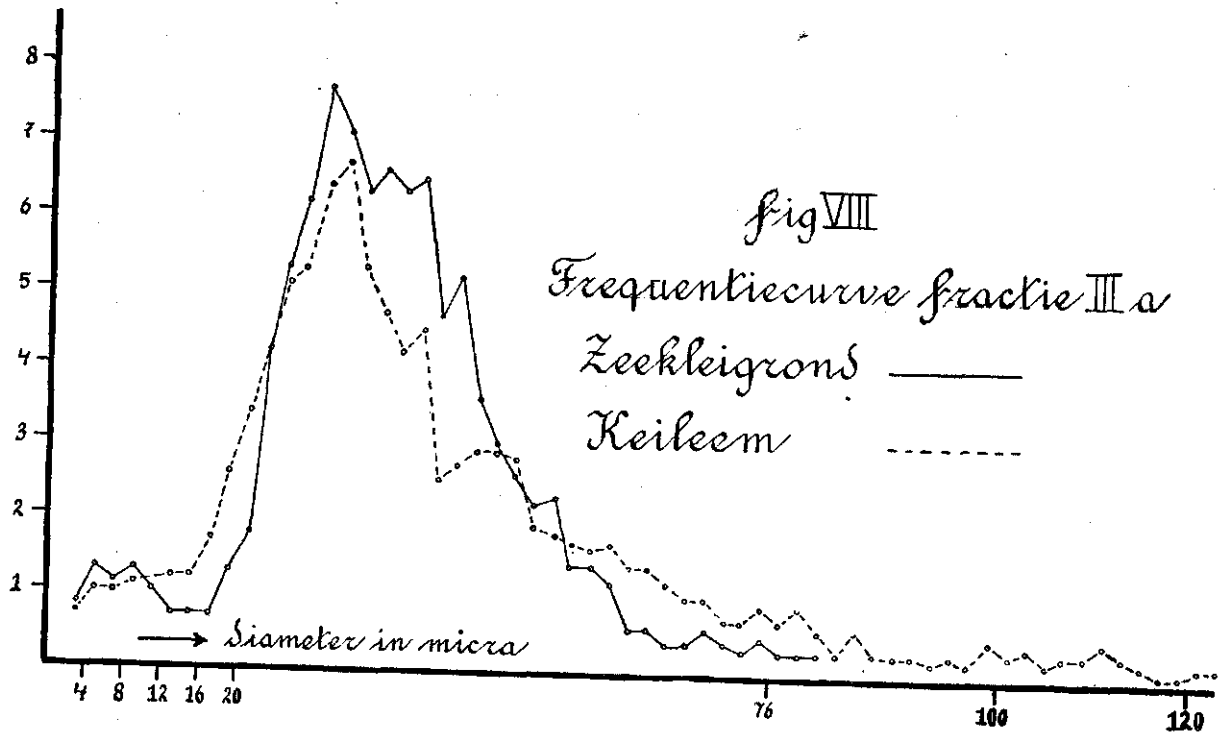


Fig VIII
Frequentiecurve fractie III a
Zeekleigrond ———
Keileem - - - - - -

Van fractie II van de zeeklei ligt 90,6 % tusschen 2—16 μ en 94,2 % tusschen 2 — 20μ; van de keileem 93,5 % tusschen 2 — 16 μ en 96,0 % tuschen 2 —20 μ. Van fractie III van de zeeklei ligt 91,3 % tusschen 16 — 76 μ en 91,1 % tusschen 20 — 100 μ; van de keileem 85,0% tusschen 16 — 76 μ en 85,2% tusschen 20 — 100 μ. Er blijken inderdaad nog vrij wat deeltjes met kleinere, resp. grootere diameter dan de aangegeven grenzen in de resp. fracties terecht te komen. Toch kan gezegd worden, dat de gegeven grenzen het overgroote gedeelte van de deeltjes insluiten. Het moet worden erkend, dat de door ATTERBERG aangegeven grenzen (2 — 20 — 100) even goed als de volgens STOKES berekende grenzen (2 — 16 —76) voldoen. Aangezien fractie III*a* in het eerste geval tot 100 μ en in het tweede geval tot 76 μ doorloopt en III*b* van resp. 100 — 200 en 76 — 152, mag voor fractie IV (resp. 200 — 2000 en 152 — 2000) eene iets betere overeenstemming met de volgens STOKES berekende dan door ATTERBERG opgegeven grenzen verwacht worden.

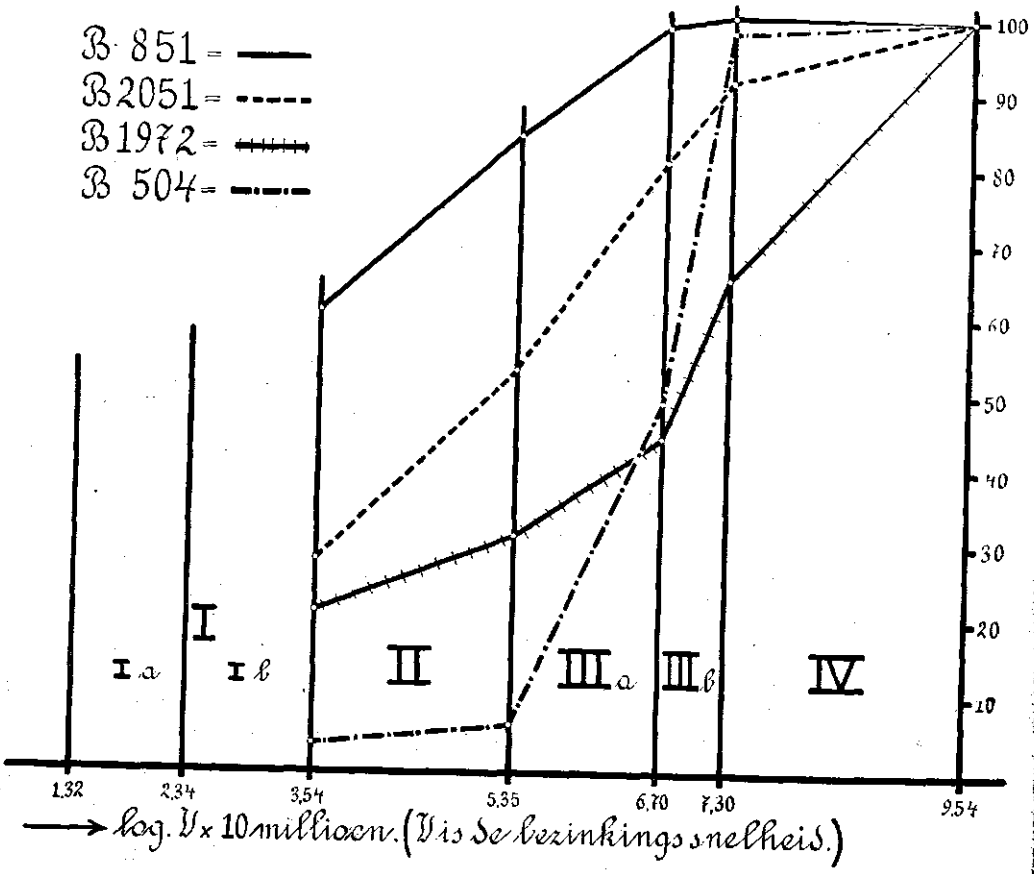
Zeer opmerkelijk is het, dat de frequentiecurven, zoowel van fractie II als van fractie III*a*, bij de beide gronden van zoo uiteenloopend type (zeeklei en keileem) vrijwel dezelfde gedaante bezitten [35]).

De slibcurven (Figuur IX).

ROBINSON [36]) heeft voorgesteld de resultaten van het mechanisch grondonderzoek graphisch voor te stellen, door de bezinkingssnelheid v op de horizontale as en het gehalte aan de deeltjes, dat eene kleinere bezinkingssnelheid bezit, op de vertikale as uit te zetten. Met het oog op de groote verschillen in de bezinkingssnelheden wordt niet v, doch log. v afgezet en aangezien deze logarithmen negatief zijn, wordt ten slotte log. $v \times 10^7$ genomen. Zoo ligt bijv. de grens tusschen onze fractie III*b* en IV bij een bezinkingssnelheid v = 30 centimeter : 15 secunden = 2; log. $v \times 10^7$ wordt in dit geval log. $2 \times 10^7 = 7{,}30$. Op het punt 7,3 van de horizontale as wordt dus het gehalte aan deeltjes met een kleinere bezinkingssnelheid dan 2, dat is de som van de fracties I + II + III*a* + III*b* afgezet. De grootte van de kleinste deeltjes is alleen voor één Nederlandsch grondmonster bepaald (zie blz. 298). De bovenste grens van fractie IV is 2 millimeter diameter; dat is 1000 maal grooter dan de bovenste grens van fractie I (0,002 mm. diameter). Wanneer de formule van STOKES ook voor deeltjes van dergelijke grootte opgaat, is de bezinkingssnelheid van een deeltje van 2 mm. diameter 10^6 maal grooter dan die van een deeltje van 2 μ diameter; de log. v dus 6 grooter (in de tabel dus 3,54 + 6 = 9,54). In tabel 24 zijn de verschillende grootheden opgenomen.

fig. IX.

Slibcurven.



TABEL 24.

Hoogte van de afgehevelde kolom in cm (h).	Tijd, waarna wordt afgeheveld in secunden (t).	log v × 10^7 (v = h : t)	Diameter (2r) van het deeltje in micra (volgens de formule v = 34720 r^2).	Fractie.
2.2	17664 × 60	1.32	0.16	Ia } I
20	16 × 16 × 3600	2.34	0.5	Ib } I
20	16 × 3600	3.54	2	II
20	900	5.35	16	IIIa } III
30	60	6.70	76	IIIb } III
30	15	7.30	152	IV
		9.54	2000	

In de graphische voorstelling worden nu op de horizontale as de 7 getallen 1,32 — 2,34 — enz. afgezet en uit deze 7 punten 7 lijnen loodrecht op de horizontale as getrokken. Deze lijnen verdeelen de teekening in 6 deelen, resp. omvattende fractie I*a*, I*b*, II, III*a*, III*b* en IV. De ligging van de eerste lijn (1,32) is natuurlijk veranderlijk.

In tabel 25 is de mechanische samenstelling, in procenten, van een viertal gronden weergegeven, te weten een zware zeekleigrond (B 851), een zware rivierkleigrond (B 2151), een monster keileem uit de Zuiderzee (B 1972) en een monster loopzand (B 504), dat is een voornaam bestanddeel van de zoogenaamde slempige gronden [37]).

TABEL 25.

N°. B.	Type.	$CaCO_3$	Humus.	I.	II.	III*a*.	III*b*.	IV.
851	Zeeklei	8.5	3.0	53.4	20.7	13.1	1.1	0.2
2051	Rivierklei	0.2	2.2	27.0	24.5	27.0	10.7	8.4
1972	Keileem	0.0	0.0	20.9	10.0	13.0	21.1	35.0
504	Loopzand	0.0	0.5	3.4	2.6	42.5	48.8	2.2

Het gehalte aan minerale deeltjes (I + II + III*a* + III*b* + IV) wordt nu eerst op 100 omgerekend. Voor B 1972 is dit niet meer noodig. Voor B 851 worden de cijfers 60,4 — 23,3 — 14,8 —1,3 —0,2; voor B 2051 : 27,7 — 25,1 — 27,6 — 11,0 — 8,6 en voor B 504 : 3,4 — 2,6 — 42,7 — 49,1 — 2,2. Vervolgens wordt de volgende tabel opgemaakt (Tabel 26).

TABEL 26.

N°. B.	I.	I + II.	I + II + IIIa.	I + II + IIIa + IIIb.	I + II + IIIa + IIIb + IV.
851	60.4	83.7	98.5	99.8	100
2051	27.7	52.8	80.4	91.4	100
1972	20.9	30.9	43.9	65.0	100
504	3.4	6.0	48.7	97.8	100

In procenten op minerale gronddeeltjes bevat B 851 dus 60,4 % deeltjes met v kleiner dan 20 : 16 × 3600; op de lijn 3,54 wordt 60,4 afgezet. Er zijn 83,7 % deeltjes met een v kleiner dan 20 : 900; op de lijn 5,35 wordt 83,7 afgezet. Evenzoo wordt op lijn 6,70 98,5, op lijn 7,3 99,8 en op lijn 9,54 ten slotte 100 afgezet. De 5 punten, door rechte lijnen vereenigd, geven de slibcurven.

Op geheel dezelfde wijze zijn de slibcurven van de monsters rivierklei (B 2051), keileem (1972) en loopzand (B 504) geteekend. Van B 851 is het gehalte aan deeltjes kleiner dan 0,5 μ (fractie Ia; lijn 2,34) en de afmeting van de kleinste deeltjes (0,16 μ; lijn 1,32) bekend; deze slibcurve kon dus in haar geheel geteekend worden. *)

Het ligt niet in mijne bedoeling in deze Verhandeling de aandacht op het verschillend beloop van de slibcurven van de verschillende grondtypen te vestigen. De wijze van voorstellen van de resultaten van het mechanisch grondonderzoek door middel van slibcurven wordt hier behandeld, omdat deze slibcurven volgens ROBINSON een voldoend glooiend beloop zouden bezitten, om het gehalte aan deeltjes van anderen diameter, beter gezegd van andere bezinkingssnelheid, met voldoende nauwkeurigheid graphisch te kunnen berekenen. Om bijv. het gehalte aan deeltjes kleiner dan 1 μ diameter en van 1 — 2 μ diameter graphisch uit de slibcurve B 851 te berekenen, wordt de bezinkingssnelheid v van een deeltje van 0,00005 cm. straal (r) uit de formule van STOKES afgeleid; log. $v \times 10^7$ wordt dan 2,94 [38]). Men zet deze waarde op de horizontale as af, trekt de loodlijn in dit punt en zoekt, waar deze de slibcurve B 851 snijdt. Dit is bij 47,5. De zware Dollardkleigrond B 851 bevat dus — in procenten op minerale deeltjes — 47,5 % deeltjes kleiner dan 1 μ diameter en 60,4 — 47,5 = 12,9 % deeltjes van 1 — 2 μ diameter. Men kan deze waarden nu weer op de cijfers van tabel 25 omrekenen.

ROBINSON heeft de op deze wijze berekende gehalten met de gehalten, die hij inderdaad bepaalde, vergeleken en eene goede overeenstemming gevonden. Blijkt dit inderdaad bij alle curven op te gaan, dan is hiermede het vraagstuk van de indeeling van de gronddeeltjes in fracties van verschillende afmetingen opgelost. Iedere

* Bij het nazien van de drukproeven blijkt het mij, dat het begin van de curve B 851 (zie fig. IX) niet geteekend is.

onderzoeker kan dan de indeeling volgen, die hem het meest geschikt voorkomt, mits hij slechts de bezinkingssnelheden v opgeeft. Met behulp van de slibcurve kan dan de eene indeeling uit de andere graphisch berekend worden.

Zooals reeds werd opgemerkt, geven de methoden ODÉN en WIEGNER—GESSNER alle punten van de slibcurven; uit deze curve kan natuurlijk het gehalte aan elke willekeurige fractie langs graphischen weg nauwkeurig berekend worden.

Groningen, Augustus, 1926.

AANHANGSEL.

In Hoofdstuk I en II worden de resultaten van het mechanisch onderzoek van een viertal grondmonsters (B 53, B 51, B 105 en B 281) volgens verschillende wijzen van vóórbewerking (A, B, C, tot en met P) medegedeeld. Hier volgt eene uitvoerige beschrijving van de gevolgde vóórbewerkingen. Het afhevelen vond plaats op de op blz. 287 aangegeven wijze. De resultaten zijn in Tabel 27 opgenomen.

Vóórbewerking.

A. 10 gram grond worden met 100 cc water gedurende 6 uur geschud in een fleschje van 250 cc inhoud (geheel gevuld 280 cc; hoog 14 cm., buitenste diameter 6,5 cm.). Het schudtoestel wordt gedreven door een motor van 1/30 paardekracht. Het aantal keeren, dat het fleschje per minuut heen en weer gaat, bedraagt ongeveer 230 à 240. Per keer wordt afgelegd een weglengte van 2 maal 4,6 cm.

Nà het schudden wordt de inhoud van het fleschje in den slibcylinder gespoeld en fractie I met water afgeheveld.

B. Gehandeld wordt als sub A, tot fractie I verwijderd is. Het bezinksel uit den slibcylinder wordt weder in het schudfleschje gespoeld en opnieuw met 100 cc water gedurende 6 uren geschud, waarna voor de tweede maal fractie I wordt afgeslibd. Dit proces wordt herhaald tot practisch geen deeltjes, kleiner dan 0,002 mm. (fractie I) meer verkregen worden. Bij B 53 is 14 maal geschud gedurende 6 uur; bij de andere monsters 10 maal.

C. 10 gram grond worden in een porseleinen schaal met een weinig water tot een papje aangewreven gedurende 5 minuten. De hoeveelheid water hangt af van de soort van grond (bij kleigrond B 53 werd op 10 gr. ongeveer 8,5 à 9 gram water toegevoegd). De fijne deeltjes worden daarna met water in den slibcylinder gespoeld en evenzoo wordt successievelijk met de rest gehandeld. Dan wordt fractie I op de bekende wijze afgeheveld. Het restant uit den slibcylinder wordt in de porseleinen schaal teruggespoeld, opnieuw met water aangewreven en afgeslibd in den cylinder.

Deze handelwijze is bij alle monsters 10 maal uitgevoerd.

D. 10 gram grond worden eenmaal gedurende 6 uur met verdunde ammonia geschud. Waar hier sprake is van verdunde ammonia, is steeds eene oplossing gebruikt, die 160 à 170 milligram ammoniak

(NH_3) per 100 cc bevatte (0,1 normaal). Verder wordt als sub A met water afgeslibd.

E. 10 gram grond worden gedurende 6 uur met verdunde ammonia geschud; vervolgens met verdunde ammonia in den slibcylinder gespoeld, waarna het afslibben van fractie I geheel met verdunde ammonia plaats vindt.

F. 10 gram grond worden gedurende één uur zeer voorzichtig, zonder druk uit te oefenen, in een porseleinen schaal met 100 cc 0,2 normaal zoutzuur aangeroerd. Men kan bijv. 4 à 8 monsters te gelijk in bewerking nemen en om beurten, bijv. een halve minuut lang, aanroeren. Het aanroeren vindt plaats met een roerstaaf, voorzien van een stukje caoutchouc slang. De inhoud van de schaal wordt in den slibcylinder gespoeld en fractie I met water afgeheveld.

G. Overeenkomstig methode F. Nadat evenwel het zoutzuur door afslibben met water verwijderd is, wordt met verdunde ammonia verder afgeslibd en wel bij B 53 en B 51 gedurende $1^1/_3$ etmaal en B 105 en B 281 gedurende 1 etmaal. De kleigronden B 53 en 51 bevatten nog een weinig humus; de zandgronden B 105 en 281 zijn practisch humusvrij. Daarna wordt fractie I verder met water afgeslibd.

H. Als sub G. De fractie I wordt evenwel geheel met verdunde ammonia afgeslibd.

I, K. L. Deze drie methoden wijken slechts in zooverre af van de methoden F, G en H, dat in plaats van zacht aangeroerd met verdund zoutzuur, gedurende 6 uur met verdund zoutzuur geschud wordt.

M. 10 gram grond worden in een Erlenmeijerkolf met 100 cc 5 % zoutzuur tot koken verhit en daarna gedurende één uur aan een koeler op een kokend waterbad verwarmd. Daarna wordt met water uitgewasschen tot neutrale reactie, wat het eenvoudigste geschiedt in de slibcylinders. Het bezinksel wordt vervolgens weer in den Erlenmeijerkolf gebracht, waarnà het kolloidaal afgescheiden kiezelzuur met verdunde loog bij 50° Celsius wordt opgelost. Het restant wordt opnieuw in den slibcylinder gespoeld en fractie I met water verder afgeheveld.

N. 10 gram grond worden in een Erlenmeijerkolf met 100 cc 10 % zoutzuur tot koken verhit en daarna gedurende twee uur aan een koeler op een vlam gekookt. Verder overeenkomstig methode M.

O. 10 gram grond worden zonder eenige voorbewerking met water afgeslibd. Het afhevelen met water heeft plaats gevonden bij de kleigronden B 53 en B 51 gedurende 13 dagen en 13 nachten; bij het roode zand gedurende 1 dag en 1 nacht en bij het Indische zand gedurende 2 dagen en 2 nachten.

P. 10 gram grond worden zonder eenige voorbewerking met verdunde ammonia (0,1 normaal) afgeslibd. Het afhevelen met ammonia heeft plaats gevonden bij de kleigronden B 53 en B 51 gedurende 35 dagen en 35 nachten; bij het roode zand gedurende 1 dag en 1 nacht en bij het Indische zand gedurende 2 dagen en 2 nachten.

TABEL 27.

Korte beschrijving der gevolgde werkwijze.		B 53 (zware kleigrond). Fractie I	II	III	IV	B 51 (lichte kleigrond). Fractie I	II	III	IV	B 105 (roode zand). Fractie I	II	III	IV	B 281 (Indisch zand). Fractie I	II	III	IV	Werkwijze.
Eenmaal schudden met water, afslibben met water	A	38.0	40.3	12.5	1.1	20.1	38.1	31.0	10.8	2.1	2.5	47.0	47.8	6.5	2.2	15.7	72.4	A
Herhaald schudden met water, afslibben met water	B	50.7	35.5	5.4	0.6	33.8	24.1	27.1	10.0	4.1	1.5	43.0	50.8	15.5	3.0	16.3	62.0	B
Herhaald borstelen met water, afslibben met water	C	58.8	28.7	4.1	0.5	37.7	21.5	24.7	11.1	4.6	1.4	41.9	51.5	13.7	5.1	16.5	61.5	C
Eenmaal schudden met ammonia, afslibben met water	D	36.7	40.6	18.0	1.6	21.6	33.1	29.8	10.5	3.7	1.6	47.6	46.5	6.6	2.4	14.8	78.0	D
Eenmaal schudden met ammonia, afslibben met ammonia	E	52.7	29.8	8.1	1.3	31.7	23.8	27.4	12.1	3.9	1.6	46.6	47.3	6.0	2.2	17.7	70.9	E
Aanroeren met zoutzuur, afslibben met water	F	20.3	39.1	27.0	5.5	11.0	33.8	39.0	11.2	2.7	2.3	94.4		3.7	2.6	90.5		F
Aanroeren met zoutzuur, uitwasschen van het zoutzuur, afslibben een paar maal met ammonia, daarna met water	G	50.8	33.3	6.8	1.0	32.0	24.3	27.3	11.4	3.4	1.7	43.8	50.5	4.1	1.6	14.5	76.6	G
Als G, doch geheel afslibben met ammonia	H	56.0	28.5	6.6	0.8	35.3	21.4	26.8	11.5	3.6	1.7	46.7	47.4	4.2	1.8	16.7	74.1	H
Schudden met zoutzuur, afslibben met water	I	41.2	39.6	10.3	0.8	21.9	34.4	28.3	10.4	4.4	1.6	93.4		10.5	3.5	82.8		I
Schudden met zoutzuur, verder als G	K	53.8	31.2	6.1	0.8	33.6	23.2	27.1	11.1	4.7	1.3	38.3	55.1	9.8	2.6	13.0	71.4	K
Schudden met zoutzuur, verder als H	L	57.5	27.8	5.9	0.7	36.3	20.8	26.8	11.1	4.7	1.5	40,4	52.8	9.7	2.3	11.8	73.0	L
Verwarmen met 5 % zoutzuur gedurende één uur op kokend waterbad	M	60.8	27.5	3.5	0.4	37.0	22.2	26.0	9.8	4.6	1.8	51.0	42.0	26.4	3.8	15.4	51.2	M
Koken met 10 % zoutzuur, gedurende 2 uren op de vlam	N	61.1	26.4	4.2	0.4	40.0	19.8	25.5	9.7	5.7	1.8	55.0	36.9	44.0	3.1	14.7	35.0	N
Afslibben met water zonder eenige voorbewerking	O	12.4	30.3	40.3	8.9	6.2	26.0	49.8	8.9	0.4	0.7	48.2	50.1	0.9	1.5	14.9	79.5	O
Afslibben met ammonia zonder eenige voorbewerking	P	44.2	33.0	13.1	1.6	27.5	26.3	32.5	1.6	0.5	0.7	47.8	50.4	1.1	1.5	16.1	78.1	P

Die Methode der mechanischen Bodenanalyse

VON

DR. D. J. HISSINK,

Director des Bodenkundliches Institutes, Groningen, Holland.

Diese Abhandlungen gibt zunächst eine kurze Zusammenfassung von folgenden vier Veröffentlichungen:

1) De methode van het mechanisch bodemonderzoek, voordracht gehouden te Wageningen op 14 Januari 1916, Jaarboek der Vereeniging ,,Studiebelangen'', 1915/1916, blz. 41—80;

2) Mitteilung an die Internationale Kommision für die mechanische und physikalische Bodenuntersuchung; siehe Bericht der Sitzung in Berlin am 31. Oktober 1913, Int. Mitt. für Bodenkunde, Bd. IV, 1914, Seite 7—18;

3) Die Methode der mechanischen Bodenanalyse, Int. Mitt. für Bodenkunde, Band XI, 1921, Seite 1—11.

4) Die Methode der mechanischen Bodenanalyse, Mitt. der Intern. Bodenkundlichen Gesellschaft, Neue Folge, Bd. I, 1925, Seite 149—169.

Es sind weiter einige Resultate aus dem in Juli 1926 dem Praesidenten der ersten Kommision, Dr. Novak, erstattenen Bericht ,,Investigations by various methods of the mechanical composition of 5 soil samples (Podsol, Rendzina, Sudan clay soil, alkali clay soil Hungary, clay soil (polder soil) Holland'' aufgenommen. Dieser Bericht wird demnächst von der ersten Kommission veröffentlicht werden.

Schliesslich werden die Resultate einer mikroskopischen Untersuchung nach der Grösse der Bodenteilchen (Seite 303—310, Tabelle A, B, C und D, Figur V—VIII) mitgeteilt.

NOTEN.

[1]) De methode van het mechanisch bodemonderzoek, Jaarboek der Vereeniging ,,Studiebelangen'', Wageningen, 1915/1916; Intern. Mitt. für Bodenkunde, Bd. IV (1914); id. Bd. XI (1921) id. Neue Folge, Bd. I (1925).

[2]) De methoden van Odén en Wiegner—Gessner geven de resultaten niet in groepen, doch direct in slibcurven.

[3]) Onder deze rubriek valt ook het centrifugeeren van de suspensies; in de plaatst van de zwaartekracht komt hier de werking van de middelpuntzoekende kracht.

[4]) In verband met andere onderzoekingen kan het porienvolume van dezen grond op ongeveer 50 volumeprocenten worden aangenomen (S.G = 2,50 en V.G. = 1,25). Indien alle poriën van dezen grond met water gevuld zijn, komt per 100 cc natten grond 125 gram drogen grond en 50 gram water voor, dat is 28% water. De grond in kwestie was dus nagenoeg geheel met water verzadigd.

[5]) Voor dit doel dienen de schudkolven en de roteermachine, die bij de phosphorzuurbepaling in superphosphaat gebruikt worden.

[6]) Een voorbeeld van deze persoonlijke fout is medegedeeld in de Int. Mitt. für Bodenkunde, Bd. IV, 1914, blz. 15.

[7]) Dergelijke gels kunnen ontstaan op verschillende wijzen, bijv. door wateronttrekking aan suspensies en ook door de wederkeerig uitvlokkende werking van twee verschillend geladen suspensies. Dit laatste vindt bijv. plaats, wanneer een suspensie van ijzerhydroxyde (positief geladen) op eene kleisuspensie (negatief geladen) inwerkt. Men kan onder de microscoop duidelijk vlokvorming waarnemen. Zeer waarschijnlijk staat de gunstige physische geaardheid van sommige gronden met deze uitvlokkende werking van de ijzerverbindingen op de klei in verband. HOUTMAN (Java) gaf indertijd (zie Cultura, Jrg. 27, 1915, blz. 90—92) voorbeelden van gronden met een gehalte van 54 tot 63 % afslibbare deelen (kleiner dan 2 μ), die niettegenstaande dit hooge gehalte vrij licht en goed te bewerken waren, terwijl daarnaast zware, moeilijk te bewerken kleigronden voorkwamen, die slechts ongeveer 35—55 % afslibbare deelen bleken te bevatten.

[8]) Ik kan in dit verband niet nader op dit punt ingaan en volsta met het volgende. Ik stel mij voor, dat de NH_4-ionen van de ammonia de H-ionen van de kleisubstantie gedeeltelijk vervangen, waarbij zich dan $H + OH = H_2O$ en ammoniumklei (een ammonium-aluminium-silikaat) vormen. Deze ammoniumverbinding is gedeeltelijk geioniseerd, tengevolge waarvan de dubbellaag ontstaat.

[9]) Kapillarchemie von Dr. HERBERT FREUNDLICH, 1909, blz. 376—377.

[10]) ZSIGMONDY, Kolloidchemie, 1912, blz. 76.

[11]) RAMANN, Bodenkunde, blz. 288; zie mede photo daar.

[12]) Journal für Landw. Bd. 72, 1924; idem Bd. 73, 1925.

[13]) Int. Mitt. für Bodenkunde, Bd. IV, 1914, blz. 9.

[14]) Zie mede deze Verslagen, N°. 30, 1925, blz. 188, noot 14.

[15]) Zie mede Verslagen, N°. 30, 1925, blz. 188, noot 14.

[16]) Note on the mechanical analysis of humus soils by GILBERT WOODING ROBINSON, M.A.; The Journal of Agricultural Science, Vol. XII, 1922, blz. 287—291.

[17]) Zie betr. de werking van grond op H_2O_2 mede eene publicatie van Dr. L. SMOLIK „Ueber die Hydrogenperoxyd-Katalase der

mährischen Böden, Mitt. der Intern. Bodenk. Gesellschaft, Neue Folge, Bd. I, 1925, blz. 6. Zie mede in dit verband FREUNDLICH, Kapillarchemie, 1909, blz. 380.

[18]) A method for determining the degree of humification of soil organic matter, by G. W. ROBINSON and J. O. JONES; J. of Agr. Sc. Vol. XV, 1925, blz. 26—29.

[19]) Mitt. der Intern. Bodenk. Gesellschaft, Neue Folge, Bd. I, blz. 162.

[20]) Actes de la IVième Conférence Internationale de Pédologie, Rome, mai 1924, Vol. II, blz. 30—31.

[21]) Actes Rome, mai 1924, Vol. II, blz. 123.

[22]) Wanneer andere krachten dan de zwaartekracht in het spel zijn, wordt *g* in de verschilende formules door eene andere versnelling vervangen; bijv. bij het centrifugeeren (zie noot [3]) door de versnelling van de middelpuntzoekende kracht.

[23]) Om dezelfde oorzaken wordt de beweging van de vallende regendroppels nà eenigen tijd eenparig.

[24]) On the effect of the internal friction of fluids on the motion of pendulions, by G. G. STOKES; Transactions of the Cambridge Philosopical Society, Volume the ninth, Part. II, 8—106.

[25]) La loi de STOKES et le mouvement brownien. Note de M. JEAN PERRIN, Academie des Sciences, séance du 7 septembre 1908. Comptes Rendus, 147 II, 475 (1908).

[26]) In Wageningen heb ik indertijd tal van monsters op deze wijze onderzocht. De som van de fracties (plus evtl. koolzure kalk en humus) was steeds grooter dan 100 en wel des te meer, naarmate de grond rijker aan kleibestanddeelen was. Soms vond ik in plaats van 100 bedragen van 105 tot 107. Ik heb tevergeefs naar de oorzaak van dit verschijnsel gezocht. Bij mijne onderzoekingen voor de Eerste Commisie van de Int. Bod. Vereeniging zijn de fracties wederom alle bepaald en bleek de som weer grooter dan 100 te zijn, bijv. in den zwaren Nederlandschen kleigrond (B 851) : I + II = 76,6 %; III + IV = 14,8%; $CaCO_3$ + humus = 11,5%; totaal = 102,9%. In mijn Rapport aan de Commissie kom ik tot de volgende conclusie: ,,This has led me to believe that fractions 1*a* and I*b*, and especially the former, undergo a change during the whole process, in consequence of which they are enabled to fix more chemically bound water''. Dit punt zal mede nader door de Commissie besproken worden.

[27]) Ik heb indertijd (zie Int. Mitt. für Bodenkunde, Bd. IV (1914) blz. 16, Tabel V en VI) de verschillende bij het zeeven verkregen zandfracties weer bijeengevoegd en daarnà opnieuw gezeefd, waarbij dezelfde resultaten verkregen werden. Gaat men tot zeeven van de grovere deeltjes (bijv. grooter dan 0,1 mm. diameter) over, dan zal het noodig zijn, de vervaardiging van deze zeeven voor alle laboratoria aan één en hetzelfde adres te doen plaats vinden.

[28]) The effect of light on the settling of suspensions, by C. G. T. MORISON, M. A.; Proceeding of the Royal Society, A. Vol. 108, 1925, 280—284.

[29]) Wanneer de kolom, die bij 15° Celsius moet worden afgeheveld, een hoogte h bezit, dan is de hoogte van de af te hevelen kolom bij een temperatuur van T = Kh, waarin K de volgende waarden bezit:

T	0	5	10	15	20	25	30
K	0,637	0,750	0,871	1,000	1,136	1,278	1,428

[30]) Untersuchungen mit dem Schlämmzylinder von SIKORSKY; von E. G. DOERELL; Int. Mitt. für Bodenkunde, Band XII (1922), 186—192.

[31]) Volgens blz. 59 wordt het gehalte aan deeltjes kleiner dan 0,5 μ diameter bepaald, door nà 16 × 16 uur op een diepte van 20 cm. te pipetteeren; dat is dus na 23/20 × 16 × 16 uur = 17664 minuten op een diepte van 23 cm.

[32]) In de Actes de la Quatrième Conférence Int. de Pédologie, Rome, mai, 1924, Vol. II geven ODÉN (blz. 52—83) en WIEGNER (blz. 87—101) uitvoerige beschrijvingen van hunne methoden en apparaten.

[33]) Deze mededeelingen zijn gedrukt bij TIDN. KALMARS Aktienbolags Boktryckeri, Kalmar 1910 en 1911, doch zijn niet in den handel gebracht.

[34]) Gevonden zijn de volgende soortelijke gewichten: zandgrond met 8 à 9 % humus gem. 2,47; rivierkleigrond 2,64; bollengrond 2,60; oude Dollardkleigrond 2,64; kweldergrond (met vrij veel humus) 2,58; meer en minder zware kleigrond Julianapolder, gem. 2,65; zwarte klei Thesinge 2,64; Kreekrakpolder 2,55 — 2,65.

[35]) Het is misschien mogelijk, door mathematische beschouwingen nog eenige conclusies uit het beloop van deze lijnen te trekken. Zie in dit verband o. a. Skew frequency curves by J. C. KAPTEYN en een latere publicatie van KAPTEYN en VAN UVEN.

[36]) The form of mechanical composition curves of soils, clays and other granular substances, by G. W. ROBINSON; J. of Agr. Science, Vol. XIV, 1924, blz. 626—633.

[37]) Over de slempige gronden zijn eenige korte Verhandelingen in het Groninger Landbouwblad verschenen (Januari 1924, Februari en Maart 1925).

[38]) Dit getal 2,94 kan ook als volgt berekend worden. De bezinkingssnelheid van een deeltje van 2 μ diameter is 4 maal zoo groot als de v van een deeltje van 1 diameter; log 4 = 0,60; 3,54 — 0,60 = 2,94.