De methode van het mechanisch bodemonderzoek.

VOORDRACHT,

gehouden door Dr. D. J. HISSINK, Directeur van het Rijkslandbouwproefstation Wageningen, op 14 Januari 1916, voor de Vereeniging „Studiebelangen", Wageningen.

De methode van het mechanisch bodemonderzoek.

Voordracht, gehouden door Dr. D. J. HISSINK op 14 Januari 1916, voor de Vereeniging „Studiebelangen", Wageningen.

Grond bestaat uit deeltjes van verschillende grootte en de mechanische bodemanalyse tracht nu een middel aan de hand te geven om de grootte van de gronddeeltjes te bepalen, beter gezegd om de gronddeeltjes in groepen van verschillende grootte te vereenigen.

In korte trekken komt elke methode van het mechanisch bodemonderzoek hierop neer, dat de grond — na de een of andere voorbereiding — door zeeven en door de werking van het water in groepen van deeltjes van verschillende grootte gesplitst wordt. De werking van het water kan op tweeërlei wijze geschieden — òf door stroomend water te gebruiken, zooals in de slibapparaten van Schöne en dergelijke — òf door de bodemdeeltjes in stilstaand water te laten bezinken, zooals in de slibcylinders van Kühn, Atterberg en anderen. Ten slotte is het dan nog de vraag tot welke groepen de bodemdeeltjes vereenigd moeten worden. Ik zal mij met dit punt niet bezig houden en deel U alleen mede, dat ik zelf bij mijne onderzoekingen de indeeling van den Zweed Atterberg gevolgd heb, te weten:

Fractie I, deeltjes kleiner dan 2 μ [1]).
„ II, „ van 2 tot 20 μ.
„ III, „ „ 20 tot 200 μ.
„ IV, „ „ 0,2 tot 2 m.M.

Nu zou de methode van het mechanisch bodemonderzoek be-

---

1) 1 μ = 0,001 mM.

trekkelijk weinig moeilijkheden opleveren, wanneer de gronddeeltjes alle los van elkander waren. De methode zou dan alleen neerkomen op eene scheiding van deze deeltjes in groepen. Dit nu is niet het geval, de gronddeeltjes kleven aan elkander en worden ook door ander materiaal aan elkander gekit tot kleinere en grootere klompen. Dat dit bij verschillende grondsoorten in zeer verschillende mate het geval is, is U bekend.

Een onderzoek van het monster, zooals het genomen wordt, of op het laboratorium inkomt, zonder ééne enkele voorbewerking, zou bij sommige zandgronden nog gaan, doch is absoluut onmogelijk bij gronden, die een merkbaar gehalte aan fijne deeltjes bezitten. Iedere methode van mechanisch bodemonderzoek bestaat dan ook uit twee deelen: het los maken van de deeltjes en daarna de scheiding van deze deeltjes in groepen van verschillende afmetingen.

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 inplaats van water verdund zoutzuur of verdunde ammonia te gebruiken, enz.

Het aantal wijzen, waarop de bodem voorbereid wordt, is zooals U ziet zeer groot en het spreekt haast wel vanzelf — en ik zal U dit met cijfers nader aantoonen — dat de resultaten, die men bij het mechanisch bodemonderzoek verkrijgt, in hooge mate afhangen van de voorbereiding, die het monster ondergaan heeft.

Nu kan men alvast een splitsing van al deze voorbewerkingen maken in twee groote groepen. Sommige onderzoekers willen den bodem zoo weinig mogelijk verandering doen ondergaan; zij wrijven gewoonlijk het monster zoo voorzichtig mogelijk met den vinger fijn. Tot deze groep behoort o.a. de Geologische Landesanstalt te Berlijn en ook Hilgard in Canada. Andere onderzoekers daarentegen willen de bodemdeeltjes zooveel mogelijk los van elkander krijgen. Tot deze groep behoort bijv. in Duitschland Pfeiffer, die herhaaldelijk met water kookt, verder Engeland, waar het voorschrift is aanroeren met verdund zoutzuur en afslibben met verdunde ammonia en Amerika, dat krachtig gedurende zes uren met verdunde ammonia schudt. Deze laatste methode is ook door de bodemkundige afdeeling van 's Lands

Plantentuin te Buitenzorg onder Mohr overgenomen. De Zweed Atterberg en de Egyptenaar Beam nemen een plaats in, eenigszins tusschen deze beide groepen. Zij roeren den grond herhaaldelijk met water aan en herhalen dit proces, zóólang totdat zij practisch een eindpunt bereikt hebben.

Ten einde nu een keuze tusschen deze twee groepen te kunnen doen, moeten wij ons afvragen wat het doel van het mechanisch bodemonderzoek is. Men kan ook hier wederom twee richtingen onderscheiden.

Sommigen willen door middel van het mechanisch bodemonderzoek leeren kennen een permanente, een duurzame, een althans in een betrekkelijk lang tijdsverloop onveranderlijke grootheid van den bodem. Zij willen dus trachten door middel van het mechanisch bodemonderzoek het type van den bodem, althans gedeeltelijk vast te stellen. Anderen daarentegen verlangen, dat het mechanisch bodemonderzoek een beeld zal geven van den tijdelijken toestand van den bodem, op het oogenblik, waarop het monster genomen wordt. Deze laatsten wenschen dus door een mechanisch bodemonderzoek feitelijk de bodemstructuur te leeren kennen. De bodemstructuur hangt evenwel slechts ten deele af van de grootte van de deeltjes — zij wordt mede bepaald door die bodembestanddeelen, welke de afzonderlijke bodemdeeltjes tot aggregaten, tot kruimels bijeen houden, zooals bijvoorbeeld de humusstoffen en de koolzure kalk.

Het lijkt mij niet moeilijk om eene keuze te doen tusschen deze twee richtingen op het gebied van het mechanisch bodemonderzoek en wel om twee redenen. In de eerste plaats is het nog zeer de vraag of wel ééne methode in staat is de bodemstructuur te bepalen en mocht dit al het geval zijn, dan zal deze methode zich niet alleen hebben bezig te houden met het bepalen van de grootte der deeltjes, omdat de bodemstructuur ook afhangt van het gehalte aan koolzure kalk en aan anorganische en organische bindmiddelen.

In de tweede plaats kan men voor het vaststellen van het type van den bodem geen grootheid gebruiken, die als het ware elk oogenblik en zeker in den loop van ettelijke jaren aan wijzigingen onderhevig is. Immers de bodemstructuur ondergaat onophoudelijk wijzigingen — door elke bewerking, door vorst, door regen — zelfs door de bemesting.

Wil men dus datgene bepalen, wat ik in het vervolg noemen

zal „de mechanische samenstelling van den bodem" (Engelsch: „texture"), dan moet men de factoren, die de verschillen in bodemstructuur althans gedeeltelijk veroorzaken, zooveel mogelijk verwijderen; men moet dus de bodemdeeltjes zooveel mogelijk los van elkander zien te krijgen.

De groote vraag is dan echter verder, hoe ver men met deze scheiding moet gaan en of er een bepaald eindpunt is en hoe men beoordeelen kan *), wanneer dit eindpunt bereikt is, terwijl men natuurlijk altijd gevaar loopt bij dit proces ook bodemdeeltjes te verbrijzelen. Nu is de beantwoording van deze vragen zeer moeilijk en ik kan U dat het beste op de volgende wijze toelichten.

De bepaling van de totaal in den bodem aanwezige kali is een duidelijk omschreven vraagstuk. Men heeft slechts door behandeling van den bodem met fluorwaterstof of door samensmelten met soda de kali in oplosbaren vorm te brengen en uit te loogen. Men kan daarna controleeren of inderdaad *alle* kali is opgelost, door het onoplosbare residu nogmaals om te smelten en te zien of nog kali in oplossing gaat. De bepaling van de in zoutzuur oplosbare kali is daarentegen een onbepaald vraagstuk, omdat de hoeveelheid kali, die bij behandeling met zoutzuur in oplossing gaat, afhangt van de sterkte van het zuur, de temperatuur, de duur van inwerking en de concentratie. Men moet dus op al deze punten nader afspraken maken. Is dit geschied, dan bepaalt de vastgestelde methode de kali, die onder de gekozen voorwaarden van sterkte van het zuur, temperatuur enz. in oplossing gaat. Behandelt men het residu opnieuw met zoutzuur, dan blijkt, dat nog steeds in zoutzuur oplosbare kali aanwezig is. Het is nu ongeveer zoo gesteld met de bepaling van de mechanische samenstelling van den bodem en het is vooral de wijze van vóórbewerking, die men den bodem doet ondergaan, alvorens af te slibben of af te zeeven, welke een zeer grooten invloed op het resultaat uitoefent. Reeds eene voorbewerking, bestaande in het zacht fijndrukken van het grondmonster met den vinger of het aanroeren met water tot een papje, verhoogt het gehalte aan afslibbare bestanddeelen. Nog grooter in deze richting is de invloed van het mechanisch schudden, hetzij met water of met verdunde ammonia, gedurende zes uren. Men moet echter niet

*) Zie Naschrift I.

meenen, dat het schudden gedurende zes uren tot een welomschreven eindpunt voert. Ik heb bijv. het schudden gedurende zes uren bij verschillende monsters tot 10 en 14 malen herhaald en telkens, na elk schudden opnieuw kleine hoeveelheden fijne deeltjes kunnen afslibben. Het gehalte aan deeltjes, kleiner dan 0,002 m.M. steeg op die wijze bij een viertal monsters resp. van 38 tot 51 %; van 20 tot 34 %; van 2 tot 4 % en van 6,5 tot 15,5 %. Tot een dergelijk resultaat zal men ook komen, als men den bodem telkens opnieuw met water kookt. Ten einde dus een oordeel over al deze voorbewerkingen te vellen en een keuze te kunnen doen, is het noodig ze eens nader te bekijken.

De bewerkingen, die den samenhang tusschen de bodemdeeltjes opheffen en dus de bodemklompjes in kleinere klompjes of deeltjes doen uiteenvallen, zijn van drieërlei aard, te weten:

a. van mechanischen aard,
b. van chemischen aard en
c. van kolloïdchemischen aard.

Tot de bewerkingen van mechanischen aard behooren: het koken, het schudden en het aanwrijven en het aanborstelen met water.

Dat men door schudden met water den samenhang tusschen de bodemdeeltjes opheft en daardoor een hooger gehalte aan kleine deeltjes krijgt, zal ik voorloopig met een enkel cijfer laten zien.

Ik heb een zware kleigrond B 53, die enkel en alleen de gewone bemonstering in het laboratorium had ondergaan, zonder verdere voorbewerking met water afgeslibd en wel zóólang totdat alle deeltjes, kleiner dan 2 μ — dat is dus fractie I — verwijderd waren. Op deze wijze verkreeg ik 12,4 % deeltjes kleiner dan 2 μ.

Ik heb toen het restant gedurende zes uren volgens de methode van het Amerikaansche Bureau of Soils met water geschud en daarna opnieuw zóólang met water afgeslibd, totdat alle deeltjes, kleiner dan 2 μ verwijderd waren. Ik vond toen niet minder dan 25,6 % deeltjes kleiner dan 2 μ, zoodat totaal bij beide bewerkingen 38 % deeltjes kleiner dan 2 μ afgeslibd konden worden.

Het is nu natuurlijk de vraag of die 25,6 % deeltjes kleiner dan 2 μ, die tengevolge van het schudden in de schudmachine er bij gekomen zijn, inderdaad oorspronkelijk wel allemaal als

deeltjes kleiner dan 2 μ aanwezig geweest zijn; m. a. w. of tengevolge van het schudden geen deeltjes grooter dan 2 μ verbrijzeld zijn. Een antwoord op deze vraag kan ik niet geven en ik heb ook nog nergens deze vraag beantwoord gevonden. Men zou kunnen zeggen, dat het wel zeer waarschijnlijk is, dat bij het schudden niet alleen deeltjes kleiner dan 2 μ losgeraakt zijn, doch dat ook deeltjes grooter dan 2 μ verbrijzeld geworden zijn. Hoe groot dit percentage evenwel is, is niet uit te maken.

Ik heb reeds gezegd, dat het gehalte aan deeltjes kleiner dan 2 μ door herhaald schudden nog grooter wordt. Na 14 maal schudden, waarbij de grond telkens na elke schudding volkomen afgeslibd werd, steeg het gehalte aan deeltjes, kleiner dan 2 μ in het hierboven genoemde monster zwaren kleigrond (B 53) nog met 12,7 % en bereikte dus totaal een bedrag van 50,7 %. Maar het is weer de vraag, in hoeverre deze 12,7 % deeltjes oorspronkelijk wel als deeltjes kleiner dan 2 μ aanwezig geweest zijn. En het is verder de vraag, in hoeverre nu — na 14 maal geschud te hebben — inderdaad het eindpunt, waarbij geen deeltjes kleiner dan 2 μ meer aanwezig of te verkrijgen zijn, bereikt is.

Wat hier gezegd is van den zwaren kleigrond B 53 (afkomstig uit de Betuwe) geldt in nog hoogere mate van het onderzochte monster Indisch rivierzand B 281. Dit monster 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 van augiet en olivien hoofdzakelijk, omgeven door glas. Het monster gaf nu de volgende gehalten aan deeltjes kleiner dan 2 μ:

zonder schudden	éénmaal schudden	herhaald schudden
0,9 %	6,5 %	15,5 %

Zooals men ziet is hier de invloed van het schudden al zeer aanzienlijk, wat niet te verwonderen is bij dergelijke zanden, waarvan de deeltjes gedeeltelijk uit een glasachtige massa bestaan.

Wat hier van den invloed van het schudden gezegd is, geldt ook voor de andere mechanische invloeden, als wrijven, borstelen en koken met water.

Tot de voorbewerkingen van chemischen aard behoort de be-

handeling met zoutzuur en gedeeltelijk ook die met ammonia.

De werking van het zoutzuur is duidelijk. Zoutzuur lost verschillende bodembestanddeelen op. In de eerste plaats de koolzure kalk. Verder komen in verschillende gronden voor uitgevlokte gels van kiezelzuur, aluminium en ijzer, welke althans gedeeltelijk door zoutzuur ontleed worden, onder oplossing van de basen en van het aluminium en het ijzer en een deel van het kiezelzuur, terwijl de rest van het kiezelzuur in zeer fijn verdeelden toestand wordt afgescheiden, in welken vorm het later zeker wordt afgeslibd, wanneer de uitvlokkende werking van het zoutzuur is weggenomen. Verder onttrekt het zoutzuur de basen — althans gedeeltelijk — aan de humusstoffen, waardoor deze in ammoniak oplosbaar worden. Hiermede is tevens de chemische werking van de ammoniak aangegeven — ze brengt de door het zoutzuur ontlede humusstoffen in oplossing.

Tot zoover ware misschien voor het beoogde doel tegen de chemische werking van het zoutzuur nog geen bezwaar te maken. Het zoutzuur zal echter ook chemisch op de massieve bodemdeeltjes inwerken, ze gedeeltelijk oplossen of ontleden en wel des te sterker, naarmate het zoutzuur sterker is en bij hooger temperatuur wordt aangewend.

Nu heb ik den invloed van het verdunde zoutzuur onderzocht bij vier verschillende bodemtypen, die arm waren aan humusstoffen en geen koolzure kalk bevatten. De resultaten zijn in de onderstaande tabel opgenomen:

	Gehalte aan fractie I (deeltjes kleiner dan 2 μ).	
	zonder voorbewerking.	aanroeren met zoutzuur van 0,2 normaal.
Zware kleigrond B 53	12,4	20,3
Lichte kleigrond B 51	6,2	11,0
Indisch zand B 281	0,9	3,7
Rood zand B 105	0,4	2,7

Ik vestig direct Uwe aandacht op het zeer geringe verschil van de werking van het verdunde zoutzuur bij de beide zanden. De mineralen (augiet, basalt), die in het Indische zand voorkomen, zijn vrij gemakkelijk in zoutzuur oplosbaar, terwijl de mineralen van het roode zand (kwarts, veldspaat) nagenoeg niet door zoutzuur worden aangetast. Men bemerkt dit ook direct bij de be-

handeling met sterk kokend zoutzuur. Fractie I bij B 281 wordt dan 44,0 %, bij B 105 slechts 5,7 %. Ik trek hieruit de conclusie, dat het verdunde zoutzuur van 0,2 normaliteit nagenoeg geen oplossende werking op de meer massieve bodemdeeltjes uitoefent en dus ter verwijdering van de koolzure kalk en de uitgevlokte gels zonder bezwaar gebruikt kan worden.

Dat sterk warm zoutzuur een zeer grooten invloed kan uitoefenen, heb ik reeds medegedeeld. Bij gronden als het Indische zand, wier minerale bestanddeelen (augiet, basalt) in zoutzuur oplosbaar zijn, is deze invloed zeer groot; bij onze zanden, die grootendeels uit kwarts en veldspaat (en glimmer) bestaan, is de invloed zelfs van warm sterk zoutzuur gering.

Ik ben thans gekomen tot de werkingen van kolloïd-chemischen aard en ik dien deze wel wat nader toe te lichten.

Het zal U bekend zijn, dat een kleisuspensie door verschillende electrolyten, zooals zouten en zuren en ook door een kalkoplossing, uitgevlokt wordt. Deze uitvlokkende werking komt hierop neer, dat de kleine deeltjes en de kleine vlokjes zich onder invloed van de electrolyten tot grootere deeltjes samenballen en daarna bezinken.

Verschillende andere basen, als kali- en natronloog en ook ammonia, oefenen een tegenovergestelde werking uit; zij houden de kleideeltjes in suspensie. Deze suspendeerende werking is toe te schrijven aan de ontvlokkende werking van deze basen. Zij doen de grootere vlokken in kleinere vlokjes en in kleinere deeltjes uiteenvallen. Men spreekt hier ook van eene peptiseerende werking.

Onder invloed van deze basen duurt het dus langer, vóórdat eene kleisuspensie bezinkt; de suspensie is stabieler geworden: ammonia en loog werken dus stabiliseerend. *)

Ik kan U deze werking, zoowel de uitvlokkende werking van kalk, zuren, enz., als de stabiliseerende werking van ammonia en loog zeer duidelijk als volgt laten zien. Een kleigrond (B 53) is geschud met water gedurende zes uren, waarna door dagenlang afslibben alle deeltjes kleiner dan 2 μ verwijderd zijn. Deze massa, die dus oorspronkelijk slechts deeltjes grooter dan 2 μ bevatte, is nu geschud in cylinder A met water, in cylinder B_1

*) In mijne publicatie, Natuur- en Geneeskundig Congres (April 1915) is op blz. 454 en 455 een minder juiste omschrijving van het woord „stabiliseeren" gegeven.

met eene verdunde kalkoplossing, in cylinder B_2 met verdund zoutzuur en in cylinder C met verdunde ammonia van 0.1 normaal. Bij A treedt natuurlijk geen verandering in; de afstand, die de wolk aflegt, bedraagt per uur één centimeter. Dit wijst er op, zooals we dadelijk zullen zien, dat deeltjes kleiner dan 2 μ afwezig zijn. De massa in de beide B-cylinders bezinkt zeer spoedig; onder invloed van de electrolyten ballen de deeltjes, die op zich zelf al grooter waren dan 2 μ, zich tot nog grootere deeltjes samen. In cylinder C nemen we eene dikke suspensie waar, die aanzienlijk langzamer bezinkt dan de suspensie in cylinder A. Onder invloed van de ammonia is dus eene belangrijke fractie van de deeltjes in kleinere deeltjes uiteen gevallen.

Ik zal U thans dezelfde werkingen laten zien op eene suspensie van het roode zand. Deze suspensie is verkregen door 10 gram rood zand met 100 ccm. water gedurende 6 uren machinaal te schudden en daarna volgens Atterberg één keer nà 16 uur (hoogte der kolom 20 c.M.) af te hevelen. Op deze wijze wordt eene suspensie verkregen, die slechts deeltjes kleiner dan 2 μ bevat. In cylinder I, waarin zich deze suspensie met water bevindt, zien we de deeltjes langzaam bezinken. In cylinder II, waaraan zoutzuur is toegevoegd, is alles reeds bezonken; de bovenstaande vloeistof is volkomen helder geworden. In cylinder III ten slotte bevindt zich de roode-zand-suspensie met zooveel ammonia aangemengd, dat de sterkte van de oplossing 0.1 normaal is. De deeltjes bezinken thans veel langzamer dan in cylinder I; de ammonia heeft derhalve de toch al kleine deeltjes — immers er waren slechts deeltjes kleiner dan 2 μ aanwezig — in nog kleinere deeltjes uiteen doen vallen.

Ik kan nu op de verklaring van deze verschijnselen niet diep ingaan. Volgens de tegenwoordige opvattingen kunnen deze verschijnselen verklaard worden door een verschil in adsorptie van de verschillende ionen door de kleine deeltjes aan te nemen. Er moet evenwel voor elke stof een grenswaarde bestaan, waarbeneden ze stabiliseerend en waarboven ze uitvlokkend werkt. Zoo zal bijv. kalk in zeer geringe concentraties de suspensie stabiliseeren, maar omgekeerd ammonia in zeer hooge concentraties uitvlokkend werken. *)

---

*) Zie Naschrift II.

Indien dus in plaats van met water met verdunde ammonia afgeslibd wordt, kan men een verschil in de resultaten van het mechanisch bodemonderzoek verwachten. De werking van de ammonia op de vier onderzochte bodemtypen is nu het beste uit onderstaande tabel te zien:

	Gehalte aan fractie I (deeltjes kleiner dan 2 μ).			
	schudden met water (Amerikaansche methode) afslibben met		aanroeren met verdund zoutzuur (Engelsche methode) afslibben met	
	water	ammonia	water	ammonia
B 53 Zware kleigrond	38,0	52,7	20,3	56,0
B 51 Lichte kleigrond	20,1	31,7	11,0	35,3
B 105 Rood zand . .	2,1	3,9	2,7	3,6
B 281 Indisch zand. .	6,5	6,0	3,7	4,2

Uit deze cijfers blijkt dat door behandeling alleen met water een hoogere „zandgehalte" gevonden mogen zijn dan bij ammoniaat.

De invloed van de ammonia is bij de beide kleigronden in beide gevallen (schudden en aanroeren) zeer groot. Ook het roode zand ondervindt nog een betrekkelijk grooten invloed van de ammonia. Het Indische zand is evenwel geheel ongevoelig voor de behandeling met ammonia. Verschillen als 6,5 — 6,0 en 3,7 — 4,2 liggen ongeveer binnen de grenzen der fouten. *)

Wij moeten ons thans de vraag stellen, hoe de ammonia eigenlijk werkt en vooral deze vraag, òf de ammonia enkel en alleen kleinere deeltjes als het ware losweekt, grootere vlokken dus in kleinere vlokjes en deeltjes uiteen doet vallen, òf dat de ammonia ook inwerkt op de gronddeeltjes, die als één geheel zijn op te vatten. Wat deze vraag vooral zoo moeilijk maakt, is wel de omstandigheid, dat we ons weer moeten afvragen wat afzonderlijke deeltjes en wat vlokken zijn en hoe we beide kunnen onderscheiden. Natuurlijk helpt ons het feit, dat het gehalte aan kleine deeltjes door het gebruik van ammonia toeneemt, niets — evenmin als ons dit van nut was bij de beantwoording van de vraag, waar in het wezen der zaak de werking van het schudden van den grond op neer kwam.

Ik heb nu getracht eenig inzicht te verkrijgen in de werking

*) Zie Naschrift III.

van de ammonia, door de hulp van den microscoop in te roepen. Men moet natuurlijk over eene sterke vergrooting beschikken. Ik heb gewerkt met oculair No. 5 en objectief 9, waardoor ik een vergrooting van ± 900 kon bereiken. Het proefstation beschikt niet over electriciteit. Door de welwillendheid van mijn ambtgenoot van Zaadcontrôle verkreeg ik de beschikking over electrischen stroom, zoodat ik een lamp van 50 kaarsen als lichtbron kon gebruiken. Op deze wijze kon ik deeltjes van 0,5 à 1 micron nog duidelijk waarnemen en hunne grootte ongeveer vaststellen. Ik kan U nu het volgende over deze onderzoekingen mededeelen.

Vooraf mogen eenige opmerkingen gaan over het uitvlokkingsverschijnsel. Bij de vergrooting van ± 900 ziet men in een druppel van een kleisuspensie deeltjes van allerlei grootte. De grootste — waaronder, al naar gelang van de bereiding van de suspensie, deeltjes van 10 à 20 μ — zijn in rust, althans voor het oog; deeltjes van 5 μ ziet men reeds duidelijk eene trillende beweging uitvoeren en hoe kleiner de deeltjes worden, hoe sterker zij in beweging zijn en de kleinste deeltjes, die ik kon waarnemen — en die ik op ongeveer 0,5 à 1 μ middellijn schat — waren in heftige beweging. Dat is de bekende Brown'sche beweging.

Ik mengde nu een gedeelte van de kleisuspensie in een bekerglas met eene kalkoplossing en bracht zoo spoedig mogelijk een druppel van dit mengsel onder den microscoop. Men neemt dan waar, dat zich talrijke vlokken gevormd hebben. Maar men ziet toch ook nog vrij veel zeer kleine deeltjes — van 0,5 tot 1 μ — en deze deeltjes hebben hunne sterke Brown'sche beweging behouden. Vervolgt men deze deeltjes, dan ziet men een enkele in de nabijheid komen van grootere vlokken en als de afstand klein genoeg geworden is, legt het deeltje zich aan deze vlokken vast en de Brownsche beweging houdt op.

Deze waarneming is in strijd met de waarnemingen van Victor Henri *), die tot deze conclusie komt: „Les mouvements browniens sont ralentis par l'addition d'un agent coagulant *avant* le phénomène de coagulation." Victor Henri wil dus, dat het ophouden

*) Influence du milieu sur les mouvements browniens, par M. Victor Henri; Comptes Rendus, 147, II, blz. 62 (1908).

van de Brown'sche beweging aan het coaguleeren voorafgaat. Ik kan dit niet toegeven; integendeel, ik zie juist in het coaguleeren de oorzaak van het ophouden — beter gezegd van het zoo klein worden — van de Brown'sche beweging, dat ze niet meer is waar te nemen.

Ik heb vervolgens de werking van de ammonia nagegaan. Ik heb daartoe verschillende bodemtypen — kleigrond, rood zand, Indisch zand — met water geschud en daarna de deeltjes kleiner dan 2 μ (dus fractie I) door herhaald afslibben met water verwijderd. Ik heb toen deze restanten, die geen deeltjes meer bevatten kleiner dan 2 μ, nader onderzocht.

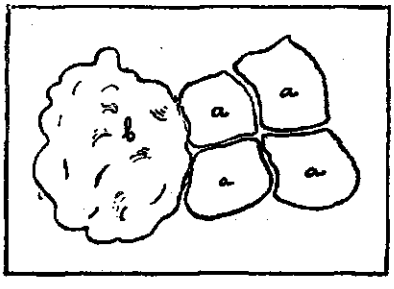
Onder den microscoop ziet men zoo goed als geen deeltje kleiner dan 2 μ; slechts zeer sporadisch komen ze nog voor.

Ik heb daarna in een bekerglas wat van het Indisch zand met verdunde ammonia gemengd en een druppel van dit mengsel onder den microscoop bekeken. *Men neemt dan geen verandering waar.*

Geheel anders is het evenwel, als men deze proef met den kleigrond herhaalt. Brengt men een druppel van het mengsel kleigrond + ammonia onder den microscoop, dan ziet men direct reeds tal van zeer kleine deeltjes (van 0,5 — 1 μ) in sterk Brownsche beweging. En dit aantal ziet men voortdurend toenemen, tot na bijv. 10 à 20 minuten het aantal niet meer bij benadering (althans met de gewone hulpmiddelen) te schatten is. Waar die kleine dingen evenwel vandaan komen, heb ik niet kunnen constateeren — m. a. w. ik heb het oogenblik niet kunnen waarnemen, waarop zoo'n klein deeltje van 0,5 — 1 μ ongeveer zich van een grootere vlok afscheidde.

Wel heb ik verscheidene malen het volgende verschijnsel kunnen constateeren. Men ziet duidelijk onder den microscoop twee soorten van deeltjes. Ook komen conglomeraten van deeltjes voor, die duidelijk uit twee geheel verschillende soorten van deeltjes bestaan.

De deeltjes a, a, a, a, zien er uit als scherp begrensde deeltjes — geheel massief zou men ze kunnen noemen; b daarentegen ziet er meer vlokkig, sponsig uit. Men krijgt den indruk, dat men op een berglandschap kijkt, met hooge bergen en diepe dalen,



zooals men dit thans vaak op kaarten van het oorlogsterrein ziet afgebeeld. Heeft men nu maar geduld, dan ziet men in de verdunde ammonia de sponsachtige massa kleiner worden en in beweging komen. Eerst blijft ze nog vast aan de deeltjes a zitten; ze gaat wat heen en weer schommelen; maar plotseling raakt ze los en drijft weg — gewoonlijk helaas zoo snel, dat ze uit het gezichtveld raakt. Dit is intusschen geen bezwaar, want overal drijven dergelijke sponsachtige massa's in het gezichtsveld rond. De deeltjes a daarentegen 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 ook onveranderd bleven.

Ter verklaring van dit verschijnsel veroorloof ik mij thans iets uit het werk Kapillarchemie van H. Freundlich (1909, blz. 376/377) voor te lezen. Freundlich behandelt hier de verschillende middelen om eene suspensie te bereiden en wel het aanwenden van suspendeerende middelen. Zoo kan men bijv. door behandeling van goud met verdunde ammonia eene goud-suspensie verkrijgen, dus eene z.g. goud-sol. Freundlich dan schrijft: „Een van de wegen om eene sol-oplossing te bereiden is het aanwenden van suspendeerende middelen. Zoo bijv. wordt eene goudsuspensie door inwerking van ammonia op goud bereid en ontstaan suspensies van verschillende sulfiden door inwerking van zwavelwaterstof. Om evenwel dergelijke suspensies te bereiden, moet men niet uitgaan van de massieve stof, niet van een klomp goud bijv., maar de gouddeeltjes, die met ammonia behandeld worden, moeten reeds een zeer groot grensvlak bezitten. Ze moeten, zooals Freundlich het uitdrukt, „zur Suspension geeignet sein".

Brengt men nu 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 wat men noemt gepeptiseerd. Men zou hier ook kunnen spreken van „het ontvlokken van de deeltjes b".

Men kan zich nu verder afvragen hoe de vlokkige deeltjes b ontstaan zijn.

Zooals U bekend is, kunnen zich in kleigronden suspensies van kleine en zeer kleine deeltjes vormen. Dit heeft bijv. plaats bij flinke regens; het afvloeiende water is dan troebel door de kleine deeltjes, die in suspensie meegaan. Omgekeerd zijn er echter in den bodem weer allerlei andere oorzaken werkzaam, die deze kleine deeltjes uitvlokken. Dit geschiedt bijv. door sommige zouten (meststoffen), door de werking van den vorst, enz. Bij dit uitvlokken vereenigen de kleine deeltjes zich, zooals ik reeds meedeelde, tot vlokken, tot conglomeraten. Men moet zich dit uitvlokken nu zóó voorstellen, dat die kleine deeltjes gewoon tegen elkander aan gaan liggen; ze verdwijnen dus niet, maar blijven als kleine deeltjes in de grootere vlokken aanwezig. Men moet dus die vlokken niet als nieuwe massieve deeltjes gaan opvatten. Zsigmondy (76) drukt dit als volgt uit: „Die kleinen Teilchen verschmelzen bei der Koagulation nicht mit einander zu neuen homogenen Gebilden." Men zou dus de vlokkige deeltjes b kunnen beschouwen als uitgevlokte, gecoaguleerde kleinere deeltjes *).

Recapituleerende zou men dus kunnen zeggen: verdunde ammonia is een zwak dispersie-middel; het werkt niet op de massieve deeltjes in, maar het ontvlokt, het peptiseert de bestaande vlokken b.

Is deze opvatting juist, dan kan men er een steun voor het gebruik van verdunde ammonia bij het afslibben in zien. De deeltjes b zouden dan als conglomeraten van kleinere deeltjes zijn op te vatten en dus inderdaad in een groep van kleinere deeltjes thuis behooren, waarin ze dan ook door het gebruik van de verdunde ammonia gebracht worden. Want het moet toch ook uit een practisch oogpunt een groot verschil maken of de deeltjes van een grond massief zijn of wel eene sponsachtige massa vormen. Inderdaad is dit verschil ook door Ramann geconstateerd en wel tusschen twee gronden, die dezelfde mechanische

---

*) Zie ook Ramann (Bodenkunde) over chemische en mechanische verweering; blz. 288.

samenstelling bezaten, maar wier kleinste deeltjes in habitus juist het verschil vertoonden, dat ik hier bespreek *).

Doch dan zal het ook zaak zijn de beide soorten van deeltjes bij de mechanische bodemanalyse zoo mogelijk in verschillende groepen onder te brengen — en dit gelukt door het gebruik van verdunde ammonia, die de massieve deeltjes a niet aantast — de sponsachtige deeltjes b daarentegen in kleinere deeltjes uiteen doet vallen.

Men moge nu deze verdediging van het gebruik van verdunde ammonia bij het afslibben zwak vinden, ik wil dat niet betwisten en slechts opmerken, dat het gebruik van verdunde ammonia dan toch eenigszins te verdedigen is en dit kan van geen enkel der mechanische bewerkingen, noch van het koken van den grond, noch van het schudden of aanwrijven van den grond met water gezegd worden.

Men gevoelt intusschen, dat verschillen in structuur, die *misschien* door den bodem zeer voorzichtig met water aan te wrijven, te behouden zouden zijn, door het gebruik van verdunde ammonia geheel verdwijnen. Immers — of de kleinste deeltjes oorspronkelijk los van elkander zijn — z.g. enkelkorrelstructuur — of tot vlokken of kruimels vereenigd voorkomen — z.g. kruimelstructuur — de ammonia heft al deze verschillen volkomen op; verschillen in structuur verdwijnen dus geheel.

Een sprekend voorbeeld hiervan geven sommige bodemtypen, die rijk zijn aan kleine kleideeltjes — en onder klei versta ik een soort aluminaatsilikaat — en tegelijk veel ijzer in los gebonden vorm bevatten. *Houtman* (Java) geeft voorbeelden van dergelijke gronden met een gehalte van 54 tot 63 % afslibbare deelen (kleiner dan 2 μ), die niettegenstaande dit hooge gehalte, vrij licht zijn en goed te bewerken, terwijl daarnaast zware, moeilijk te bewerken kleigronden voorkwamen, die slechts ongeveer 35—55 % afslibbare deelen bleken te bevatten. De eerstgenoemde gronden danken hunne gunstige physische geaardheid aan de ijzerzouten, welke uitvlokkend op de klei werken, zoodat zich kruimels, vlokken vormen.

Men kan deze wederkeerig uitvlokkende werking van eene suspensie van ijzerhydroxyde en klei natuurlijk zeer gemakkelijk

*) Photo Ramann blz 288.

demonstreeren. Ik vind het intusschen wel zoo interessant, om U te laten zien, dat twee bodemsuspensie's elkander uitvlokken. Ik heb daartoe bijeengebracht 1/ een kleisuspensie van een kleigrond uit de Betuwe en 2/ eene suspensie, verkregen door schudden van het roode zand (zie boven). Duidelijk is de uitvlokkende werking nà menging der beide suspensie's te zien. In de cylinder met het mengsel van de beide suspensie's ziet U na eenige minuten een heldere vloeistof, terwijl de vloeistoffen in de cylinders met de afzonderlijke suspensie's 1 en 2 nog troebel zijn. Ook onder den microscoop nam ik duidelijk eene vorming van vlokken waar.

De verklaring van dit verschijnsel ligt voor de hand. Men moet aannemen, dat de deeltjes van de beide suspensie's omgekeerd geladen zijn; die van de kleisuspensie negatief, die van de roode suspensie positief. Aangezien nu de oorzaak van de uitvlokkende werking te zoeken is in de opheffing van de electrische lading, zal er een optimum voor de concentraties der beide suspensie's zijn, waarbij zij zich het best uitvlokken. Inderdaad vond ik ook eene snelle uitvlokking bij de volgende sterkte (berekend op droge stof bij 105° C.):

1.79 gram kleisuspensie per liter
en 5.32 gram roode-zand-suspensie per liter.

Nam ik daarentegen dezelfde kleisuspensie, doch eene minder geconcentreerde roode suspensie — ik taxeer ongeveer 2.5 à 2.6 gram per liter — dan zag ik weinig van eene wederkeerig uitvlokkende werking.

Uit het feit, dat de optimumverhouding der concentraties ongeveer als 1 : 3 is, volgt verder, dat de roode deeltjes minder sterk geladen zijn dan de deeltjes van de klei-suspensie. *) Ik hoop in staat te zijn deze ladingen eens te onderzoeken. **)

Ik heb hiermede het eerste onderdeel van de methode van het mechanische bodemonderzoek, d.i. het losmaken van de gronddeeltjes, die door verschillende bindmiddelen bijeengehouden worden, afgehandeld en ga thans over tot de bespreking van het tweede gedeelte van deze methode: het scheiden van de

*) Zie Naschrift IV.
**) Zie ook Naschrift II.

gronddeeltjes in groepen van bepaalde afmetingen. Ik heb dit altijd gedaan door de gronddeeltjes in een kolom stilstaand water te laten bezinken, dus door gebruik te maken van de slibcylinders van Kühn, Atterberg, e.a.

Deze methode om de gronddeeltjes in groepen van verschillende grootte te scheiden, berust op het feit, dat er een verband bestaat tusschen de afmetingen van een deeltje en den weg, die dit deeltje in een vloeistof onder invloed van zwaartekracht en wrijving aflegt. Hoe grooter het deeltje, hoe grooter de afgelegde weg is. Men gaat nu als volgt te werk.

In den cylinder wordt de grond goed met de vloeistof (water of verdunde ammonia) geschud en daarna rustig aan zichzelve overgelaten. Men hevelt na zekeren tijd t een bepaalde kolom h van de vloeistof af; vult daarna opnieuw met de vloeistof tot dezelfde hoogte aan, schudt de massa goed dooreen, laat wederom rustig bezinken en hevelt wederom na denzelfden tijd t dezelfde kolom h af. Dit herhaalt men zoolang tot de kolom, die afgeheveld moet worden, volkomen helder is. Men heeft dan alle deeltjes beneden zekere afmetingen afgeheveld, en wel alle deeltjes, die langer dan den tijd t noodig hebben om den weg h af te leggen.

Men kan daarna deeltjes van andere afmetingen afhevelen door de vloeistof korteren tijd te laten staan. Men kan deze bewerking noemen: gefractioneerd afhevelen.

Ik zal nu in de eerste plaats het verband aangeven, dat er bestaat tusschen de grootte van de afgehevelde deeltjes, den tijd, de hoogte van de kolom water, de specifieke gewichten van de afgehevelde deeltjes en de gebruikte vloeistof en ten slotte de viscositeit van de vloeistof.

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 =

$$^4/_3\ \pi\ r^3\ (D-d)\ g\ (1),$$

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.

Deze kracht geeft aan het deeltje eene eenparig versnelde versnelde beweging, verticaal naar beneden gericht. Zoo gauw echter 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 kracht is evenredig aan de snelheid, die het deeltje bezit. Aangezien nu het deeltje zich (evenals elk vallend lichaam) hoe langer hoe sneller gaat bewegen, zal de wrijving ook hoe langer hoe grooter worden en eindelijk in grootte gelijk worden aan de naar beneden gerichte kracht. Beide krachten heffen elkander dan op en van dat oogenblik af aan neemt de *snelheid van het deeltje niet meer toe* — het deeltje heeft eene eenparige beweging gekregen.

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

De kracht, die op het deeltje verticaal naar boven werkt, van het oogenblik afaan, dat het eene eenparige beweging gekregen heeft, is volgens eene berekening van den Engelschman Stokes *)

$$6\,\pi\,e\,r\,v \quad (2),$$

waarin e = de viscositeitscoëfficient van de vloeistof, r de straal van het deeltje en v de verkregen eindsnelheid, dat is de weg, die het deeltje per secunde aflegt.

We hebben dus, daar de krachten (1) en (2) gelijk zijn:

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

$$v = \tfrac{2}{9}\,\frac{g\,r^2\,(D - d)}{e} \quad (3).$$

Voor water en voor verdunde ammonia is bij 16° Celsius: e = 0,011; D is gemiddeld ongeveer op 2,5 te stellen, d = 1 en g = 981, zoodat de vergelijking wordt:

$$V = \frac{2}{9}\,\frac{981 \times 1{,}5 \times r^2}{0{,}011}$$

of $V = 29430\,r^2$ (4).

Deze formule geeft ons het verband tusschen de grootte van het deeltje en den weg, die het in een secunde aflegt. De formule van Stokes geldt evenwel slechts voor kleine snelheden; wordt de snelheid grooter, dan hangt de wrijvingskracht niet alleen af van de eerste macht, doch ook van de tweede macht,

---

*) On the effect of the internal friction of fluids on the motion of pendulions, bij G. G. Stokes; Transactions of the Cambridge Philosophical Society, Volume the ninth, Part. II, 8—106.

van de snelheid, en krijgen we in plaats van (2) een ingewikkelder formule voor de wrijvingskracht.

Stokes past intusschen zijne formule nog toe bij snelheden van ongeveer 4 c.M. per secunde.. Voor V = 4, wordt r = 0,012 c.M., dat is dus een deeltje van ongeveer 0,25 m.M. diameter.

Ik heb nu in de eerste plaats afgeheveld de deeltjes kleiner dan 2 μ, dus r = 1 μ. Voor r = 1 μ, dat is 0,0001 c.M., wordt:

$$V = 29.430 \left(\frac{1}{10^4}\right)^2 \text{ c.M.; dus}$$

$$V = 0{,}0002943 \text{ c.M.} = 2{,}9\ \mu.$$

Een gronddeeltje met een diameter van 2 μ legt dus in water en ook in verdunde ammonia per secunde een weg af van 2,9 μ. Dat is zeer zeker een zeer geringe afstand. Een sneltrein, die zich ongeveer met eene snelheid van 43 à 44 K.M. in het uur voortbeweegt, legt in één secunde een weg af van ongeveer 12 M. Een slak beweegt zich ongeveer met eene snelheid, die 2000 maal kleiner is, legt n.l. ongeveer 6 m.M. per secunde af Maar de snelheid van deze slak is weer 2000 maal zoo groot, als de snelheid, waarmede ons deeltje van 2 μ zich naar beneden beweegt. De slak snelt dus dit deeltje op dezelfde wijze voorbij, als de sneltrein de slak voorbijsnelt. Zoo zien we, dat inderdaad alles betrekkelijk is.

Toch is de snelheid, waarmede dit deeltje zich voortbeweegt, in verhouding tot zijne afmetingen, niet gering te noemen. Immers het verplaatst zich per secunde over een afstand, die 1,5 maal zijn diameter is. Een mensch zou, om die snelheid te bereiken, 9 K.M. per uur moeten afleggen.

Het deeltje van 2 μ legt dus per secunde een weg af van 2,9 μ, dat wordt in 1 uur:

$$3600 \times 2{,}9\ \mu = 1{,}04 \text{ c.M.}$$

Volgens onderzoekingen van Atterberg, die ik kan bevestigen, wordt voor onze gronden vrijwel 1 c.M. gevonden voor den weg, per uur afgelegd. Het verschil tusschen 1,04 en 1 c.M. wordt veroorzaakt, doordat het S.G. van de deeltjes van onze gronden gemiddeld iets kleiner is dan 2,5 (ongeveer 2,44).

Men kan nu het meest praktisch tewerk gaan, door na 16 uur en na 8 uur af te hevelen; de kolommen vloeistof moeten dan resp. 16 c.M. en 8 c.M. hoog zijn. In een etmaal kan dan twee

eerder gronden, volgens Dullard S.G. = 2.6

maal afgeheveld worden. Aangezien nu een deeltje van 2 μ juist 16 c.M. in 16 uur en 8 c.M. in 8 uur aflegt, worden op deze wijze alleen deeltjes kleiner dan 2 μ afgeheveld. Maar bij één maal afhevelen worden niet alle deeltjes kleiner dan 2 μ afgeheveld, omdat deze deeltjes over de geheele kolom verspreid zijn. Men moet dus dit afhevelen herhalen, totdat de vloeistof helder geworden is.

Deze bewerking duurt natuurlijk bij gronden met een hoog gehalte aan afslibbare deelen, als onze kleigronden, zeer lang. Soms kan men weken en weken achtereen afslibben, voordat de bovenstaande kolom vloeistof helder geworden is. Nu kan men dit proces bekorten door te centrifugeeren, na het centrifugeeren af te hevelen, opnieuw te centrifugeeren en dit te herhalen tot de vloeistof helder geworden is. Men moet dan natuurlijk eerst bepalen, hoe sterk en hoe lang gecentrifugeerd moet worden om deeltjes van zekere grootte af te slibben.

In de formule komt de grootheid e voor, de viscositeitscoëfficient, die van de temperatuur van de vloeistof afhankelijk is. Men moet dus bij constante temperatuur werken. De cijfers, door mij hier genoemd (nl. de afgelegde weg van een deeltje van 1 μ straal in 1 secunde = 2,9 μ) gelden alleen voor de temperatuur van 16° C. Vooral bij onderzoekingen in Indië zal men met dit feit rekening moeten houden. Verder zal men, om stroomingen in de vloeistof tegen te gaan, geen wijde cylinders mogen gebruiken. De cylinders van Atterberg zijn in dit opzicht beter dan die van Kühn.

Mij blijven thans nog twee punten ter bespreking over, die beide in verband staan met de omstandigheid, dat zeer kleine deeltjes een sterke Brown'sche beweging bezitten.

Ik heb reeds opgemerkt, dat de formule van Stokes is afgeleid voor deeltjes van hoogstens enkele millimeters diameter; voor grootere deeltjes, die eene groote snelheid bezitten, geldt ze niet. Door de onderzoekingen van Atterberg e.a. is de formule verder geverifieerd voor deeltjes met een diameter van enkele μ's. De vraag rijst nu of zij ook doorgaat voor heel kleine deeltjes, deeltjes, die bijv. slechts enkele tiende deelen van een micron diameter en nog minder bezitten. Deze vraag is van

practisch belang, omdat sommige onderzoekers deeltjes van bijv. 0.25 μ diameter afslibben, wat zij dan bereiken door een kolom van zekere hoogte na 1 of 2 weken af te hevelen.

Toen Stokes in 1851 zijne onderzoekingen in het philisophische genootschap te Cambridge bekend maakte, was nog geen verklaring gegeven van de Brown'sche beweging. Men weet thans, dat zeer kleine deeltjes (bijv. van 1 muu en kleiner) eene zeer sterke eigen beweging bezitten en men moet zich dus de vraag stellen of voor deze deeltjes de formule van Stokes doorgaat. Uit onderzoekingen van Perrin *) nu 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 deze formule zelfs toegepast om de electrische lading van deeltjes van 25×10^{-7} c.M. diameter te berekenen.

Mij interesseert hier intusschen deze kwestie verder niet, omdat ik het nut van eene splitsing van de groep deeltjes kleiner dan 2 μ niet inzie.

Ten slotte moet ik nog de vraag behandelen, tot welken evenwichtstoestand deeltjes, die zich in een vloeistof bevinden, ten slotte zullen komen. Voor de uiterste gevallen geeft de ervaring ons direct antwoord op deze vraag. Groote zandkorrels van enkele m.M. diameter bevinden zich, wanneer het evenwicht is ingetreden, alle op den bodem. Zijn de deeltjes eenige millioenen malen kleiner — zooals bijv. de suikermoleculen in eene suikeroplossing — dan is bij het bereiken van den evenwichtstoestand de suiker gelijkmatig over de geheele kolom water verdeeld; op elke hoogte bevinden zich — althans practisch — per gelijke inhoudsmaat een zelfde aantal suikermoleculen.

Tusschen deze deeltjes — zandkorrels en suikermoleculen — in liggen de deeltjes van eene kleisuspensie en de vraag is dus gewettigd, hoe deze deeltjes zich bij het intreden van den evenwichtstoestand over de vloeistof verdeeld hebben. Ik kan U dit het beste op de volgende wijze duidelijk maken.

---

*) 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).

Denk U in een kolom water, bijv. van 16 c.M. hoogte, één deeltje van 2 μ diameter, hetwelk zich van het bovenste niveau naar beneden beweegt. Na 16 uren is dit deeltje op den bodem aangekomen. Het gaat hier evenwel niet rustig liggen, doch blijft in Brown'sche beweging. (Het is ook mogelijk, dat het aan den bodem vast kleeft en daar tot rust komt, doch ik neem nu bij mijne redeneering aan, dat dit niet plaats vindt).

Bevinden zich nu in die kolom water *twee* deeltjes van 2 μ, dan zullen beide na 16 uren bij den bodem aangeland zijn en daar blijven, doch steeds in Brown'sche beweging. Deze twee deeltjes hinderen elkander daarbij niet; ze vinden ruimte genoeg om deze beweging uit te voeren.

Denkt men zich nu in plaats van 2 deeltjes evenwel millioenen van dergelijke deeltjes, dan wordt de zaak anders. Al deze deeltjes vinden daar op den bodem geen voldoende ruimte om de Brown'sche beweging uit te voeren. De deeltjes, die onderaan zijn, drukken als 't ware de overige deeltjes omhoog. Ik kan thans niet dieper op de zaak ingaan, maar volsta met de mededeeling, dat bij het intreden van den evenwichtstoestand de deeltjes zich over de geheele ruimte verdeeld hebben volgens de formule:

$$\tfrac{2}{3}\, W \log \frac{N_0}{N} = V\,(D - d)\, g\, h,$$

waarin V = het volume van de deeltjes; D en d de S.G. van het deeltje en de vloeistof; W de gemiddelde energie van een deeltje en N_0 en N de concentraties in twee vlakken, die op een afstand h van elkander verwijderd zijn. *)

Perrin heeft deze formule nu geverifieerd en juist bevonden voor deeltjes guttegom en maxtix van verschillende afmetingen. Past men deze formule toe op eene kleisuspensie, welke bijv. uit deeltjes van 1 μ diameter bestaan, dan vindt men, dat de concentratie reeds bij een hoogte van 1,6 μ tot op de helft verminderd is. Weer 1,6 muu hooger is de concentratie weer de helft kleiner geworden en zoo gaat het door. Op een afstand van 1 m.M. van den bodem is de concentratie dus reeds geworden:

$$\left(\frac{1}{2}\right)^{700}$$

*) Zie Perrin, Koll. Chem. Beihefte I.

van de concentratie op den bodem. Dat wil zeggen, dat daar practisch geen deeltjes meer aanwezig zijn.

In meen hiermede voldoende te hebben aangetoond, dat de omstandigheid, dat de kleine deeltjes, die wij in fractie I afslibben, eene sterke Brown'sche beweging bezitten, van geenerlei invloed is bij de methode van het mechanisch bodemonderzoek.

Wanneer men in de leerboeken de methode van het mechanisch bodemonderzoek opslaat, dan vindt men daar uitvoerig besproken de wijze van afslibben en zeeven en evenzoo de vraag in welke groepen de bodemdeeltjes verdeeld moeten worden — maar de kwestie van de voorbewerking, welke de bodem moet ondergaan vóórdat met slibben kan worden aangevangen, wordt in vele gevallen slechts even aangeroerd. Evenzoo is het gesteld met de vraagpunten, die op dit gebied op de twee bodemkundige conferenties te Boedapest (1909) en te Stokholm (1910) behandeld zijn.

Ik meen thans uitvoerig te hebben aangetoond, dat juist de wijze, waarop de voorbewerking van het grondmonster plaats vindt, van zeer grooten invloed moet zijn op de resultaten van het onderzoek. Ik laat thans het uitvoerig cijfermateriaal, dat ik verkregen heb, rusten. Zij, die daarin belang stellen, kunnen deze cijfers thuis kalm en rustig bestudeeren (zie aanhangsel). Alleen wil ik U nog even de hoofdresultaten van het onderzoek kort mededeelen.

Het is mij dan in de eerste plaats gebleken, dat aan het aanroeren, aanwrijven en borstelen van den bodem groote subjectieve fouten kleven, onverschillig of dit geschiedt volgens de Engelsche methode met zoutzuur of volgens de methode Atterberg-Beam met water. Eerst door dit aanwrijven en borstelen zóó vaak te herhalen, tot praktisch geen afslibbare deeltjes meer verkregen worden, bereikt men voldoende overeenstemming bij de verschillende parallelbepalingen. Maar juist dit herhaalde aanwrijven en afslibben met water maakt de methode vrijwel voor de praktijk onbruikbaar. Bovendien is het gevaar groot, dat bij dit herhaald aanwrijven van den bodem kleine deeltjes verbrijzeld worden.

De schudmethode van het Amerikaansche Bureau of Soils geeft bij alle monsters mooi overeenstemmende cijfers. Dit is

een zeer groot voordeel van deze methode en ik ben dan ook oorspronkelijk een groot voorstander van deze methode geweest. Zoo heb ik haar op de vergadering te Berlijn in November 1913 tegenover de methode Beam-Atterberg (aanwrijven of borstelen) verdedigd. Maar bij nader inzien ben ik toch tot de conclusie gekomen, dat het gevaar, dat kleine deeltjes bij het schudden verbrijzeld worden, zeer groot is. Vooral is mij dit bij het onderzoek van den Indischen zandgrond gebleken.

Het gebruik van verdund zoutzuur (normaliteit 0,2) levert geen bezwaar op. Natuurlijk is de hoeveelheid, die gebruikt moet worden, afhankelijk van het gehalte aan koolzure kalk. *)

Ten slotte gevoel ik thans zeer veel voor het afslibben met verdunde ammonia en ik heb heden avond een poging aangewend om dit gebruik eenigszins te verdedigen.

Ik kom dus tot de conclusie, dat de Engelsche methode van het mechanische bodemonderzoek het meest aanbeveling verdient. Deze methode komt in 't kort hierop neer (zie methode H.): 10 gram grond worden gedurende één uur zeer voorzichtig, zonder druk uit te oefenen, in een porceleinen schaal met 100 cc 0,2 normaal zoutzuur aangeroerd. Men kan bijv. 4 à 8 monsters tegelijk 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 het zoutzuur door uitloogen met water verwijderd. Daarna wordt fractie I verder met verdunde ammonia (ongeveer 0,1 normaal) afgeslibd.

Men vindt deze methode uitvoerig beschreven in het Journal of Agricultural Science, Deel I, blz. 470 e.v. en verder in Russell's boek „Soilconditions and Plant growth" en ook in de Duitsche vertaling van dit werk „Boden und Pflanze" door Hans Brehm.

Wanneer ik U de Engelsche methode van het mechanische bodemonderzoek aanbeveel, dan ben ik er mij zeer zeker van bewust, dat ook op deze methode nog heel wat kritiek zal zijn uit te oefenen. En deze kritiek treft natuurlijk de wijze, waarop de Engelsche methode de gronddeeltjes los van elkander maakt.

---

*) Zie Naschrift V.

Wanneer dan zelfs de beste van alle methoden toch nog op dit punt aan kritiek bloot staat, dan vraagt men zich ten slotte toch nog eens af of het geen aanbeveling zou verdienen deze voorbereiding maar geheel weg te laten. Ik heb U evenwel reeds mijn bezwaren daartegen meegedeeld. Zij, die aanhangers van dit systeem zijn, moeten wel bedenken, dat zij toch altijd den bodem eenige voorbereiding moeten doen ondergaan, welke voorbereiding dan gewoonlijk bestaat in een voorzichtig fijnwrijven met water met de vingers. En naast alle bezwaren, die ik tegen deze methode genoemd heb, wil ik nog deze voegen, dat aan een dergelijke voorbereiding zeer groote subjectieve fouten kleven. Men krijgt op deze wijze in één en hetzelfde laboratorium, bij één en dezelfde persoon parallelbepalingen, die vele procenten van elkander afwijken. Natuurlijk zal er dan van overeenstemming aan verschillende laboratoria geen sprake kunnen zijn.

En het is ook nog zeer de vraag in hoeverre een dergelijke methode, die den bodem dus zoo weinig mogelijk vóórbewerkt, resultaten oplevert, die voor de praktijk bruikbaar zijn. Ik kan U althans één geval noemen, waarin deze methode ons geheel op een dwaalspoor zou voeren.

Het betreft het onderzoek van verschillende zanden van de Veluwe, waaronder ook het roode zand. Zonder eenige voorbereiding geven al deze zanden ongeveer het zelfde gehalte aan afslibbare deelen, nl. ongeveer 1 % deeltjes kleiner dan 0,02 m.M. = 20 μ. Volgens de Engelsche methode echter komen juist in het gehalte aan afslibhare bestanddeelen groote verschillen aan den dag tusschen het roode zand aan den eenen kant en de overige Veluwe-zanden aan den anderen kant. Het gehalte van het roode zand aan deeltjes kleiner dan 0,02 m.M. stijgt dan tot 5,3 %, terwijl dat van de andere zanden nagenoeg niet verandert. En het is juist dit gehalte van 5 % afslibbare deelen in het roode zand, dat n.m.m. dit zand zoo'n hooge cultuurwaarde onder de Veluwe-zanden verleent.

Ik zou niet gaarne, Mijne Heeren, mijn voordracht willen eindigen zonder althans met een enkel woord tot U, die straks grootendeels in de praktijk van den Landbouw werkzaam zult zijn, te hebben gesproken over de praktische beteekenis van het mechanisch bodemonderzoek.

Ik sla voorloopig deze beteekenis zeker niet hoog aan, maar

aan den anderen kant meen ik toch, dat het mechanisch bodemonderzoek wel van eenig nut kan zijn voor twee groote gebieden, de geologie en de landbouw.

Bij de studie van welk onderwerp ook is eene goede klassificatie van het hoogste belang. Men kan zelfs zeggen, dat deze in het kort den stand van onze kennis over het betreffende onderwerp weergeeft. Immers, een klassificatie is niet mogelijk zonder een grondige kennis van de verschillende karakteristieke eigenschappen van het te klassificeeren onderwerp. Een klassificatie nu van onze gronden moet voor een groot deel berusten op de kennis van de mechanische samenstelling van deze gronden, omdat de mechanische samenstelling van den bodem betrekking heeft op den bodem in zijn geheel, terwijl het scheikundige, evenals het mineralogische bodemonderzoek slechts de samenstelling van een *gedeelte* van den bodem leert kennen.

Vraagt men mij naar het practische nut van deze klassificatie, dan antwoord ik, dat in de eerste plaats bij het maken van een geologische kaart een klassificatie noodig is en het mechanische bodemonderzoek zal dus bij dit werk eene meer of minder belangrijke rol spelen. Maar ook voor den planter en voor den landbouwer is het toch noodig zoo nauwkeurig mogelijk het bodemtype van zijn verschillende gronden te kunnen vaststellen, omdat hij alleen daardoor in staat is den grond, dien hij beplant, met bekende typen te vergelijken. Op grond alleen van de resultaten van een grondonderzoek in het algemeen en meer in het bijzonder van de mechanische samenstelling van den bodem practische adviezen te geven, op de wijze, waarop men bijv. de waarde van een meststof naar de resultaten van het scheikundig onderzoek beoordeelt, is tot nu toe niet mogelijk, omdat wij nog niet weten welk verband er bestaat tusschen de waarde van den bodem als bouwgrond en zijne samenstelling, al staat het ook vast, dat dit verband aanwezig moet zijn. Wij moeten dus roeien met de riemen, die wij hebben en de waarde van onze gronden bepalen op de voorloopig nog eenigst mogelijke wijze, dat is door vergelijking met gronden van hetzelfde type, waarvan de cultuurwaarde bekend is. Nu weet ik wel, dat ook een practisch landbouwer heel ver op dit punt is en vrij nauwkeurig zijn gronden in licht en zwaar en in daartusschen liggende nuances zal weten te onderscheiden, maar deze benamingen zullen toch altijd zeer *subjectief* zijn. Ik bedoel daarmede het volgende. Een

landbouwer op de lichte zandgronden zal een lichten kleigrond A al zeer zwaar noemen, terwijl een landbouwer van de zware klei denzelfden grond A met den naam: *lichte kleigrond* zal bestempelen. U gevoelt, dat dit verwarring moet brengen en dat eene methode, die het bodemtype geheel objectief vaststelt, toch wel eenig nut kan stichten.

Nu moge dit vaststellen van het bodemtype op grond van een mechanisch bodemonderzoek voorloopig nog op eenigszins gebrekkige wijze plaats vinden, men laat geen methode of theorie alleen daarom vallen, omdat men hare gebreken kent en weet, dat zij mettertijd door een betere vervangen zal worden. Dit zou even dwaas zijn als de handelwijze van een werkman, die zijn gereedschap weggooit, omdat het toch vroeger of later door machines vervangen zal worden.

Bij het klassificeeren van de gronden zal men echter niet enkel de hulp van het mechanisch bodemonderzoek hebben in te roepen, doch tevens een uitgebreid scheikundig en soms ook een mineralogisch onderzoek hebben in te stellen. Maar aangezien scheikundige en mineralogische onderzoekingen nog al veel tijd vorderen, stelde Hall, destijds directeur van het bekende proefstation in Rothamsted, voor, bij een bodemkaarteering van een groot aantal gronden de mechanische samenstelling te bepalen, benevens het gehalte aan koolzure kalk en aan organische stof (en stikstof), om daarna van de typische representanten een volledig scheikundig onderzoek te verrichten.

Dat inderdaad niet met de resultaten van het mechanisch bodemonderzoek kan volstaan worden en dat op grond van deze resultaten alleen soms vreemde conclusies verkregen worden, heb ik U reeds aan de hand van enkele cijfers uit de onderzoekingen van den Heer Houtman doen zien.

Ook Van Bijlert *) heeft er reeds vroeger op gewezen, date en mechanisch onderzoek alleen groote verwarring kan stichten en dat *hiernaast* een onderzoek naar de samenstelling van de verschillende fracttes moest staan. Van Bijlert onderzocht eenige Kediri'sche zandgronden (bij de Kloet), die — volgens een mechanisch onderzoek — in hoofdzaak uit grovere deeltjes bestonden. Volgens de resultaten van het mechanisch bodemonder-

*) Zie van Bijlert, Chem. Weekblad 1906, blz. 413 e.v.

zoek moest er een nauwe samenhang bestaan tusschen deze Kediri'sche gronden en de Surinaamsche savannah's. Bij een soortgelijk klimaat schrijft van Bijlert zijn de eerstgenoemde berucht door hun groote onvruchtbaarheid en onbruikbaarheid voor de teelt van cultuurgewassen, de laatste daarentegen bekend door het tegenovergestelde.

Ten slotte zij hier nog gewezen op een onderzoek van het Rijkslandbouwproefstation Wageningen *). Twee Indische zanden, resp. afkomstig uit Pasoeroean en Wonosari (Java), die als zeer vruchtbaar bekend staan, bleken bij onderzoek de volgende mechanische samenstelling te bezitten:

Grootte der deeltjes	Pasoeroean	Wonosari
2—0,5 m.M.	55,2	70,2
0,5—0,1 m.M.	20,8	20,5
0,1—0,02 m.M.	10,6	8,4
kleiner dan 0,02 m.M.	10,2	0,7
vocht	3,1	0,1
Totaal	99,9	99,9

Oppervlakkig beschouwd zou men meenen hier een vergelijking met de onvruchtbare zandgronden bijv. van de Veluwe te mogen maken; terwijl echter de deeltjes van deze Veluwsche zanden uit kwarts, veldspaat, glimmer bestaan, zijn deze Indische gronden uit basalt en andesiet opgebouwd. Alle fracties waren voor nagenoeg 50 % in zoutzuur oplosbaar.

Ik geloof nu, dat men aan vele der hier genoemde bezwaren tegemoet kan komen door den weg in te slaan, door Mohr **) indertijd aangegeven en die in het kort hierop neerkomt: „dass „die Einteilungen der Böden in Familien auf Grund ihres Ur„sprungs und ihrer Bildungsweise, allen anderen Einteilungen „voraufgehen muss". Mohr wil dus de gronden naar hunne geologische afkomst, verweeringswijze en ouderdom in bepaalde groepen verdeelen; binnen deze groepen verwacht hij dan correlatie tusschen de mechanische samenstelling en de verschillende bodemeigenschappen, Mohr geeft tot staving van zijne

*) Zie Kort Verslag van de landbouwkundige onderzoekingen van het Rijkslandbouwproefstation Wageningen, loopende tot 1 Januari 1912, blz. 26 en 27.

**) Bull. du Dépt. de l'Agric. aux Indes Néerlandaises, No. XLI, blz. 25 e. v

opvatting verschillende voorbeelden, die overeenkomen met de voorbeelden, die ik zooeven heb opgesomd,

Mijnheer de Voorzitter. Ik ben hiermede aan het slot van mijn voordracht gekomen. Hoofddoel van deze voordracht was, U een indruk te geven van de groote beteekenis, die de vóórbereiding van den bodem en meer in het bijzonder het gebruik van verdunde ammonia voor het mechanisch bodemonderzoek heeft. Ik hoop daarin geslaagd te zijn.

Intusschen beoogde ik met mijn voordracht nog Uwe aandacht op twee belangrijke punten te vestigen en wel in de eerste plaats op de groote rol, die de kolloïdchemie bij de toepassing van de natuurwetenschappen op den landbouw speelt. Ik heb U daarvan een voorbeeld in mijn voordracht gegeven. Dat dit slechts één voorbeeld uit vele is, het zal onnoodig zijn U dit te zeggen. Om op het gebied van de studie van de bodemvraagstukken te blijven, behoef ik U slechts het vraagstuk van de adsorptieverachijnselen in herinnering te brengen, om U duidelijk een groot veld van de toepassing van de kolloïdchemie op landbouwvraagstukken te doen zien.

Ten slotte had ik nog een tweede bijbedoeling met het houden van deze voordracht. Toen ik nu ongeveer 16 jaar geleden als ambtenaar van 's Lands Plantentuin te Buitenzorg — aan wien de onderzoekingen op het gebied van de cultuur van de Delitabak waren toevertrouwd — mijne eerste schreden op het gebied van de toepassing van de natuurwetenschappen op den landbouw zette, heb ik bij mijne tabaksbemestingsproeven op Deli altijd zeer veel steun van H.H. administrateurs en assistenten ondervonden. Het is mij toen wel eens opgevallen, dat bij vele beoefenaren van de praktijk slechts in zooverre belangstelling voor de natuurwetenschappen bestaat, als zij meenen deze voor het bereiken van hun direct doel noodig te hebben. Het gevolg hiervan is, dat de praktijk dikwerf weinig gevoelt voor zuiver wetenschappelijken arbeid. En ik geloof nu, dat juist de onderzoeker, die zuiver wetenschappelijk arbeidt, zonder zich *telkens* angstvallig af te vragen wat het directe nut van zijn arbeid voor de praktijk is, op den duur het verst komt. Mogelijk is de geschiedenis van het bodemonderzoek een bewijs voor

deze stelling — en het mechanisch bodemonderzoek maakt hierop geen uitzondering. Misschien is het geringe succes, dat het bodemonderzoek tot nu toe gehad heeft, wel *daaraan* toe te schrijven, dat de wetenschappelijke onderzoeker zich bij zijn arbeid te veel door het roepen van de praktijk om directe resultaten heeft laten influenceeren. Hoe dit echter ook zij, in alle geval lijkt het mij wenschelijk, dat men bij het bodemonderzoek thans ook eens een anderen weg inslaat en dat men tracht door fundamenteelen arbeid, die *voorloopig* niet op practische resultaten let, een dieper inzicht in het zoo ingewikkelde samenstel van den bodem te krijgen. De onderzoeker, die werkelijk wetenschappelijk is aangelegd, zal niets liever wenschen, dan dit te doen — maar hij zal op deze wijze alleen iets tot stand kunnen brengen, wanneer hij weet, dat ook de praktijk zijn werken en zoeken op prijs stelt en dat zij rustig het oogenblik afwacht, waarop uit dit zoeken en werken iets bruikbaars te voorschijn komt.

Gij, M. H., zult nagenoeg allen later geroepen zijn in de practijk te werken — van U hoofdzakelijk moet de wetenschappelijke onderzoeker op landbouwgebied den steun en de waardeering ondervinden, die hij noodig heeft. Het is goed, dat Gij dit tijdens Uwe studie hier leert inzien. Ik hoop, dat mijn voordracht ook in dit opzicht iets tot Uwe vorming moge bijdragen.

WAGENINGEN, einde December 1915.

AANHANGSEL.

Uitvoerige beschrijving van de gevolgde werkwijzen en van de verkregen resultaten.

Steeds worden 10 gram van den luchtdrogen grond in bewerking genomen. De fracties II, III en IV worden afgeslibd met water in den slibcylinder van ATTERBERG. De fractie I is afgeslibd in een grooteren slibcylinder (model KÜHN). Intusschen kan dit ook zonder bezwaar in den slibcylinder van ATTERBERG geschieden. *)

*) De slibcylinder van ATTERBERG verdient zelfs de voorkeur boven dien van KÜHN.

Grootte der deeltjes.

Fractie I	kleiner dan		0,002	mM.
„ II	van 0,02	—	0,002	mM.
„ III	van 0,2	—	0,02	mM.
„ IV	van 2	—	0,2	mM.

Voorbewerking.

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 × 4,6 cM.

Na het schudden wordt de inhoud van het fleschje in den slibcylinder (model Kühn) gespoeld en fractie I met water afgeheveld (hoogte van de kolom water 20 cM. bij 16 uur, of 10 cM. bij 8 uur). Dit afhevelen wordt doorgezet tot de bovenstaande vloeistof practisch helder geworden is. Het bezinksel wordt vervolgens in den slibcylinder van Atterberg gebracht, waarna fractie II en III worden afgeslibd.

B. Gehandeld wordt als sub A, tot fractie I verwijderd is. Het bezinksel uit den slibcylinder model Kühn 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. 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 porceleinen 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 gr. 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 porceleinen 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 [1]) ammoniak (NH_3) per 100 cc bevatte. 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 porceleinen schaal met 100 cc 0,2 normaal zoutzuur aangeroerd. Men kan bijv. 4 à 8 monsters tegelijk 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.

1) Abuisievelijk is te Amsterdam medegedeeld, dat 160 à 170 gram NH_3 per 100 cc aanwezig zou zijn.

M. 10 gram grond worden in een Erlenmeyerkolf 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 Erlenmeyerkolf gebracht, waarna het kolloïdaal 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 Erlenmeyerkolf 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.

Afslibben van de fracties II en III.

Hierboven is alleen de voorbewerking van den grond en het afslibben van fractie I aangegeven. Het afslibben van fractie II geschiedt in den slibcylinder van Atterberg door een kolom water na $7^1/_2$ minuut stilstaan af te hevelen. Bij de kleigronden vond het afhevelen ongeveer 18 à 13 maal plaats, bij de zandgronden ongeveer 12 à 8 maal.

hoe lang? 10 cm

Het afslibben van fractie III geschiedt door een waterkolom van 30 cM. hoogte, na 15 seconden stilstaan, af te hevelen. Uit den aard der zaak hangt het aantal malen, dat afgeheveld moet

worden, af van het gehalte aan fractie III en fractie IV, waarbij fractie III hoofdzaak is. Bij B 53 is dit gehalte slechts 6 à 13 %; bij B 51 van 25—31 %; bij B 105 schommelt het van 40—55 % en bij B 281 van 13—18 %. Het afhevelen dient natuurlijk zoo lang te geschieden tot zich geen deeltjes meer in de waterkolom van 30 cM. hoogte bevinden. Dit punt is moeilijk vast te stellen en tengevolge daarvan werd elk monster van een bepaalde grondsoort ten slotte even veel malen afgeheveld en wel B 53 vier keer, B 51 negen keer, B 281 zeventien keer, en B 105 dertig keer. Nu bleek evenwel achteraf, dat de cylinders niet alle in denzelfden tijd leeg liepen, wat ook een bron van fouten oplevert. Deze fouten komen natuurlijk het meest aan het licht bij de monsters met een hoog gehalte aan fractie III en IV, dat is in dit geval bij het roode zand B 105, wat direct uit de cijfers van de tabel blijkt. Zoo kan bijv. het herhaald schudden nooit een hooger gehalte aan fractie IV veroorzaken (methode B ten opzichte van methode A); evenmin kan het gehalte aan fractie IV tengevolge van het schudden met zoutzuur stijgen (vergelijk methode K ten opzichte van G — en L ten opzichte van H). Het is wel aan te nemen, dat de dishomogeniteit van deze zanden hier ook een rol speelt [1]), zeer waarschijnlijk zelfs hoofdzaak is, zoodat een vrij groot aantal parallelbepalingen bij zanden noodig zal zijn.

Het is de vraag of de fracties III en IV niet nauwkeuriger door zeven te scheiden zijn. Dit zou de methode, vooral bij de zanden, aanzienlijk bekorten. De inhoud van het schudfleschje zou dan door een zeef van 0,2 mM. in den slibcylinder gespoeld kunnen worden.

De resultaten van het onderzoek zijn in achterstaande tabel vereenigd.

---

1) Zie bericht über die Sitzung der Internationalen Kommission für die mechanische und physikalische Bodenuntersuchung in Berlin am 31. Oktober 1913. (Internationale Mitteilungen für Bodenkunde, 1914, Bnd IV, Seite 16).

Mechanische samenstelling in procenten.

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	33,1	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; afsiibben 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	13,0	1,6	21,6	33,1	29,8	10,5	3,7	1,6	47,6	46,5	6,6	2,4	14,8	73,0	D
Eenmaal schudden met ammonia; afslib. 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 v. 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 % zoutz. gedurende twee 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	303,	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

NASCHRIFT.

WAGENINGEN, 2 April 1916.

I. Onlangs verscheen in het Archief voor de Suikerindustrie in Nederlandsch-Indië (Jrg. 24, Januarie 1916, blz. 81—96) eene verhandeling van C. H. VAN HARREVELD—LAKO, getiteld: „De textuur van de rietgronden van Java". De schrijfster geeft op blz. 84 eene korte uiteenzetting van de door haar gevolgde methode van mechanisch bodemonderzoek, waaruit ik het volgende aanhaal:

„Deze hoeveelheid grond wordt nu met 100 gram water en „10 druppels ammonia van 10 % bedeeld en gedurende 4 tot 6 „uren op een schudmachine geschud. *Alle deeltjes zijn dan ge-„heel los van elkaar geraakt, zooals bij onderzoek onder het micros-„coop blijkt.*" De schrijfster loopt hier in de door mij gecursiveerde woorden wel wat lichtvaardig over het voornaamste onderdeel van de geheele methode heen. Het zal haar moeilijk vallen onder de microscoop te constateeren, dat *alle* deeltjes van elkander losgeraakt zijn. Ik hoop, dat zij na lezing van deze voordracht dit zal inzien. Ook blijft het de vraag, in hoeverre bij het schudden massieve deeltjes verbrijzeld zijn.

II. Ik heb dit alles zeer fraai kunnen constateeren bij de suspensie van het roode zand. Ik had reden om te vermoeden (zie IV), dat de deeltjes van deze suspensie zeer zwak positief geladen waren. Oplossingen — zoowel van ammonia en loog als van kalk (CaO) — moeten dus bij zeer geringe concentratie's uitvlokkend werken, wanneer de positieve lading van de roode deeltjes door de negatieve lading van de geadsorbeerde OH-ionen geneutraliseerd wordt. Daarna moet bij iets minder geringe concentratie's een gebied volgen, waarin de oplossingen van ammonia en kalk stabiliseerend op de suspensie werken, doordat nu zooveel OH-ionen geadsorbeerd worden, dat de deeltjes

der suspensie sterk negatief geladen zijn. Bij nog minder geringe concentratie's komt dan de uitvlokkende werking van de positief geladen ionen voor den dag. Uit den aard der zaak is het stabiliseeringsgebied bij kalk aanzienlijk smaller dan bij ammonia. Ik heb nu dit alles inderdaad zoo bij de suspensie van het roode zand gevonden.

III. H. KAPPEN (zie onder IV) heeft het in een zeer bijzonder geval bij het mechanisch bodemonderzoek noodig gevonden den grond eene voorbehandeling met verdunde ammonia te doen ondergaan, welke voorbehandeling „sich im übrigen ohne Einfluss auf die Gesamtmenge der abschlämmbaren feinsten Teile erwies" (blz. 103). Het behoeft hier niet gezegd te worden, dat ik mij vierkant tegen deze uitspraak van KAPPEN moet verklaren. Behalve in het zeer bijzondere geval dat KAPPEN op het oog heeft, is het gebruik van verdunde ammonia ook in andere gevallen wel degelijk van invloed op de resultaten van het mechanisch bodemonderzoek.

IV. KAPPEN (zie Die landw. Versuchs-Stationen, Bnd. 88, 13—104, Studien an sauren Mineralböden aus der Nähe von Jena, von Dr. H. KAPPEN) heeft onlangs ook deze wederkeerig uitvlokkende werking van positief op negatief geladen bodemsuspensie's geconstateerd en verder onderzocht. Het betreft hier de uitvlokkende werking van gesuspendeerd ijzerhydroxyde op klei. Een dergelijke ijzerhoudende klei gaf volgens de gevolgde methode (ATTERBERG-BEAM, zie Aanhangsel, methode C) bij het mechanisch bodemonderzoek absoluut geen deeltjes kleiner dan 0.002 m.M. Gezien het feit, dat het hier inderdaad een vrij kleiige massa gold, gaf dus deze methode aanleiding tot zeer verkeerde conclusies. Bij eene voorbehandeling met ammonia verkreeg intusschen KAPPEN ongeveer 16 % afslibbare deelen (kleiner dan 2 μ).

Het schijnt KAPPEN ontgaan te zijn, dat de uitvlokkende werking van het ijzerhydroxyde op kleisuspensie's reeds lang bekend was.

Ik volsta hier met te verwijzen naar de in mijn voordracht medegedeelde onderzoekingen van HOUTMAN (zie verder RAMANN, Bodenkunde, 3e Auflage, blz. 246; HILGARD, Soils (1906), blz. 100—101; MOHR, Bulletin du Departement de l'Agriculture aux Indes Néerlandaises, No. XLVII; ook Cultura, Jrg. 27 (1915), blz. 91).

V. In 1904 verscheen in het Journal of the Chemical Society (Volume LXXXV, Part II) eene verhandeling van A. D. HALL over „The mechanical analyses of soils and the composition of the fractions resulting there from", waarin HALL aantoont, dat ook eene behandeling met verdund zoutzuur bij het mechanisch bodemonderzoek noodig is. Ik hoop hierop in eene uitvoerige publicatie terug te komen.