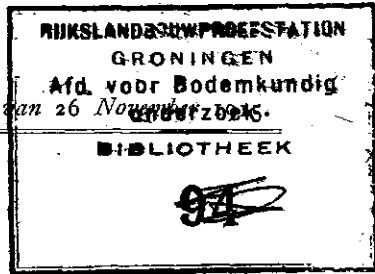


Overgedrukt uit „De Indische Mercur” van 26 November 1915.



63.1125.5

Het mechanisch bodemonderzoek,

door

Dr. D. J. HISSINK.

BIBLIOTHEEK
INSTITUUT VOOR
BODEMVRUCHTBAAKHEID
GRONINGEN
SEPARAAT

No. 17083

Op het vijftiende Natuur- en Geneeskundig Congres, gehouden op 8, 9 en 10 April 1915 te Amsterdam, werd door mij ingeleid het onderwerp: De methode van het mechanisch bodemonderzoek. Gaarne voldoe ik aan het verzoek van de redactie, om aan de hand van deze voordracht een artikel voor dit tijdschrift te schrijven. Het kwam mij echter wenschelijk voor mij niet te beperken tot de methode van het onderzoek, maar eenige algemeene beschouwingen over de beteekenis van de mechanische bodemanalyse te laten voorafgaan. Om tweërlei redenen is een artikel over het mechanische bodemonderzoek in *De Indische Mercur* op zijn plaats. In de eerste plaats is in verschillende kringen in Indië door het optreden van de Bodemafdeeling van 's Lands Plantentuin, onder leiding van zijn kundigen chef Dr. E. C. Jul. Mohr, groote belangstelling gewekt voor de bodemvraagstukken, en dit niet alleen onder de theoretici, maar evenzeer onder de beoefenaren van de praktijk. En in de tweede plaats staan we voor het eerste Nederlandsch-Indische Bodemcongres, dat in 1916 in Djocja gehouden zal worden en zonder twijfel zal op de agenda van dit congres ook het mechanische bodemonderzoek eene belangrijke plaats innemen.

Grond bestaat uit deeltjes van verschillende grootte en de mechanische bodemanalyse tracht een middel aan de hand te geven om de grootte van de gronddeeltjes te bepalen, beter gezegd om de deeltjes in groepen van verschillende grootte te vereenigen. Terwijl ik straks uitvoerig op de methode zelve terug kom, wil ik hier eerst een enkel woord wijden aan de beteekenis van dit onderzoek voor de praktijk.

Onder de verschillende factoren voor den groei, als de bodem, de atmosfeer, de bemesting, het zaad, is het wel de factor bodem, die slechts in zeer geringe mate de belangstelling getrokken heeft. Talrijk zijn bijv. de bemestingsproeven, in de laatste tientallen jaren genomen, maar weinig of niet is gelet op de rol, die de bodem in het voedingsproces van de planten speelt. De

verklaring van den achterstand van het bodemkundige onderzoek kan slechts gezocht worden in de groote moeilijkheden, welke de bodemvraagstukken den beoefenaar van dezen tak van wetenschap bieden. Gelukkig is er in den laatsten tijd eene kentering gekomen en zien we in alle deelen van de wereld een opkomen van eene bodemwetenschap.

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 eene geologische kaart eene klassificatie noodig is en het mechanische bodemonderzoek zal dus bij dit werk eene meer of minder belangrijke rol spelen. Maar ook voor den planter 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 scheikundige 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. Wij moeten dus het bodemtype kunnen vaststellen. En nu moge dit nog voorloopig 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.

Mijne opvatting, dat het mechanische bodemonderzoek ons bij deze klassificatie helpen kan, zou ik nog gaarne willen steunen en

nader toelichten door enkele uitslatingen van andere onderzoekers. Zoo schrijft Pfeiffer (Landw. Jahrbücher, Bnd. 41 (1911), Seite 17): „Die Benennung des Bodens ist sehr individuell. Was einer für Sandboden ansieht, beurteilt der andere als Lehm Boden. Sogar derselbe Analytiker kan dieselbe Probe verschieden benennen je nachdem er sie in nassem oder sehr trockenem Zustande dem Boden entnommen hat. Die Bodenbezeichnung kann nur dann nicht individuell sein, wenn sie auf Grund einer exakten Analyse nach konventioneller Uebereinkunft erfolgt.” Coffey (Proceedings of the American Society of Agronomy) laat zich als volgt uit: „The texture of the soil is its most important physical property. This is due to the predominating part which it plays in determining the underground or climatic environment upon plantgrowth, but agronomists are just beginning to realize that the soil environment is equally important with the climatic. Since texture has such a marked influence in determining the environment of the roots of the plants, and therefore the variety of crop which can be most profitably grown upon a given type of soil, it is very essential that the textual terms be defined and used with as much precision as possible. While many of these terms — such as sand, sandy loam, loam and clay — form a part of our soil vocabulary, they are used very loosely and often with little attempt at precision. For instance, if a sandy loam with a clay subsoil is situated in a region of light sandy soils, it will be known locally as a clay soil, but if the same type occurs in a section where the soils are predominantly heavy, it becomes at once a sandy soil.”

Bij het klassificeeren van de gronden zal men niet enkel de hulp van het mechanische 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, stelt Hall, vroeger directeur van het bekende proefstation in Rothamsted, voor, bij eene bodemkartering 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 mechanische bodemonderzoek kan worden volstaan en dat op grond van deze resultaten alleen soms vreemde conclusies verkregen worden, bleek nog onlangs den heer Houtman bij eene beschrijving der grondsoorten van de terreinen in het rayon der onderafdeeling „Banjoemas” (*Archief Suikerindustrie*, Jrg. 22, blz. 1791—1806). De gronden in het Serajoedal, die ontstaan zijn uit producten van den vulkaan „Slamat”, de zgn. Slamatsgronden dus, worden door

den inlander naar de physische gesteldheid onderscheiden in groeboek (de lichtste), kabongan (minder licht) en lientjat (klei). Het mechanisch bodemonderzoek, uitgevoerd aan het geologisch laboratorium van het Departement van Landbouw te Buitenzorg (volgens de methode van het Amerikaansche Bureau of Soils) geeft voor deze drie typen de volgende gehalten (in procenten):

| Fractie. | Grootte der deeltjes. | Groeboek (de lichtste). | Kabongan (minder licht). | Lientjat (klei). |
|----------|------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------|
| Zand... | 2 m.M.—0,05 m.M. ... | 30—52 | 12—18 | 13—28 |
| Stof ... | 0,05 m.M.—0,005 m.M. | 30—48 | 25—30 | 30—37 |
| Lutum . | kleiner dan 0,005 m.M. | 12—34 | 54—63 | 35—55 |

Op grond van deze cijfers zouden de lientjat-gronden lichter zijn dan de kabongan-gronden, terwijl het juist omgekeerd is. Ook de hygroscopiciteitscijfers (volgens Mitscherlich) leiden tot verkeerde gevolgtrekkingen. Bij groeboek- en kabongan-gronden worden hygroscopiciteitscijfers gevonden, dit hen zouden voeren in de klasse „zware gronden”, terwijl het meest voorkomende gehalte aan hygroscopisch gebonden water bij de lientjat-gronden thuis hoort in de klasse „matig zwaar”. De oorzaak van deze tegenstrijdigheid komt bij een scheikundig onderzoek aan het licht. De groeboek- en kabongan-gronden zijn rijk aan ijzer in los gebonden vorm en aan deze omstandigheid danken deze gronden hunne gunstige physische geaardheid; de ijzerzouten werken uitvlokkend op de kleideeltjes, zoodat de vorming van korrelstructuur al zeer gering is. ¹⁾

Ook Van Bijlert heeft er reeds vroeger op gewezen, dat een mechanisch onderzoek alleen groote verwarring stichten kan en dat hiernaast een onderzoek naar de samenstelling van de verschillende fracties 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 mechanische bodemonderzoek moest er een nauwe samenhang bestaan tusschen deze Kediri'sche gronden en de Surinaamsche savannah's. Bij een soortgelijk klimaat 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. ²⁾ Twee Indische zanden, resp. afkomstig uit Pasoeroean en Wonosari (Java), die als zeer

¹⁾ Zie over deze werking van het ijzeroxyde: Ramann, *Bodenkunde* (3e Aufl. S. 246); Hilgard, *Soils* (1906, p. 100) en ook Mohr, *Bulletin du Dép. de l'Agric. aux Indes Néerlandaises*, No. XLVII.

²⁾ Zie Kort Verslag van de landbouwkundige onderzoekingen van het Rijkslandbouwproefstation Wageningen, loopende tot 1 Jan. 1912. (Uitgave J. H. de Bussy, Amsterdam, 1912).

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 eene 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 nage- noeg 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 ¹⁾ in dertijd aangegeven en die in het kort hierop neerkomt, „dass die Einteilungen der Böden in Familien auf Grund ihres Ursprungs und ihrer Bildungsweise, allen anderen Einteilungen voraufgehen muss”. Mohr wil dus de gronden op grond van hunne geologische afkomst, verweeringswijze en ouderdom in bepaalde groepen verdeelen ; binnen deze groepen verwacht hij dan correlatie tus- schen de mechanische samenstelling en de verschillende bodem- eigenschappen. Mohr geeft tot staving van zijne opvatting ver- schillende voorbeelden, die overeenkomen met de voorbeelden, hierboven vermeld.

Nadat in het bovenstaande in korte trekken gewezen is op de beteekenis van het mechanisch bodemonderzoek, ga ik thans over tot eene bespreking van de methode, volgens welke het onder- zoek geschieden moet. Is bij elke methode uniformiteit gewenscht, dit geldt in hooge mate voor eene methode als die van het me- chanisch bodemonderzoek, omdat men voorloopig nog alleen door onderlinge vergelijking van de verkregen resultaten eenige con- clusies trekken kan. En deze vergelijking is uit den aard der zaak alleen mogelijk, wanneer de resultaten volgens eene zelfde methode verkregen zijn. Het komt verder niet alleen op de me- thode aan, doch ook op de vraag, tot welke groepen de bodem- deeltjes verenigd zullen worden. Ook op dit punt is uniformiteit gewenscht. De tweede bodemkundige conferentie, in Augustus 1910 in Stockholm gehouden, benoemde zelfs eene commissie, wier taak het oorspronkelijk alleen was, voorstellen te doen „für die

¹⁾ Bulletin du Département de l'Agriculture aux Indes Néerlandaises, No. XLI, blz. 25 e. v.

Klassifikation der Bodenkörner". Op de eerste vergadering van deze commissie, in October 1913 in Berlijn gehouden, ¹⁾ bleek evenwel de wenschelijkheid om voor de *geheele methode* van het mechanisch bodemonderzoek uniforme werkwijzen vast te stellen.

De groote moeilijkheden, verbonden aan het vaststellen van eene methode voor het mechanisch bodemonderzoek, mogen in het volgende voorbeeld eene toelichting vinden. 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 oplosbare vorm te brengen en uit te loogen. Men kan daarna controleren 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 nadere 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 evenzoo gesteld met de bepaling van de mechanische samenstelling van den bodem. Zoo oefent bijv. de wijze van vóórbewerking, die men den bodem doet ondergaan, alvorens af te slibben of af te zeeven, een zeer grooten invloed op het resultaat uit. Reeds eene vóórbewerking, 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 (Amerikaansche methode, overgenomen door Mohr, Buitenzorg). Men moet echter niet meenen, dat het schudden gedurende zes uren tot een welomschreven eindpunt voert. Ik heb het schudden bijv. 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 bij een viertal monsters resp. van 38 tot 51 % ; van 20 tot 24 % ; van 2 tot 4 % en van 6.5 tot 15.5 % (zie in de volgende tabel de methode A en B).

Ik zal nu trachten althans eenige leidraad voor de methode te geven en vraag mij dan in de eerste plaats af, wat het *doel*

¹⁾ Zie Bericht über die Sitzung der Internationalen Kommission für die mechanische und physikalische Bodenuntersuchung in Berlin am 31. Oktober 1913; Intern. Mitt. f. Bodenkunde, Band IV (1914), blz. 1-31.

van het mechanisch bodemonderzoek moet wezen. 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 feitelijk de bodemstructuur te leeren kennen. De bodemstructuur hangt evenwel slechts ten deele af van de groote 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 groote 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 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 samenstelling 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. En ook de planter kan voor het vaststellen van het type van zijn grond geen grootheid gebruiken, die elk oogenblik aan wijzigingen onderhevig 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.

Ik wensch dus den samenhang tusschen de bodemdeeltjes zoo veel mogelijk op te heffen, maar ik sta dan weer voor de moeilijke vraag, hoever ik hiermede moet gaan. Een bepaald criterium voor een te bereiken eindpunt is er niet. Men moet op zeker oogenblik de vóórbewerking ergens wrij willekeurig afbreken. Dit is de zwakke zijde van de methode en maakt haar in hooge mate conventioneel.

Recapitulerende 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 kruimels bijeenhoudt, voor een groot deel verwijderd is. Wat de mechanische bodemanalyse, als dus opgevat, leert kennen, zal ik in het vervolg kortweg de *mechanische samenstelling van den bodem* noemen.¹⁾ Ik erken gaarne, dat het begrip: mechanische samenstelling van den bodem hiermede nog op verre na klaar en duidelijk is aangegeven. In het vervolg zal blijken, in hoe hooge mate de verkregen resultaten van de gekozen methode afhangen.

Bij de mechanische bodemanalyse zijn twee onderdeelen te onderscheiden en wel:

- re. het losmaken van de gronddeeltjes, die door verschillende bindmiddelen bijeengehouden worden; en
- ze. het scheiden van deze deeltjes in groepen van bepaalde afmetingen.

De scheiding van de deeltjes in groepen van bepaalde afmetingen geschiedt door zeeven en door de werking van het water. Deze laatste kan op tweeërlei wijze plaats vinden — 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 slibcilinders van Kühn, Atterberg en anderen. Ik zal mij nu hier verder beperken tot het eerstgenoemde onderdeel van de methode, dus tot de vóórbewerking, welke het losmaken van de bodemkrummels ten doel heeft.

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 bodemcement ver-

¹⁾ Het begrip „mechanische samenstelling van den bodem” zou dus identiek zijn met het Amerikaansche „texture”. Althans Coffey schrijft: “The term texture, as used by the Bureau of Soils has reference to the size of the particles of which the soil is composed, while structure refers to the arrangement of these particles”. Intusschen heerscht hier geen eenstemmigheid en gebruiken Engelsche en Amerikaansche onderzoekers de uitdrukkingen texture en structure door elkander.

wijderd 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, 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. De bodemkundige afdeeling van 's Lands Plantentuin te Buitenzorg werkt volgens de methode van het Amerikaansche Bureau of Soils. Men gevoelt, dat het van zeer veel belang is, zoo mogelijk eenheid in dezen chaos tot stand te brengen.

Al deze voorberekingen, zoowel het schudden en borstelen als het koken met water, de behandeling met verdund zoutzuur en het afslibben met ammonia, beoogen hetzelfde doel, namelijk het opheffen van de samen kittende werking, die de bodemdeeltjes tot aggregaten vereenigt en het gevolg is dus eene soms zeer aanzienlijke stijging van het gehalte aan afslibbare deelen. Dat schudden, borstelen, fijnwrijven, koken met water, enz. den samenhang tusschen de bodemdeeltjes opheft, is duidelijk. Ook de werking

van het zoutzuur behoeft geen nadere toelichting; zoutzuur lost de koozure kalk geheel en sommige mineraalfragmenten gedeeltelijk op en ontleedt verder de uitgevlokte gels van kiezelzuur, aluminium- en ijzerhydroxyd in meerdere of mindere mate, al naargelang van de temperatuur en de sterkte van het zoutzuur. De werking van de ammonia ligt nog eenigszins in het duister. Zij is in elk geval tweeledig. In de eerste plaats lost de ammonia humusstoffen op en werkt op die manier mede tot het doen uiteenvallen van de bodem ggregaten. Maar de ammonia werkt ook nog anders en voor zoover ik thans kan nagaan komt deze tweede werking van de ammonia neer op eene verkleining van sommige groepen van bodemdeeltjes. Evenals bijv. water verkleinend op suikerdeeltjes inwerkt, zelfs zoodanig, dat de suikerdeeltjes in moleculen uiteenvallen, de suiker dus in het water oplost, evenzoo werkt de ammonia verkleinend op sommige bodembestanddeelen.¹⁾ Maar deze verkleinende werking gaat niet zóó ver, dat deze bodembestanddeelen in de ammonia oplossen. Gronden, die dus — zooals de kleigronden — veel bodemmateriaal bevatten, dat vatbaar is voor den verkleinenden invloed van verdunde ammonia, zullen — met ammonia behandeld en afgeslibd — een aanzienlijk hooger gehalte aan afslibbare deelen geven.

Het onderzoek, aan het Rijkslandbouwproefstation te Wageningen verricht, heeft zich nu uitgestrekt over een viertal grondmonsters, te weten zware en lichte kleigrond uit de Betuwe (B 53 en B 51); rood zand van de Veluwe (B 105) en rivierzand uit Pasoeroean (B 281). Dit laatste monster is vulkanisch zand van het Tengergebergte en 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 sibycylinder gespoeld en goed omgeroerd.²⁾ 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 doorgegaan tot de vloeistof helder geworden was. Op deze wijze werden de deeltjes kleiner dan 0.002 m.M. afgeheveld.¹⁾ 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.

¹⁾ Ik wil met deze vergelijking niet zeggen, dat beide werkingen ook in het wezen der zaak overeenkomen; dit laat ik hier in het midden.

²⁾ Dit geldt slechts voor een bepaalde temperatuur. Onlangs is hierop gewezen door Robinson (The Journal of Agricultural Science, Vol. VII, blz. 142 - 143). Ik meen, dat Mohr intusschen reeds eerder dit punt vermeld heeft.

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 vind het beter te spreken van fractie I, II, III en IV en benamingen als klei, stof, fijn zand, grof zand, grint, enz. te vermijden.

De uitkomsten van het onderzoek zijn in achterstaande tabel opgenomen, welke tevens een verkorte beschrijving van de gevolgde methode bevat. ¹⁾

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 de 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 toe. ²⁾

De schudmethode van het Amerikaansche Bureau of Soils geeft bij alle monsters goed overeenstemmende cijfers. De persoonlijke fout is bij deze methode al uiterst gering.

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 van 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

¹⁾ Aan hen, die prijs stellen op de oorspronkelijke mededeeling, welke de gevolgde methoden, de verkregen resultaten en de getrokken conclusies uitvoerig vermeldt, zal ik gaarne op verzoek een exemplaar van deze publicatie doen toekomen.

²⁾ 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 %.

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). | | | | Werkwijze | |
|--|-------------------------|------|------|------|--------------------------|------|------|------|--------------------|-----|------|------|-----------------------|------|------|------|-----------|---|
| | Fractie | | | | Fractie | | | | Fractie | | | | Fractie | | | | | |
| | I. | II. | III. | IV. | I. | II. | III. | IV. | I. | II. | III. | IV. | I. | II. | III. | IV. | | |
| Enemaal 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; 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 |
| Enemaal 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 |
| Enemaal schudden met ammonia; afslibben met ammonia. | E | 52,7 | 29,8 | 8,1 | 1,3 | 31,7 | 23,8 | 27,4 | 12,1 | 3,9 | 1,6 | 46,6 | 47,3 | 6,0 | 2,2 | 17,7 | 70,9 | E |
| Aanroeren met zoutzuur; afslibben met water. | F | 20,3 | 39,1 | 27,0 | 5,5 | 11,0 | 33,8 | 39,0 | 11,2 | 2,7 | 2,3 | 94,4 | | 3,7 | 2,6 | 90,5 | | F |
| Aanroeren met zoutzuur; uitwasschen van het zoutzuur; afslibben een paar maal met ammonia, daarna met water. | G | 50,8 | 38,3 | 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 | 35,6 | 23,2 | 27,1 | 11,1 | 4,7 | 1,3 | 36,3 | 55,1 | 9,8 | 2,6 | 13,2 | 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 | 2,8 | 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 | 22,3 | 26,0 | 9,8 | 4,6 | 1,8 | 51,0 | 42,0 | 36,4 | 3,8 | 15,4 | 51,2 | M |
| Koken met 10 % zoutzuur gedurende twee uren op de diam. | 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 |

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 is het, dat het afslibben met ammonia bij het Indische zand absoluut geen invloed uitoeftent (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 deel-

tjes 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 aangestast, zoo weinig invloed van het koude verdund zoutzuur onder vinden, 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,
betrekkelijk ook groot bij het roode zand en
nul bij het Indische zand.

Ook bij vergelijking met de methode F met G en H en van de methode I met K en L vinden we ditzelfde gedrag van de verdunde ammonia terug. Alleen bij het roode lost het zoutzuur nog al vrij wat van de roode substantie op, zoodat de invloed van het afslibben met ammonia wat geringer wordt. 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. Ik heb hierboven mijne voorloopige opvattingen omtrent de wijze, waarop de ammonia inwerkt, medegedeeld. De bekende Engelsche onderzoeker Hall, de vader van de Engelsche methode van het mechanisch bodemonderzoek — de eenige methode, die met ammonia afslibt — komt aan het slot van eene belangrijke verhandeling in het *Journal of Agricultural Science* over het uitlokken van troebele vloeistoffen feitelijk tot deze conclusie, dat de wijze, waarop de ammonia werkt, nog geheel in het duister ligt.

In het kort komen dus de verkregen resultaten hierop neer. Aan het borstelen en aanroeren van den bodem kleven groote subjectieve fouten. Nu is het wel één van de eerste eischen, waaraan eene conventioneele methode moet voldoen, deze, dat de persoonlijke fout zoo gering mogelijk is. Eene vóórbewerking, waarbij geborsteld, geroerd of aangewreven wordt, is derhalve af te keuren. Mechanisch schudden gedurende enkele uren geeft schitterend overeenstemmende resultaten. Om deze reden verdient de schudmethode de voorkeur boven alle andere methoden. Of het schudden eenige malen herhaald moet worden, ofwel met zoutzuur te schudden is, laat ik in het midden. Eveneens of het afslibben met verdunde ammonia moet geschieden.

Ik hoop met het bovenstaande duidelijk te hebben aangetoond, van welk een overwegende invloed vóórbewerking en afslibben met ammonia beide op de resultaten van het mechanisch bodemonderzoek zijn. En juist op deze punten vertoonen de methoden, welke thans in de verschillende landen in gebruik zijn, zeer groote afwijkingen. De methode voor het mechanisch bodemonderzoek is een bij uitstek conventioneele methode. Het is dus dringend gewenscht, de verschillende onderzoekers bij elkander te brengen en uniforme voorschriften vast te stellen en in alle landen in te voeren.

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 Wahnschaffe 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.

Wageningen, 17 November 1915.