

De methode van het mechanisch bodemonderzoek

DOOR

D. J. HISSINK.

Indien de wensch van alle geologen, dat Nederland nog eens in het bezit zal komen van eene nieuwe geologische kaart, in vervulling gaat, dan zal bij het karteeringswerk ook het mechanische bodemonderzoek een rol spelen. Ik heb daarom gemeend in dezen kring op eenige belangstelling te kunnen rekenen voor het onderwerp: „de *methode* van het mechanische bodemonderzoek.”

In korte trekken komt deze methode hierop neer, dat de bodem — 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 — óf door stroomend water te gebruiken, zooals in de slibapparaten van SCHÖNE en dergelijke — óf door de bodemdeeltjes in stilstaand water te laten bezinken, zooals in de slibcylinders van KÜHN, ATTERBERG, en anderen.

Eene belangrijke vraag is verder tot welke groepen de bodemdeeltjes vereenigd zullen worden. Uniformiteit is op dit punt zeer zeker gewenscht. De tweede bodemkundige Conferentie, in Augustus 1910 in Stockholm gehouden, benoemde dan ook eene Commissie „für die Klassifikation der Bodenkörner bei der mechanischen Bodenanalyse.”

Op de eerste vergadering van deze Commissie, in October 1913 in Berlijn gehouden, bleek evenwel de wenschelijkheid, om voor de *geheele methode* van het mechanische bodemonderzoek uniforme werkwijzen vast te stellen.

Voor men het evenwel eens kan worden over eene *methode* voor het mechanische bodemonderzoek, zal het noodig zijn zich het *doel* van dit onderzoek duidelijk en klaar voor oogen

te stellen. Men kan hier twee richtingen onderscheiden. Sommigen willen door middel van het mechanische bodemonderzoek een permanente, een duurzame, een althans in een betrekkelijk lang tijdsverloop onveranderlijke grootheid van den bodem leeren kennen; anderen daarentegen verlangen, dat het mechanische 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 de bodemstructuur te leeren kennen. De bodemstructuur hangt evenwel slechts ten deele af van de grootte van de deeltjes — zij wordt veeleer en in hoofdzaak bepaald door die bodembestanddeelen, welke de afzonderlijke bodemdeeltjes tot aggregaten, tot krummels bijeenhouden, zooals bijvoorbeeld de humusstoffen en de koolzure kalk.

Het lijkt mij niet moeilijk — speciaal niet voor den geoloog — om eene keuze te doen tusschen deze twee richtingen op het gebied van het mechanische bodemonderzoek en wel om twee redenen. In de eerste plaats is het 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 eerst in tweede instantie hebben bezig te houden met het bepalen van de grootte der deeltjes, omdat de bodemstructuur zeker veel meer afhangt van het gehalte aan koolzure kalk en aan anorganische en organische bindmiddelen. Reeds om deze reden zal een mechanisch bodemonderzoek nooit in staat zijn de bodemstructuur te leeren kennen.

In de tweede plaats wenscht speciaal de geoloog niet te leeren kennen eene tijdelijke eigenschap van den bodem, die als het ware elk oogenblik en zeker in den loop van ettelijke jaren, aan wijzigingen onderhevig is. Denk U een terrein, volkomen identiek in al zijn deelen, in tweeën verdeeld — en het eene deel jaren lang als weide, het andere als bouwland gebruikt, dan zullen beide deelen ten slotte eene zeer uiteenlopende bodemstructuur verkregen hebben. Bovendien ondergaat deze structuur onophoudelijk wijzigingen — door elke bewerking, door vorst, door regen. — En nu verlangt de geoloog van het mechanische bodemonderzoek, dat het zal aangeven, dat beide deelen in den grond der zaak gelijk zijn in wat ik het best kan noemen „de mechanische samen-

stelling van den bodem" — en dat niet alleen op het oogenblik van de monsterneming, doch gedurende eene zekere periode, die — het is waar — afhangt van het klimaat, doch die in ons klimaat vrij groot is.

Het spreekt wel van zelf, dat dit doel alleen te bereiken is door de factoren, die de verschillen in bodemstructuur veroorzaken, vooraf of tijdens het onderzoek te elimineeren; dat wil dus zeggen: door de koolzure kalk en het anorganische en organische bindmateriaal te verwijderen ¹⁾.

Recapituleerende kan men dus zeggen, dat de mechanische bodemanalyse zich volgens deze opvattingen ten doel stelt *bij benadering te schatten* in welke verhouding deeltjes van verschillende afmetingen in den bodem aanwezig zijn, *nadat het cement, dat de deeltjes tot krummels bijeenhoudt, verwijderd is*. Wat de mechanische bodemanalyse, aldus opgevat, ons leert kennen, zal ik in het vervolg kortweg *de mechanische samenstelling van den bodem* noemen. Reeds uit het feit, dat ik — misschien wel iets al te voorzichtig — spreek van eene benaderde schatting, ligt opgesloten, dat de methode van het mechanische bodemonderzoek altijd iets conventioneels zal behouden; maar des te noodzakelijker zal het zijn de verschillende werkwijzen zoo nauwkeurig mogelijk vast te leggen.

Ik zal mij nu beperken tot een onderdeel van de methode van het mechanische bodemonderzoek — en wel tot de *voórbewerking*, dat is dus tot dat deel, hetwelk ten doél heeft het losmaken van de bodemkrumfels.

Een eerste vereischte, waaraan dit onderdeel van de methode van het mechanische bodemonderzoek moet voldoen, is wel deze, dat het middel, waardoor het samen kittende bodement verwijderd wordt, de bodemdeeltjes zelve — althans practisch — niet aantast.

Laat ons dit samen kittende materiaal eens wat van nabij bezien. Ik heb gesproken over de koolzure kalk en over het organische en het anorganische cementeerende materiaal. Over het eerste kan ik kort zijn; het zijn de humusstoffen,

1) Het is duidelijk, dat deze methode van mechanisch bodemonderzoek op gronden, die veel van deze samen kittende bestanddeelen bevatten, dat is dus op gronden, rijk aan humus en koolzure kalk, slechts van beperkte toepassing kan zijn.

die hier een rol spelen. Wat het anorganische samen kittende materiaal betreft, zijn twee rubrieken te onderscheiden. Bij sterk verweerde gronden, als bijvoorbeeld onze kleigronden en het bekende roode zand, bestaat het uit de uitgevlokte gels van kiezelzuur, aluminiumoxyd en ijzeroxyd. Jongvulkanische gronden, waarbij het verweeringsproces nog in vollen gang is, als bijvoorbeeld het onderzochte monster Indisch rivierzand, kan men zich voorstellen te zijn opgebouwd uit kristallen en kristalfragmenten, in dit geval van augiet, van olivien, omgeven door glas. Men gevoelt, dat bij deze gronden mechanische invloeden, als wrijven, borstelen en schudden, van grooten invloed op de resultaten zullen zijn.

De verschillende onderzoekers nu trachten het verwijderen van de samen kittende bestanddeelen langs geheel verschillende wegen te bereiken. Het Amerikaansche Bureau of Soils schudt gedurende zes uur zeer krachtig met ammoniakaal water; in Engeland is het voorschrift aanroeren met zeer verdund zoutzuur (0,2 normaal), uitwasschen van het zoutzuur en verder afslibben met eene verdunde oplossing van ammoniak; de Zweed ATTERBERG — de voorzitter van onze Commissie voor de mechanische bodemanalyse — heeft in navolging van den Egyptischen onderzoeker BEAM voorgesteld den bodem met water krachtig tot een papje aan te roeren, daarna met water af te slibben en dit proces eenige malen te herhalen. Wat Duitschland betreft, zij in de eerste plaats opgemerkt, dat de Geologische Landesanstalt te Berlijn zich op het standpunt stelt, dat de bodem zoo weinig mogelijk verandering dient te ondergaan. De Geologische Landesanstalt schrijft dan ook een voorzichtig fijndrukken met den vinger of met een stamper van caoutchouc voor. Intusschen zijn er in Duitschland ook aanhangers van de andere richting; zoo kookt PFEIFFER den bodem eenige malen met water.

Al deze voorberekingen, zoowel het schudden en borstelen, als het koken met water en de behandeling met verdund zoutzuur, beoogen hetzelfde doel, namelijk het opheffen van de samen kittende werking, die de bodemdeeltjes tot aggregaten vereenigt. Het zij mij veroorloofd de werking van het zoutzuur en van de ammonia in het kort na te gaan.

Het zoutzuur lost de koolzure kalk op — uit den aard der zaak is de hoeveelheid zoutzuur te regelen naar het gehalte

aan koolzure kalk. In de tweede plaats ontleedt het zoutzuur de uitgevlokte gels van kiezelzuur en aluminium, althans gedeeltelijk, onder oplossing van de basen, het aluminium en het ijzer en een deel van het kiezelzuur, terwijl de rest van het kiezelzuur in kolloïdalen toestand wordt afgescheiden, in welken vorm het zeker wordt afgeslibd, wanneer de uitvlokkende werking van het zoutzuur is weggenomen. Ten slotte onttrekt het zoutzuur de basen aan de humusstoffen, waardoor deze verbindingen in ammoniak oplosbaar worden. Hiermede is tevens het doel aangegeven, waarmede de ammoniak wordt toegevoegd — ze moet de door het zoutzuur ontlede humusstoffen in oplossing brengen. Wanneer men nu kan aannemen, dat het zeer verdunde zoutzuur en de verdunde ammoniakale oplossing de overige bodemdeeltjes practisch niet aantasten, dan kunnen tegen het gebruik van deze agentia geen bezwaren worden ingebracht.

Ammonia oefent evenwel nog eene andere werking uit en ik dien deze wel met een enkel woord wat nader toe te lichten.

Het zal U bekend zijn, dat een klei-suspensie door verschillende zouten en zuren uitgevlokt wordt. Verschillende basen, als kali- en natronloog en ook ammonia, oefenen eene tegenovergestelde werking uit; zij houden de kleideeltjes in suspensie. De Engelschen en Amerikanen spreken van eene devlokkuleerende werking — de Duitschers van eene stabiliseerende werking van de ammonia.

De werking van de ammonia is dus tweeledig. In de eerste plaats brengt ze de door de zoutzuurbehandeling ontlede humaten in oplossing; in de tweede plaats oefent ze eene suspendeerende werking op de kleinste deeltjes uit en het is nu verder de vraag, waardoor deze suspendeerende werking veroorzaakt wordt; met andere woorden of ze is op te vatten als eene devlokkulatie van grootere deeltjes in kleinere — of als eene stabiliseerende werking op die grootere deeltjes zelve. Is het eerste het geval, vallen dus de grootere bodemkrui-meltjes door de werking van de ammonia in kleinere uitéén, dan is het gebruik van ammonia ook in dit opzicht aan te bevelen.

Het is intusschen ook mogelijk, dat de ammonia niet of niet alleen devlokkuleerend werkt, maar dat ze de deeltjes

langer zwevende houdt, dan in water het geval is. Terwijl men dus meent deeltjes beneden zekere afmeting in den slibcylinder af te slibben, zouden dan bij het gebruik van verdunde ammonia in werkelijkheid grootere deeltjes mede afgeslibd worden. Mocht inderdaad blijken, dat de ammonia niet of niet alleen dévlokkuleerend, doch ook stabiliseerend op de deeltjes grooter dan 0,002 mM. inwerkt, dan zou het gebruik van de ammoniakale oplossing, voor dit doel althans, zijn af te keuren en zou het gebruik er van beperkt dienen te blijven tot het oplossen van de organische stoffen, die óf reeds in den oorspronkelijken bodem in een in ammoniak oplosbaren vorm aanwezig waren, óf door de inwerking van het zoutzuur in dezen vorm gebracht zijn.

Intusschen blijkt uit mijne onderzoekingen, dat reeds het gebruik van de verdunde ammonia gedurende slechts $1\frac{1}{3}$ etmaal bij de kleigronden van zeer grooten invloed is op het gehalte aan fractie I (zie tabel, methode G ten opzichte van F.) Dit kan zijn oorzaak niet daarin hebben, dat de ammonia aanzienlijke hoeveelheden organische stoffen verwijderd heeft, aangezien de kleigronden B 51 en B 53 zeer arm aan humus zijn. Eene splitsing in de beide werkingen van de ammonia, te weten *a.* eene oplossende werking op de organische stoffen en *b.* eene suspendeerende werking op de kleine deeltjes, blijkt dus niet wel mogelijk te zijn, althans niet met de gebruikte ammonia. Misschien is bij aanwending van eene minder sterke ammonia-oplossing dan 0,1 normaal de splitsing wel te bereiken.

Ik heb de verschillende methoden van voorbereiding toegepast op een viertal monsters, die arm aan humus zijn, te weten :

- B. 53 : *zware kleigrond* (afkomstig van bouwland uit de Betuwe, diepte 75—100 c.M., zoogenoemde kniklaag),
- B. 51 : *lichte kleigrond*, (bovenlaag 15—25 c.M. van voorgaand nummer),
- B. 105 : *rood zand* (afkomstig van de Veluwe) en
- B. 281 : *rivierzand uit Pasoeroean* (vulkanisch zand van het Tenger-gebergte ; bestaat uit overgangsresten van basalt en andesiet).

In het algemeen paste ik de volgende werkwijze toe. 10 gram van het luchtdroge monster, dat de zeef van 2 m.M. gepasseerd had, werden na verschillende voorbehandelingen in den Kühnschen slibcylinder gespoeld en goed omgeroerd ¹⁾. Na 16 uur werd een kolom ter hoogte van 20 c.M., of na 8 uur een kolom ter hoogte van 10 c.M. afgeheveld. Hiermede werd doorgedaan tot de vloeistof helder geworden was. Op deze wijze werden de deeltjes kleiner dan 0,002 m.M. afgeheveld. Deze fractie heb ik fractie I genoemd, waarmede ik dus de scheikundige samenstelling van deze deeltjes geheel in het midden laat.

Vervolgens werden de deeltjes afgeheveld, die in $7\frac{1}{2}$ minuut geen 10 c.M. afstand afleggen. Deze deeltjes, die grooter zijn dan 0,002 m.M. en kleiner dan 0,02 m.M., vormen fractie II.

Door na 15 seconden een kolom water van 30 c.M. af te hevelen, werden de deeltjes van 0,02—0,2 m.M. afgeheveld; dit is fractie III. De deeltjes, grooter dan 0,2 en kleiner dan 2 m.M. blijven dan achter — dit is fractie IV.

Ik heb nu den invloed nagegaan van het schudden, van het wrijven of borstelen, van het zoutzuur en van de ammonia. Het is een langdurig, uitgebreid onderzoek geworden, waarvan hier — met het oog op den beschikbaren tijd — slechts de hoofdresultaten vermeld zullen worden. Om het U gemakkelijker te maken heb ik de voornaamste resultaten in een tabel vereenigd, die ik gaarne met eene beschrijving van de gevolgde werkwijzen, te Uwer beschikking stel.

Uitvoerige beschrijving van de gevolgde werkwijzen.

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.

1) Men kan ook gebruik maken van den slibcylinder volgens ATTERBERG (te verkrijgen bij C. GERHARDT, Bonn a. Rh., tegen ± 15 franco Nederland.)

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.

Vorbewerking.

- 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 $2 \times 4,6$ 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 m.M. 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 $1\frac{1}{3}$ 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.

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

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

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

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.

Afslibben van de fracties II en III.

Hierboven is alleen de voorbereiding 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 7½ 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.

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 speelt¹⁾, 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)				B 51 (lichte kleigrond)				B 105 (rood zand)				B 281 (Indisch zand)					
	Practie				Practie				Practie				Practie					
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV		
Denmaal schudden met water; afslibben met water.	A	38,0	40,3	12,6	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; 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
Denmaal 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
Denmaal schudden met ammonia; afslibben met ammonia	E	52,7	29,8	8,1	1,3	31,7	28,8	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	26,3	11,5	3,6	1,7	46,7	47,4	4,2	1,3	16,7	74,1	H
Schudden met zoutzuur; afslibben met water.	I	41,2	39,6	10,3	0,8	21,9	34,4	33,3	10,4	4,4	1,6	98,4	10,5	3,5	82,8	I		
Schudden met zoutzuur; verder als G.	K	53,3	31,2	6,1	0,3	33,6	23,2	27,1	11,1	4,7	1,3	38,3	55,1	9,3	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	43,0	26,4	3,8	15,4	51,2	M
Koken met 10% zoutzuur gedurende twee uren op de vlam.	N	61,1	26,4	4,2	0,4	40,0	19,3	25,5	9,7	5,7	1,8	55,0	36,9	44,0	3,1	14,7	35,0	N

Werkwijze.

Kort overzicht van de resultaten.

Het is mij dan in de eerste plaats gebleken, dat aan het aanroeren en borstelen van den bodem groote subjectieve fouten kleven, onverschillig of dit geschiedt met verdund zoutzuur volgens de Engelsche methode of met water volgens de methode BEAM—ATTERBERG. Eerst door het borstelen volgens BEAM—ATTERBERG ettelijke malen te herhalen, zooals bij methode C geschied is, werd voldoende overeenstemming bij de verschillende parallelbepalingen verkregen. Door dit herhaalde borstelen neemt het gehalte aan fractie I bij alle onderzochte gronden aanzienlijk toe¹⁾.

De schudmethode van het Amerikaansche Bureau of Soils geeft bij alle monsters goed overeenstemmende cijfers. Hieruit volgt, dat het nemen van meerdere voorzorgsmaatregelen, dan te Wageningen geschiedde, niet noodig is. Zoo zal het er bijvoorbeeld niet veel op aan komen of het aantal toeren, dat de machine per minuut maakt, 230 of 240 bedraagt.

Door vergelijking van de resultaten, verkregen volgens de methoden A en B, blijkt het gehalte aan fractie I door herhaald schudden aanzienlijk te stijgen. Dit is bij alle onderzochte monsters het geval — doch naar verhouding bij het Indische zand het meest (van 6,5 tot 15,5 %).

Tegen het herhaalde schudden en borstelen bestaan twee bezwaren. In de eerste plaats is het gevaar groot, dat bodemdeeltjes stuk geborsteld en stuk geschud worden — en in de tweede plaats zijn de methoden B en C voor practische toepassing, vooral bij seriewerk, vrijwel ongeschikt.

Het schudden met ammonia en verder afslibben met water (methode D) verhoogt het gehalte aan fractie I alleen bij het roode zand. Daarentegen is het afslibben van de geheele fractie I met ammonia (methode E) van zeer grooten invloed bij de beide kleigronden. Vergelijk methode E ten opzichte van D en A: stijging bij B 53 van 36,7 en 38,0 op 52,7 %; bij B 51 van 20,1 en 21,6 op 31,7 %. Bij het roode zand vindt nagenoeg geen toename meer plaats van methode D op methode E — de cijfers zijn 3,7 en 3,9. Zeer merkwaardig

1) Gehalte aan fractie I bij éénmaal borstelen: bij B 53 36,4 %, bij B 51 18,6 %, bij B 105 2,6 % en bij B 281 5,5 %.

is het, dat het afslibben met ammonia bij het Indische zand absoluut geen invloed uitoefent (methode A 6,5 %; methode D 6,6 %; methode E 6,0 %).

Deze invloed van het afslibben met verdunde ammonia vinden we direct bij de zoutzuur-series (methode F tot en met methode L) op geheel dezelfde wijze terug.

Wat nu de werking van het zoutzuur betreft, dienen we in de eerste plaats goed onderscheid te maken tusschen de werking van het zeer verdunde zoutzuur (methoden F tot en met L) en de werking van het sterke warme zoutzuur (methoden M en N).

Voor al bij het Indische zand treden zeer groote verschillen op tusschen beide series. Het aanroeren met verdund zoutzuur (methode F) geeft bij het Indische zand slechts 3,7 % van fractie I; dit gehalte stijgt bij het koken met 10 % HCl (methode N) tot niet minder dan 44 %. Dit verschijnsel kan ons niet verwonderen, wanneer we bedenken, dat het Indische zand is opgebouwd uit mineralen, die sterk door zoutzuur worden aangetast.

Doch ook bij de beide kleigronden B 53 en B 51 is het verschil tusschen de methoden F en N nog zeer groot. Bij B 53 stijgt het gehalte aan fractie I van 20,3 % bij F op 61,1 % bij N; bij B 51 van 11,0 % op 40,0 %.

Alleen het roode zand, waarvan fractie III en IV nagenoeg geheel uit kwarts en veldspaat bestaan, is voor eene behandeling met kokend sterk zoutzuur vrij onverschillig (vergelijk bijv. methoden I en M).

Wat nu het koude verdunde zoutzuur betreft, zou ik in de eerste plaats willen vergelijken methoden A en F — dat is schudden met water en voorzichtig, zacht aanroeren met verdund zoutzuur. Het gehalte aan fractie I is bij de kleigronden volgens methode F aanzienlijk lager dan bij methode A (B 53: 20,3 % en 38,0 %; B 51: 11,0 % en 20,1 %); eveneens is dit het geval bij het Indische zand (3,7 % en 6,5 %). Alleen bij het roode zand is fractie I volgens methode F iets grooter dan volgens methode A (2,7 % en 2,1 %).

Vergelijken we dan in de tweede plaats methode A (schudden met water) met methode I (schudden met koud verdund zoutzuur), dan treft ons bij de kleigronden onmiddellijk het

zeer kleine verschil aan fractie I bij beide methoden (38,0 % tegen 41,2 % bij B 53 en 20,1 % tegen 21,9 % bij B 51). Bij het roode zand en het Indische zand zijn de verschillen vrij aanzienlijk (bij het roode zand 2,1 % tegen 4,4 %; bij het Indische zand 6,5 % tegen 10,5 %).

Uit een en ander zijn de volgende conclusies te trekken :

- a. Bij de kleigronden is het vooral het schudden, dat de deeltjes los van elkander maakt; de invloed van het verdunde zoutzuur is gering.
- b. bij de beide zanden openbaart zich zoowel een invloed van het schudden als van de behandeling met verdund zoutzuur. Bij het Indische zand is de invloed van het schudden het grootst.

Wanneer zelfs een grond als de zware klei B 53, met een zoo hoog gehalte aan kleine kleideeltjes — en een grond als het Indische zand, welks bestanddeelen door zoutzuur sterk worden aangetast, zoo weinig invloed van het koude verdunde zoutzuur ondervinden, dan kan er weinig bezwaar tegen bestaan de behandeling met dit koud verdund zoutzuur in de methode op te nemen.

Ten slotte nog de invloed van het afslibben met verdunde ammonia.

Reeds wees ik bij vergelijking van de methode A (schudden en afslibben met water) en de methode E (schudden en afslibben met ammonia) er op, dat de invloed van dit afslibben met ammonia

zeer groot was bij de kleigronden,
klein bij het roode zand en
nul bij het Indische zand.

Ook bij vergelijking van de methode F met G en H en van de methode I met K en L vinden we geheel ditzelfde gedrag van de verdunde ammonia terug.

Bij het roode zand is de invloed van de ammonia wederom slechts klein. We vinden, van F naar G naar H gaande, eene stijging aan fractie I van 2,7 % naar 3,4 % naar 3,6 % en van I naar K en L gaande, van 4,4 naar 4,7 %

Op het Indische zand oefent het afslibben met ammonia geen invloed uit (3,7—4,1—4,2 % en 10,5—9,8—9,7 %).

Bij de kleigronden daarentegen is de invloed van de verdunde ammonia zeer aanzienlijk.

Vergelijk methode G en F. Bij de methode G is bij de kleigronden slechts $1\frac{1}{3}$ etmaal afgeslibd met ammonia en toch stijgt het gehalte aan fractie I bij B 53 van 20,3 op 50,8 % en bij B 51 van 11,0 op 32,0 %.

Bij vergelijking van I met K is de stijging niet zoo aanzienlijk, maar toch nog groot; bij B 53 van 41,2 op 53,8 % en bij B 51 van 21,9 op 33,6 %.

Bij voortgezet afslibben met ammonia (methoden H en L) stijgt het gehalte aan fractie I niet veel meer.

Zeer merkwaardig is het nu, dat het groote verschil, dat we bij de kleigronden bij de methoden F en I opmerkten, — 20,3 % tegenover 41,2 % en 11,0 % tegenover 21,9 % — dat is dus het groote verschil tusschen aanroeren met zoutzuur en schudden met zoutzuur — zoo goed als geheel verdwenen is bij de methoden G en K — en H en L. Wanneer met water afgeslibd wordt, blijkt het schudden met zoutzuur dus van enormen invloed ten opzichte van het roeren met zoutzuur te zijn (methode F en I — B 53 bijvoorbeeld 20,3 % — 41,2 %); bij afslibben met ammonia is dit verschil practisch geheel verdwenen (methode H en L — B 53 bijvoorbeeld 56,0—57,5 %).

Bij de kleigronden overtreft dus de invloed van de ammonia verre alle andere invloeden, als schudden, borstelen met water, behandeling met zoutzuur. We staan hier voor een nog geheel onopgelost vraagstuk. Zelfs de bekende Engelsche onderzoeker HALL, de vader van de Engelsche methode van het mechanisch bodemonderzoek — de eenige methode, die met ammonia afslibt — zelfs HALL komt aan het slot van eene belangrijke verhandeling in het Journal of Agricultural Science over het uitvlokken van troebele vloeistoffen feitelijk tot deze conclusie, dat de wijze, waarop de ammonia werkt, nog geheel in het duister ligt. Voor en aler er evenwel sprake kan zijn van het gebruik van een verdunde ammoniakale vloeistof bij het mechanische bodemonderzoek, zal men dieper in het wezen van deze raadselachtige werking moeten zijn doorgedrongen.

Wat de studie van de methode van het mechanische bodem-

onderzoek zoo moeilijk maakt, is de omstandigheid, dat hetgeen men bepalen wil, dat is wat ik genoemd heb de mechanische samenstelling van den bodem, geen nauwkeurig te omschrijven begrip is. Het gevolg hiervan is, dat men bij de voorbereiking, bijvoorbeeld bij het schudden, feitelijk geen eindpunt kan vaststellen, en ieder voorschrift in dit opzicht dus altijd iets conventioneels zal moeten behouden. Nu zou men misschien kunnen vragen: indien iedere voorbereiking iets conventioneels heeft, zou dan de richting van het mechanische bodemonderzoek, die deze voorbereiking verwerpt, niet misschien toch te verkiezen zijn? Het antwoord op deze vraag luidt ontkennend, niet alleen op de gronden die ik in het begin van mijn voordracht ontwikkeld heb, maar ook uit een oogpunt van methode, omdat ook deze laatste richting den bodem toch altijd *eenige* voorbereiking moet doen ondergaan. Monsters, zooals ze op het laboratorium inkomen, zijn zonder voorbereiking — en dit geldt vooral voor kleigronden, doch ook voor ijzerhoudende zanden en laterietachtige gronden — voor het onderzoek ongeschikt.

De Geologische Landesanstalt te Berlijn drukt, zooals we zagen, dergelijke gronden voorzichtig met den vinger fijn. Maar in deze „voorbewerking” zullen ook weer zeer groote subjectieve fouten zitten — en het is toch wel een der eerste eischen, die men aan eene methode stellen mag, dat ze goed overeenstemmende cijfers geeft. Het is *mede* om deze reden, dat ik het meeste gevoel voor de voorbereiking, die het Amerikaansche Bureau of Soils de gronden doet ondergaan, dat is: schudden gedurende zes uren. Aan deze methode kleven geen subjectieve fouten; de overeenstemming tusschen de verschillende parallelbepalingen is eenvoudig schitterend. Dat gedurende dit zes-uren-schudden niet veel deeltjes stuk geschud worden, volgt naar mijne meening wel uit het feit, dat het Indische zand, dat tengevolge van zijne kristallijne samenstelling zoo gevoelig is voor schudden, volgens methode A slechts 6,5 % van fractie I en 2,2 % van fractie II geeft. Men dient hierbij te bedenken, dat van deze cijfers nog moet worden afgetrokken de gehalten aan fractie I en II, verkregen door enkel afslippen met water, zónder schudden dus ¹⁾.

1) Gevonden werden op deze wijze de volgende gehalten aan fractie I en fractie II: 13,9 % en 30,3 % bij B 53; 7,7 % en 26,0 % bij B 51; 0,4 % en 0,7 % bij B 105; 0,9 % en 1,5 % bij B 281.

Verder meen ik, althans voor de drie Nederlandsche grondsoorten, het schudden met verdund zoutzuur te moeten aanbevelen en wel hoofdzakelijk om deze reden, dat het roode zand (B 105) door schudden met verdund zoutzuur geheel ontkleurt. Dit is noch het geval bij schudden met water, noch bij éénmaal borstelen, noch bij zacht aanroeren met verdund zoutzuur.

Of op het voorbeeld van de Engelsche methode de kleinste deeltjes na het schudden met zoutzuur, met verdunde ammonia moeten worden afgeslibd, is naar mijne meening eene nog onuitgemaakte kwestie.

Conclusie. De resultaten van het mechanisch bodemonderzoek blijken in hooge mate af te hangen van de vóórbewerking. Deze vóórbewerking moet ten doel hebben de bodemkruimels zooveel mogelijk uiteen te doen vallen, zonder daarbij de bodemdeeltjes al te veel aan te tasten.

Aan het borstelen en aanroeren van den bodem kleven groote subjectieve fouten. Behalve bij het roode zand is de werking van koud verdund zoutzuur (0,2 normaal) aanzienlijk geringer dan die van machinaal schudden gedurende zes uren. Het afslibben met verdunde ammonia verhoogt het gehalte aan de kleinste deeltjes zeer sterk bij de kleigronden en naar verhouding ook bij het roode zand, maar heeft op het Indisch zand niet den minsten invloed.

De meest aan te bevelen vóórbewerking is (voor gronden, die weinig of geen humus bevatten): machinaal schudden gedurende zes uren met koud verdund zoutzuur (0,2 normaal). Of daarna met ammonia moet worden afgeslibd, is nog een open vraag.

In het begin van mijne voordracht heb ik er de aandacht op gevestigd, dat elke methode voor het mechanische bodemonderzoek altijd iets conventioneels in zich zal moeten sluiten en daarom zal het juist bij deze methode dringend gewenscht zijn uniforme voorschriften te geven. De tweede bodemkundige conferentie, in Augustus 1910 te Stockholm gehouden, heeft dit zeer goed ingezien en voor dit doel dan ook eene internationale commissie benoemd. De werkzaamheden van deze commissie, die op de vergadering, in October 1913 te Berlijn,

onder voorzitterschap van wijlen professor WAHNSCHAFTE gehouden, een heel stuk vooruit gekomen zijn, rusten thans vrijwel. Mogen binnen korten tijd wederom normale toestanden intreden, opdat ook het zoo noodige en nuttige werk van deze commissie weder ter hand genomen zal kunnen worden.
