RIJKSLANDBOUWPROEFSTATION GRONINGEN.

Bijdragen tot de nomenclatuur en de klassificatie van de minerale gronden in Nederland.

I. Definitie van de begrippen klei, leem en zand.

DOOR

DR. D. J. HISSINK.

(Ingezonden 24 November 1924.)

1. Inleiding.

Eene juiste benaming van de gronden in ons land en een daarop berustende klassificatie van deze gronden, is van groot belang. Alvorens met eene klassificatie te beginnen, dient het doel, waarvoor ze dienen moet, te worden vastgesteld. De geoloog, de steenfabrikant, de landbouwer, ieder van hen zal de gronden naar eigen werkkring, behoeften en belangen definieeren en tot eene kennis trachten te komen van die bijzonderheden, die hem persoonlijk raken en die daardoor in zijn oog tot hoofdzaken worden. Het is dus niet onwaarschijnlijk, dat zij dezelfde gronden verschilende benamingen zullen geven en tot eene uiteenloopende klassificatie zullen komen. In deze verhandeling worden de gronden uit een landbouwkundig oogpunt beschouwd.

Evenals op menig ander gebied, zoo heeft ook de landbouwpraktijk zich op het gebied van de nomenclatuur en de klassificatie van den voornaamsten productiefactor, den grond, reeds langen tijd geholpen. Deze practische nomenclatuur en klassificatie van de gronden heeft evenwel dit bezwaar, dat zij hare resultaten niet in cijfers laat vastleggen en dus steeds iets vaags en onzekers behoudt, zoodat de gronden zich met behulp van deze practische indeeling toch moeilijk onderling laten vergelijken. Een grond, door een landbouwer in een streek met zware gronden, reeds zandigen kleigrond genoemd, zal in een zandige streek onder de vrij zware kleigronden geklassificeerd worden. Bovendien is het bezwaar van deze praktische klassificatie, dat ze niet dieper in het wezen van de zaak doordringt en ons over de eigenschappen van de gronden gewoonlijk weinig inlichtingen geeft. Men spreekt

van roodoorngronden, van slempige of strandige gronden, van katteklei, enz., zonder de kenmerkende eigenschappen van deze gronden te kunnen aangeven. Aan een nomenclatuur en klassificatie, steunende op wetenschappelijken basis en vastgelegd in cijfers, volgens nauwkeurig omschreven methoden verkregen, bestaat groote behoefte.

Een goede klassificatie van welk onderwerp ook is evenwel niet mogelijk zonder eene grondige kennis van de eigenschappen van het te klassificeeren onderwerp. In den laatsten tijd heb ik enkele bouwstoffen voor eene klassificatie van de minerale gronden in ons land bijeengebracht. Deze mededeeling is als eene eerste bijdrage hiervoor te beschouwen.

2. De gebruikelijke nomenclatuur en klassificatie.

De gebruikelijke klassificatie van de gronden in Nederland is wel deze, dat men onderscheidt kleigronden, leemgronden, zandgronden, humusgronden en kalkgronden (koolzure kalk- of mergelgronden), dat zijn dus gronden, die resp. zooveel klei, leem, zand, humus en koolzure kalk bevatten, dat dit bestanddeel zijn stempel op den betreffenden grond drukt en daarmee de soort bepaalt. Nu zijn koolzure kalk en humus ongetwijfeld stofnamen. Koolzure kalk is een stof, waarvan de samenstelling nauwkeurig bekend is ($CaCO_3$); humus is hier op te vatten als een verzamelwoord voor de organische bestanddeelen van den grond. Methoden om koolzure kalk en humus met meer of minder nauwkeurigheid in den grond te bepalen zijn bekend. In aansluiting hieraan zijn bij de bovenaangegeven klassificatie ook de begrippen klei, leem en zand als stofnamen op te vatten. We dienen dus aan te geven en liefst zoo nauwkeurig mogelijk, wat we onder klei, leem en zand te verstaan hebben en op welke wijze deze stoffen in den grond bepaald worden.

Wanneer men nu evenwel nagaat, wat onder klei, leem en zand verstaan wordt, dan blijken deze begrippen vrij vaag te zijn. Verder valt het direct op, dat de begrippen klei, leem en zand niet enkel als stofnamen gebruikt worden. Eenerzijds spreekt men van zware kleigronden, die veel en van lichte kleigronden, die weinig klei (stofnaam) bevatten. Maar men leest toch ook, dat in klei veel afslibbare deelen voorkomen of dat klei altijd een meer of minder groot zandgehalte bevat, waarmede men dan bedoelt, dat in kleigronden naast de stof klei ook de stof zand aanwezig is, evenals bijv. in mergelgronden naast de stof koolzure kalk ook de stoffen klei, leem, zand en humus in meer of minder groote hoeveelheden kunnen voorkomen.

Het zal noodig zijn althans deze verwarring te doen verdwijnen en klei, leem en zand, evenals humus en koolzure kalk, enkel als stofnamen te gebruiken. Het komt er dan verder op aan zoo nauwkeurig mogelijk op te geven, wat men onder deze drie stoffen verstaat en vooral, op welke wijze ze bepaald en in cijfers worden uitgedrukt. De nauwkeurigheid, waarmede een zeker bestanddeel

bepaald kan worden, loopt gewoonlijk parallel met onze kennis aangaande dit bestanddeel.

Eene studie van de minerale bodembestanddeelen is dus gewenscht en deze eerste verhandeling zal trachten een overzicht van onze kennis aangaande de begrippen klei, leem en zand te geven. Nu bestaan de minerale bodembestanddeelen uit de verweerde en de onverweerde overblijfselen van de gesteenten en een enkel woord over de verweering van de gesteenten dient dus vooraf te gaan.

3. De verweering der gesteenten.

Aan de oppervlakte der aarde verweeren de gesteenten. Natuurkundige en scheikundige invloeden verbreken hun samenhang en wijzigen hunne samenstelling, tengevolge waarvan ze ten slotte veranderd worden in fijnkorrelige aggregaten, geschikt om eene plantenvegetatie te dragen: ze zijn tot *grond* geworden.

Bij de verweering van de gesteenten vallen dus eenerzijds te onderscheiden de veranderingen in samenhang, dat is de natuurkundige verweering en anderzijds de veranderingen in samenstelling, dat is de scheikundige verweering.

De natuurkundige, anders gezegd de mechanische verweering, komt neer op eene vergruizeling van de gesteenten. Hierbij spelen de volgende factoren een rol: verschillen in temperatuur; de uitzetting van het water bij het bevriezen; de kracht van het stroomende water, van de zich voortbewegende lava en van het gletscherijs. De gesteenten vallen uiteen, worden min of meer fijngewreven en daardoor beter geschikt voor de scheikundige verweering. Bij deze laatste speelt de oplossende werking van het water en van de in dit water opgeloste bestanddeelen een rol. Wanneer zich eene plantenvegetatie ontwikkeld heeft, oefenen ook de organische verweeringsprodukten (humusstoffen, koolzuur) hun invloed op de scheikundige verweering van de minerale bodembestanddeelen uit.

De wijze, waarop het verweeringsproces verloopt, laat ik geheel rusten. Mijn doel is thans alleen stil te staan bij het product van de verweering van de gesteenten, het minerale verweeringsproduct in den grond dus. Ik maak nog een tweede beperking en zal alleen het minerale verweeringsproduct in de gronden in Nederland bespreken.

Uit de hierboven gegeven omschrijving van de verweering, als zijnde van mechanischen en van scheikundigen aard, volgt, dat het minerale verweeringsproduct zoowel een mechanisch als een scheikundig begrip vertegenwoordigt. In overeenstemming hiermede, kan men trachten, zoowel langs scheikundigen als langs mechanischen weg eenige kennis over de verweerde minerale bestanddeelen en de onverweerde mineraalfragmenten te verkrijgen en dienovereenkomstig kan men een scheikundige en een mechanische omschrijving van de stofnamen zand, klei en leem verwachten *).

*) Zie Naschrift, blz. 202.

HOOFDSTUK I.

De scheikundige omschrijving van het begrip klei.

4. De methode van Bemmelen.

Het is vooral Prof. Dr. J. M. van Bemmelen (1830—1911) geweest, welke langs scheikundigen weg getracht heeft, om het verweerde van het onverweerde te scheiden. Zijne methode berust op het verschil in oplosbaarheid van de verweerde en de onverweerde minerale bestanddeelen in sterke zuren bij kookhitte.

Voor eene nauwkeurige beschrijving der methode kan ik naar de betreffende literatuur [1]) verwijzen. Ik volsta hier met een kort overzicht.

De grond wordt gedurende zekeren tijd gekookt met sterk zoutzuur. Hierbij wordt een gedeelte van het verweeringssilikaat aangetast. In oplossing gaat een gedeelte van het kiezelzuur, verder aluminiumoxyd, ijzeroxyd (en oxyduul) en de basen (kalk, magnesia, kali en natron), alsmede phosphorzuur en mangaan. Het grootste gedeelte van het kiezelzuur van het door het zoutzuur ontlede verweeringssilikaat vlokt onder invloed van het zoutzuur uit en sleept iets van de andere bestanddeelen mede. Na verwijdering van de zoutzuuroplossing wordt het residu met natronloog behandeld, waarin het kolloidale kiezelzuur oplost. Er is dus eene analyse noodig van het zoutzuurextract en van het loogextract. De som van de bestanddeelen van deze beide extracten geeft ons de samenstelling van het door zoutzuur ontleedbare verweeringssilikaat, door van Bemmelen A genoemd; kortheidshalve geschreven V.S.A.

Het residu van de loogbehandeling bezit nog onverweerd materiaal. Van Bemmelen behandelt het met sterk zwavelzuur en loog en bepaalt op deze wijze de samenstelling van het door zwavelzuur ontleedbare verweeringssilikaat B; kortheidshalve V.S.B.

Achter blijven de onverweerde mineraalfragmenten, dat zijn in onze Nederlandsche gronden in hoofdzaak: kwarts, glimmer en veldspaat.

Het spreekt vanzelf, dat afzonderlijk bepaald moeten worden de in water oplosbare bestanddeelen, zoo deze aanwezig zijn; verder de humus (met de stikstof) en de koolzure kalk.

Ten slotte bevatten de beide verweeringssilikaten A en B nog scheikundig gebonden water (H_2O).

Tabel I geeft een overzicht van de resultaten van het onderzoek van een monster grauwe keileem, door Dr. Leopold aan het Rijkslandbouwproefstation te Wageningen verricht. De cijfers zijn opgegeven in gewichtsprocenten op luchtdrogen grond, resp. in het V.S.A, het V.S.B en de onverweerde mineraalfragmenten.

---

1) Internationale Mitteilungen für Bodenkunde, Band V, blz. 1—24; zie ook noot 2.

Verder zijn in het oorspronkelijke monster nog door behandeling met fluorwaterstof enkele bestanddeelen, ter contrôle, bepaald [2]).

TABEL I.

Samenstelling van een monster grauwe keileem (Dr. G. H. LEOPOLD), *in procenten op luchtdrogen grond.*

	V.S.A.	V.S.B.	Mineraal-fragmenten.	Het oorspronkelijke monster met HFl.
Al_2O_3	8,65	6,80	1,33	16,46
SiO_2	18,33	8,32	34,91	—
Fe_2O_3	5,40	0,46	spoor	5,80
CaO	0,12	0,059	0,06	0,29
MgO	0,61	0,46	0,02	1,12
K_2O	1,02	1,05	0,67	2,58
Na_2O	0,08	0,052	0,40	—
P_2O_5	0,03	—	—	—
H_2O	3,56	1,17	—	—
Som	37,8	18,4	37,4	—

Het onderzochte monster keileem bevatte geen koolzure kalk en geen in water oplosbare zouten; verder 0,6 % humus (met stikstof), terwijl de luchtdroge grond 6,4 % losgebonden water (bij 105° Celcius ontwijkend) bevatte. De volgende tabel II geeft een overzicht van de gehalten van de grauwe keileem aan verweerd (A + B) en onverweerd materiaal (in gewichtsprocenten op luchtdrogen grond).

TABEL II.

Losgebonden water	6,4 %
Humus (+ stikstof)	0,6 ,,
Koolzure kalk	0,0 ,,
In water oplosbare zouten	0,0 ,,
V.S.A. 37,8 % / V.S.B. 18,4 % } verweerde bestanddeelen	56,2 ,,
Onverweerde mineraalfragmenten	37,4 ,,
Samen	100,6 %

De totaal gemaakte fout van + 0,6 % is bij een zoo ingewikkelde analyse zeker niet groot te noemen.

2) Over het keileem in het Nederlandsch Dilivium, deze Verslagen n°. VIII (1910), blz. 47—143. Gebruikt is tabel III van blz. 80—81. Voor het V.S.A is het gemiddelde genomen van analyse I en II; voor het V.S.B alleen analyse I.

5. Bezwaren tegen de methode.

De bezwaren tegen de bovenaangegeven scheikundige methode om de verweerde minerale bodembestanddeelen van de onverweerde mineraalfragmenten te scheiden, liggen voor de hand. Door de behandeling met kokend sterk zoutzuur en zwavelzuur (met navolgende behandeling met natronloog) gaat al het verweerde in oplossing. Daartegenover staat evenwel, dat bij deze behandeling een gedeelte van de onverweerde mineraalfragmenten in oplossing gaat, terwijl bovendien een gedeelte van het V.S.B bij het koken met sterk zoutzuur wordt aangetast. Ten slotte kan men zich nog de vraag stellen, of wel het geheele V.S.A bij de behandeling met kokend HCl verwijderd wordt.

Wat het eerste bezwaar betreft, zij opgemerkt, dat de oplosbaarheid van kwarts, glimmer en veldspaat, welke de hoofdmassa van de onverweerde mineraalfragmenten in de Nederlandsche gronden vormen, gering is. Kwarts en glimmer worden bij de HCl—H_2SO_4-behandeling practisch niet aangetast. Aangaande de oplosbaarheid in sterk zoutzuur verwijs ik naar een onderzoek van VESTERBERG [3]), waaruit blijkt, dat ongeveer 3 % van zeer fijn geslibd veldspaat bij koken met sterk zoutzuur gedurende 2 uur in oplossing ging. Volgens LEOPOLD (blz. 60) bestaat het onverweerde materiaal van de grauwe keileem voor ongeveer 19,1 % uit veldspaten, dat is op het oorspronkelijke monster ongeveer 7,5 %. Indien hiervan 3 % in oplossing gaat, is dit op oorspronkelijk monster slechts 0,23 %; dat wil zeggen, dat niet 37,8 % doch 37,57 % V.S.A aanwezig is. Bij gronden met veel veldspaten wordt de fout grooter. Het monster lichte Zuiderzeeklei van VAN BEMMELEN bevat 20 % veldspaten (op oorspronkelijk monster); de fout wordt hier dus ongeveer 0,6 %. Bij nog lichtere kleigronden wordt de fout nog grooter. Het monster lichte Zuiderzeeklei bevat evenwel 26 % verweerd materiaal en 74 % onverweerd, waarvan 20 % veldspaat en 54 % kwarts; het is dus reeds een grond met een hoog gehalte aan onverweerd materiaal, een vrij „zandige" kleigrond. Op grond van de bovenstaande cijfers kom ik tot de conclusie, dat de fout, welke in de oplosbaarheid van de mineraalfragmenten in de kokende, sterke zuren gelegen is, niet groot is, althans niet voor onze Nederlandsche gronden [4]). Gronden, wier mineraalfragmenten minder moeilijk door sterke zuren worden aangetast, geven grootere fouten en kunnen op grond hiervan misschien niet volgens deze scheikundige methode onderzocht worden.

3) Prof. Dr. K. A. VESTERBERG, Stockholm in de Int. Mitt. für Bodenkunde, Band V, blz. 37.

4) Dat bij aanwezigheid van een hoog gehalt aan onverweerde veldspaten ten opzichte van een laag gehalte aan verweerd materiaal een betrekkelijk groote fout gemaakt wordt, is reeds door VAN BEMMELEN en LEOPOLD opgemerkt. Het hooge SiO_2-gehalte van het V.S.A. in het roode keileem (in moleculen tegen 1 mol. Al_2O_3 bijna 3 mol. SiO_2; zie LEOPOLD, blz. 55, noot 3 aldaar) staat o.a. hiermede in verband. Zie verder het onderzoek van LOESS door VAN BEMMELEN (Verhandelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam (Tweede Sectie), Deel VII, n°. 3, Bijvoegsel, Augustus 1900).

Evenmin als bij de $HCl—H_2SO_4$-behandeling eene volkomen scheiding van verweerd en onverweerd materiaal bereikt wordt, is dit het geval bij de HCl-behandeling ten opzichte van de splitsing van de verweeringssilikaten A en B. Dr. LEOPOLD (blz. 38) heeft door een uitvoerig onderzoek bij het grauwe keileem I en het roode keileem trachten vast te stellen, met welken graad van nauwkeurigheid door het koken met sterk zoutzuur eene splitsing in de beide silikaten A en B verkregen wordt. Dr. LEOPOLD komt tot de volgende conclusie (blz. 39):

Het blijkt dus ook weer hier, gelijk te verwachten was, dat eene volstrekte scheiding tusschen een door zoutzuur ontleedbaar complex A en een door zwavelzuur ontleedbaar complex B niet is te verwezenlijken. Het complex B is nog tamelijk oplosbaar in kokend sterk zoutzuur; het extract A zal derhalve ook reeds een klein gedeelte van zijne basen en kiezelzuur aan het complex B ontleend hebben (zie verder noot 1 bij Dr. LEOPOLD).

Mede in verband hiermede heeft men zich herhaaldelijk de vraag gesteld of de kookduur met sterk zoutzuur van 2 uur niet beter tot 1 uur kon worden teruggebracht. Op de vierde internationale bodemkundige conferentie (Rome, Mei 1924) is dan ook besloten dit punt nader in onderzoek te nemen.

De algemeene conclusie is dus: 1°. dat bij de $HCl—H_2SO_4$-behandeling in onze Nederlandsche gronden met voldoende nauwkeurigheid eene scheiding tusschen verweerd en onverweerd verkregen wordt; 2°. dat de nauwkeurigheid van de splitsing van de silikaten A en B minder groot is. Het komt mij verkeerd voor op grond van deze bezwaren, de methode geheel te verwerpen. Met behulp van de $HCl—H_2SO_4$-behandeling verkrijgt men toch een dieper inzicht in de samenstelling van den grond dan door een volledige analyse (bauschanalyse of HFl-behandeling) mogelijk is.

6. Moleculaire samenstelling van de verweeringssilikaten A en B.

Met behulp van de moleculairgewichten kan de moleculaire samenstelling van de verweeringssilikaten A en B uit de procentcijfers berekend worden. Een voorbeeld moge dit nader toelichten. Het monster grauwe keileem bevat op 100 gram luchtdroge stof 8,65 g. = 8650 milligram Al_2O_3 en 18,33 g. = 18330 milligram SiO_2. De moleculairgewichten van Al_2O_3 en SiO_2 zijn resp. 102,2 en 60,3. 100 gram grond bevatten dus 8650 : 102,2 = 84,6 moleculen Al_2O_3 tegen 18330 : 60,3 = 304,0 moleculen SiO_2; of tegen 1 molecule Al_2O_3 304,0 : 84,6 = 3,60 moleculen SiO_2. De geheele berekening voor het monster grauwe keileem van tabel I is in tabel III opgenomen.

De moleculaire samenstelling van het V.S.A van het monster grauwe zware keileem is dus:

Al_2O_3 3,60 SiO_2 0,40 Fe_2O_3 0,35 basen 2,3 H_2O.

TABEL III.

Moleculaire samenstelling van het V.S.A van het grauwe keileem.
(Zie tabel I.)

	Gehalten in procenten volgens tabel I.	Moleculair-gewichten.	Milligram-moleculen op 100 gram grond.	Moleculaire verhouding op $Al_2O_3 = 1$.	
Al_2O_3 . . .	8,65	102,2	84,6	1	
SiO_2	18,33	60,3	304,0	3,60	
Fe_2O_3 . . .	5,40	159,7	33,8	0,40	
CaO.. . . .	0,12	56,1	2,1	0,024	Som = S basen = 0,35
MgO. . . .	0,61	40,3	15,0	0,18	
K_2O.. . . .	1,02	94,2	10,8	0,13	
Na_2O . . .	0,08	62,0	1,3	0,016	
P_2O_5	0,03	—	—	—	
H_2O.. . . .	3,56	18,0	197,8	2,3	

Op dezelfde wijze laat zich de moleculaire samenstelling van het V.S.B berekenen op:

Al_2O_3 2,12 SiO_2 0,04 Fe_2O_3 0,36 basen 1,08 H_2O.

Ik vestig er nog de aandacht op, dat de samenstellende componenten (Al_2O_3, SiO_2, Fe_2O_3, basen, H_2O) in deze verweeringssilikaten niet in aequivalente verhoudingen aanwezig zijn. Het is dus onjuist op grond van eene scheikundige analyse van het verweeringssilikaat A en B tot de aanwezigheid van bepaalde scheikundige verbindingen te besluiten. Men kan desnoods het V.S.B het kaolienische verweeringssilikaat noemen, omdat het in samenstelling overeenkomst met het mineraal kaolien (Al_2O_2 $2SiO_2$ $2H_2O$) vertoont; het is echter onjuist en geeft aanleiding tot verwarring, indien men spreekt van het voorkomen van kaolien in een grond, zoolang men althans de aanwezigheid van dit mineraal niet door mineralogisch onderzoek heeft vastgesteld [5]).

7. Resultaten van het onderzoek van eenige grondmonsters uit Nederland op A en B.

De hierboven beschreven scheikundige methode is zeer tijdroovend en vereischt een groote analytische vaardigheid. Hieraan is het toe te schrijven, dat zij zoo weinig wordt toegepast. Zelfs VAN BEMMELEN heeft slechts een betrekkelijk klein aantal grond-

5) Zie o.m. Limburgsche Kleefgrond en Terra Rossa; Verhandelingen van het Geol. Mijnb. Genootschap voor Nederland en Koloniën, Geologische Serie, Deel II, blz. 203.

monsters op deze wijze onderzocht. SJOLLEMA [6]) heeft van een monster zavelgrond uit Middelstum de fijnere bestanddeelen nà afcentrifugeeren van grovere volgens VAN BEMMELEN onderzocht. Van hoeveel waarde dit onderzoek ook voor de kennis van de samenstelling van de „colloidale" bestanddeelen van dezen grond is — met dit doel was het onderzoek trouwens verricht — zoo kan het in dit overzicht evenwel niet worden opgenomen. In de jaren 1908/1909 heeft Dr. LEOPOLD op mijn verzoek aan het Proefstation te Wageningen een drietal monsters keileem zeer uitvoerig en geheel overeenkomstig VAN BEMMELEN onderzocht [2]). Daarna is de methode toegepast door den heer Ir. G. B. VAN KAMPEN te Wageningen op een drietal monsters rivierkleigronden, echter alleen op het V.S.A. En ten slotte is nog de samenstelling van het verweeringssilikaat A bepaald in eenige monsters kleefgrond uit Limburg [5]). Dit laatste onderzoek is gepubliceerd. Het onderzoek van de rivierkleimonsters van de hand van den heer VAN KAMPEN, hetwelk ik tot nu toe in portefeuille had, wordt in deze publicatie onder dankzegging aan mijn vroegeren medewerker opgenomen.

Alleen in de twee monsters van VAN BEMMELEN, welke in deze publicatie zijn opgenomen, de zware en de lichtere Zuiderzeeklei, alsmede in de drie monsters keileem van LEOPOLD is het gehalte aan scheikundig gebonden water in het V. S. A bepaald. Volgens tabel I bevat het V. S. A van het monster grauwe keileem op 37,8 gram 3,56 gram scheikundig gebonden water, dat is in % in V. S. A 9,4 %. Voor de 5 eerste monsters van tabel V zijn deze cijfers resp. 11,4 % — 9,4 % — 9,4 % — 10,5 % — 10,0 %. Deze cijfers wijken onderling zoo weinig van elkander af, dat men een gemiddeld gehalte van 10,1 % scheikundig gebonden water in het V.S.A mag aannemen. Met behulp van dit cijfer zijn de gehalten aan scheikundig gebonden water in het V.S.A van de overige vier monsters van tabel V (3 rivierkleigronden en één kleefgrond) berekend. Het teeken (*b*) geeft aan, dat deze cijfers berekend zijn.

Ook het V.S.B van het monster grauwe keileem bevat scheikundig gebonden water en wel (zie tabel I) 1,17 % op den grond en 6,3 % op V.S.B (18,4 %). Het monster grauwe keileem bevat totaal 37,8 (A) + 18,4 (B) = 56,2 % verweerd materiaal (A + B), met 3,56 % + 1,17 % = 4,73 % scheikundig gebonden water, dat is in procenten op verweerd materiaal 100 × 4,73 : 56,2 = 8,4 %. Voor de 5 eerste monsters van tabel V is dit gehalte resp.: 8,8 — 8,9 — 8,4 — 8,6 — 8,5, welke cijfers voldoende kloppen om een gemiddeld gehalte van 8,6 % scheikundig gebonden water op

6) Onderzoekingen op het gebied van de bodemchemie door Dr. B. SJOLLEMA; Cultura, 16de jaargang (1904), blz. 49—54. In deze publicatie behandelt Dr. SJOLLEMA ook het kleuren van de minerale bestanddeelen van den grond met methylviolet. Later is hierover een afzonderlijke publicatie verschenen, Anwendung von Farbstoffen bei Boden-untersuchungen, door Dr. B. SJOLLEMA, Journal für Landwirtschaft, 1905, blz. 67—69.

verweerd materiaal (A+B) te mogen aannemen. Dit cijfer is van belang, zooals later blijken zal (zie onder meer noot 15).

Alleen van de eerste 5 monsters in tabel V is het gehalte aan V.S.B bepaald. Het blijkt nu, dat het gehalte aan V.S.B gemiddeld ongeveer de helft is van het gehalte aan V.S.A. In onderstaande tabel zijn deze cijfers (in procenten) afzonderlijk opgenomen.

TABEL IV.

Nummers (zie tabel V)		1	2	3	4	5	samen
Gehalten in % aan	V.S.A	30,5	15,9	37,8	25,6	14,1	123,9
	V.S.B	14,0	6,6	18,4	15,1	6,0	60,1
A : B =	1 :	0,46	0,41	0,49	0,59	0,43	gem. 0,49

Erkent moet worden, dat deze cijfers vrij sterk uiteenloopen (van 0,41—0,59 met een gemiddelde waarde van 0,49). Toch heb ik gemeend met behulp van het cijfer 0,49 de gehalten aan V.S.B in de vier laatste monsters van tabel V althans met eenige benadering te kunnen berekenen. Deze vier cijfers zijn in tabel V voorzien van het teeken (*b*).

Door Leopold is indertijd ook nagegaan of er een zekere verhouding tusschen de hoeveelheden van A en B bestond (blz. 40—41). Hij gaat evenwel uit van de procentische gehalten aan Al_2O_3 in A en B en komt dan tot sterk uiteenloopende verhoudingscijfers, op grond, waarvan geen algemeene gevolgtrekkingen mogelijk zijn. Ik geef gaarne toe, dat mijne aanname, dat het gehalte aan V.S.B in het geheele verweeringssilikaat ongeveer de helft van het V.S.A is, nog slechts op enkele cijfers steunt, die bovendien vrij ver uit elkander liggen (0,41—0,59) en ik geef dus bij voorbaat toe, dat het wenschelijk is meer materiaal te verzamelen.

In dit verband zij het mij veroorloofd een beroep op de medewerking van onze Universiteiten en Hoogescholen te doen. Zij zouden een zeer nuttig werk kunnen verrichten door af en toe eens aan één der verder gevorderde studenten de analyse van eenige typische grondmonsters uit Nederland op te dragen. Het ligt voor de hand, dat de keuze van deze grondmonsters met zorg dient te geschieden. Bij voorbaat verklaar ik mij gaarne tot samenwerking bereid.

8. De in tabel V opgenomen grondmonsters.

1. Zware Zuiderzeeklei, onderzocht door van Bemmelen, Die landw. Versuchsstationen, Band 37 (1890), blz. 242—243. Volgens blz. 249 bevat dit monster ongeveer 1,7 % in water oplosbare zouten, afkomstig van het zeewater (in hoofdzaak sulfaten en chloriden) en verder nog 0,6 % pyriet. Ter berekening van de samenstelling van het V.S.A is de som genomen van wat in azijnzuur, verdund en sterk zoutzuur oploste (tabel 1, blz. 242).

Het gehalte aan kalk (CaO) in het V.S.A bedraagt slechts 0,50 %, een opmerkelijk laag gehalte voor zwaren kleigrond. Zeer waarschijnlijk hebben we hier met een natronkleigrond [7]) te doen.

2. Lichte Zuiderzeeklei, als sub 1, blz. 252/253.

3. Zware grauwe keileem I (LEOPOLD, blz. 31).

4. Lichte grauwe keileem II (LEOPOLD, blz. 31/32.

5. Rood keileem (LEOPOLD, blz. 32).

De nummers 6, 7 en 8 zijn afkomstig van een profiel, bemonsterd in September 1911 en gelegen in een perceel bouwland van den Heer H. O. WIJERS te Heteren, nabij de boerderij. Het land was nog nooit met kalk bemest, wel met thomasslakkenmeel, superphosphaat en kainiet. De reactie is in 1911 bepaald ten opzichte van lakmoespapier. De B-nummers hebben betrekking op de verzameling grondmonsters van de bodemkundige afdeeling.

6. B 51, rivierklei, 25 cM. diep, reactie neutraal.

7. B 52, rivierklei, ongeveer 60 cM. diep, bevat schelpjes, reactie zwak alcalisch.

TABEL V.

Procentische samenstelling.

De cijfers zijn opgegeven in gewichtsprocenten.	1 Zware zeeklei.	2 Lichte zeeklei.	3 Zware keileem.	4 Minder zware keileem.	5 Roode keileem.	6 Rivierklei.	7 Rivierklei.	8 Rivierklei.	9 Kleigrond.
Losgebonden water . .	0,0	0,0	6,5	5,5	2,3	4,8	5,0	8,2	0,0
Zouten	1,7	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pyriet	0,6	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Koolzure kalk	8,4	12,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0
Humus (+ N)	6,9	3,3	0,58	0,68	0,20				
V. S. A.	30,5	15,9	37,8	25,6	14,1	23,1	27,1	37,9	65,0
bestaande uit:									
Al_2O_3	6,50	2.53	8,65	5,06	3,18	4,54	5,17	7,49	12,93
SiO_2	11,74	7,20	18,33	11,27	6,10	9,14	10,58	15,53	27,18
Fe_2O_3	4,72	2,02	5,40	5,52	2,51	4,22	4,94	6,94	12,93
CaO	0,50	0,72	0,12	0,045	0.092	0,85	1,26	1,09	1,66
MgO	1,96	1,10	0,61	0,355	0,26	1,20	1,50	1,90	1,55
K_2O	1,07	0,535	1,02	0,67	0,45	0,50	0,60	0.74	1,77
Na_2O	0,21	0,205	0,08	0,018	0,018	0,20	0,20	0,20	
P_2O_5	0,17	0,11	0,03	0,03	0,03	0,14	0,12	0,16	
H_2O	3,60	1,50	3,56	2,63	1,41	2,35(*b*)	2,75(*b*)	3,35(*b*)	6,60(*b*)
V. S. B.	14,0	6,6	18,4	15,1	6,0	11,3(*b*)	13,3(*b*)	18,6(*b*)	31,9(*b*)
Onverweerde mineraalfragmenten	38,5	59,2	37,4	53,2	77,0	60,8(*b*)	52,7(*b*)	35,3(*b*)	3,1(*b*)
Som	100,6	100,0	100,7	100,2	99,6	100,0	100,0	100,0	100,0

7) Zie voor natronklei, deze Verslagen, n°. 24 (1920), blz. 190—202.

TABEL VI.

N°.	1 Zeeklei.	2 Zeeklei.	3 Keileem.	4 Keileem.	5 Roode keileem.	6 Rivierklei.	7 Rivierklei.	8 Rivierklei.	9 Kleefgrond.	Gem.
Moleculaire samenstelling van het V. S. A										
Al_2O_3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SiO_2	3,1	4,8	3,60	3,77	3,27	3,41	3,47	3,51	3,58	3,6
Fe_2O_3	0,47	0,51	0,40	0,70	0,52	0,61	0,61	0,60	0,64	0,56
CaO	0,42	0,52	0,02	0,02	0,05	0,34	0,41	0,27	0,23	—
MgO	0,76	1,10	0,18	0,19	0,20	0,67	0,78	0,64	0,30	—
K_2O	0,18	0,23	0,13	0,14	0,15	0,12	0,12	0,11	0,15	—
Na_2O	0,05	0,13	0,02	0,01	0,01	0,07	0,07	0,07	0,04	—
Som	1,4	1,98	0,35	0,36	0,41	1,20	1,41	1,09	0,72	—
H_2O	3,1	3,3	2,4	3,0	2,6	—	—	—	—	2,9

Gemiddelde moleculaire samenstelling van het verweeringssilikaat A:
V. S. A. = Al_2O_3 3,6 SiO_2 0,56 Fe_2O_3 Som basen 2,9 H_2O.

Moleculaire samenstelling van het V. S. B										
Al_2O_3	1	—	1	1	1	—	—	—	—	1
SiO_2	2,3	—	2,12	2,45	2,82	—	—	—	—	2,4
Fe_2O_3	0,03	—	0,04	0,05	0,07	—	—	—	—	0,05
CaO	0,02	—	—	0,01	0,03	—	—	—	—	—
MgO	0,04	—	—	0,10	0,21	—	—	—	—	—
K_2O	0,15	—	0,16	0,12	0,25	—	—	—	—	—
Na_2O	0,04	—	—	0,02	0,06	—	—	—	—	—
Som	0,25	—	0,16	0,25	0,55	—	—	—	—	—
H_2O	1,3	—	1,1	1,0	1,0	—	—	—	—	1,1

Gemiddelde moleculaire samenstelling van het verweeringssilikaat B:
V. S. B = Al_2O_3 2,4 SiO_2 0,05 Fe_2O_3 Som basen 1,1 H_2O.

8. B 53, laag van 75—100 cM.; zeer taaie klei, die slechts met groote moeite kan worden uitgegraven; reactie zeer zwak zuur.

9. Limburgsche Kleefgrond, B 144, spoorweginsnijding bij Croubeek, bovengrond (zie Verhandelingen van het Geologisch Mijnbouwkundig Genootschap voor Nederland en Koloniën; geologische Serie, Deel II, 1917, blz. 197—221).

Tabel V bevat nu de gehalten in gewichtsprocenten, gedeeltelijk op droge stof (losgebonden water = 0 %), gedeeltelijk op luchtdroog (% losgebonden H_2O opgegeven). De toevoeging (*b*) beteekent, dat het cijfer berekend is. De samenstelling van het V.S.B is niet opgegeven. Wel wordt de moleculaire samenstelling van dit verweeringssilikaat van enkele monsters in tabel VI medegedeeld. De volledige samenstelling van het V.S.B van het monster 3, zware grauwe keileem I (LEOPOLD), vindt men in tabel I.

Opmerkingen. 1. VAN BEMMELEN geeft zijne analyseresultaten niet altijd op overzichtelijke wijze. Bovendien worden soms meerdere cijfers opgegeven. Zij die in het origineel de in tabel V en VI opgenomen cijfers narekenen, kunnen dus mogelijk tot eenigszins andere resultaten komen. Veel zal het evenwel niet afwijken.

2. Zooals reeds werd opgemerkt, is het gehalte aan scheikundig gebonden water in het V.S.A van de drie rivierkleigronden en van het monster kleefgrond, alsmede het gehalte aan V.S.B berekend. Verder is aangenomen, dat de gehalten aan humus in deze vier monsters nagenoeg nul zijn, waarbij zeker geen groote fout gemaakt wordt. De gehalten aan Na_2O en P_2O_5 in het V.S.A van N°. 9 (kleefgrond) zijn niet bepaald. Voor het gehalte aan Na_2O is later voor de berekening van tabel VI 0,3 % aangenomen. Verder is het P_2O_5-gehalte op 0,1 % gesteld.

3. Door VAN KAMPEN is in de drie rivierkleigronden naast het gehalte aan Fe_2O_3 mede het gehalte aan Mn_3O_4 bepaald. In de overige monsters heeft deze scheiding van het ijzer en het mangaan niet plaats gevonden en heeft het voor Fe_2O_3 opgegeven cijfer dus ook op het mangaan betrekking. Om deze reden zijn ook voor de drie rivierkleigronden de ijzer- en mangaancijfers bij elkander gevoegd. Hier volgen de afzonderlijke cijfers [8]):

N°.	B	Fe_2O_3	+ Mn_3O_4	= samen	Uitw. CaO.
1	51	4,06 %	0,16 %	4,22 %	0,60 %
2	52	4,62 ,,	0,32 ,,	4,94 ,,	0,84 ,,
3	53	6,58 ,,	0,36 ,,	6,94 ,,	

Verder is in deze drie gronden ook de uitwisselbare kalk bepaald.

Op dezelfde wijze als uit tabel I de tabel III berekend is, is uit tabel V de moleculaire samenstelling van het V.S.A berekend en in tabel VI opgenomen. Verder is in deze tabel VI de moleculaire samenstelling van het V.S.B van een viertal monsters (nos. 1, 3, 4 en 5) opgenomen, waarvoor naar de betreffende literatuur verwezen wordt.

9. Verband tusschen het gehalte aan Al_2O_3 en de som (A + B).

Eene volledige analyse ter bepaling van het minerale verweeringscomplex A + B is zeer tijdroovend. Bij benadering kan het gehalte aan dit complex op eenvoudige wijze geschat worden. Er bestaat n.l. eenig verband tusschen het gehalte aan Al_2O_3 in het V.S.A en het gehalte aan minerale verweeringsproducten (A + B), zooals uit de volgende tabel blijkt:

8) Door D. H. WESTER zijn eveneens eenige grondmonsters uit Nederland op mangaan onderzocht; zie Int. Mitt. für Bodenkunde, Band XIII (1923), blz. 1—5.

TABEL VII.

Grondmonster Nos.	1	2	3	4	5
Type.	Zware Zuiderzeeklei.	Lichte Zuiderzeeklei.	Zwaar grauw keileem.	Grauw keileem.	Rood keileem.
Gehalte aan A + B .	44,5	22,5	56,2	40,7	20,1
Al_2O_3 in V. S. A. . .	6,5	2,53	8,65	5,06	3,18
(A + B): Al_2O_3 = .	6,8	8,9	6,5	8,0	6,3
$Al_2O_3 \times 7,3$ =. . .	47,5	18,5	63,1	36,9	23,2

De verhoudingscijfers loopen vrij sterk uiteen, van 6,3 tot 8,9, gem. 7,3. Alleen bij grove benadering zal men derhalve uit het gehalte aan Al_2O_3, oplosbaar in sterk kokend HCl (en loog), door vermenigvuldiging met 7,3 het gehalte aan verweeringscomplex A + B mogen berekenen. Ten overvloede blijkt dit uit de cijfers van de onderste rij, die berekend zijn door het Al_2O_3-cijfer met 7,3 te vermenigvuldigen.

10. Bespreking van tabel V en VI.

Er blijkt een vrij groote overeenkomst in samenstelling te bestaan tusschen de verweeringssilikaten A van de 9 onderzochte Nederlandsche gronden. De gemiddelde moleculaire samenstelling van het V.S.A is:

$$Al_2O_3\ 3,6\ SiO_2\ 0,56\ Fe_2O_3\ 2,9\ H_2O + \text{basen.}$$

Het gehalte aan basen loopt natuurlijk uiteen. Het rijkst aan basen is het silikaat A van de versche zeeklei. Bij N°. 1 (zware Zuiderzeeklei) moet men bedenken, dat het kalkgehalte hier laag is (natronklei). De rivierkleigronden bezitten ook nog een vrij hoog gehalte aan basen in het V.S.A. De drie keileemen daarentegen hebben reeds een groot gedeelte van hunne basen verloren. De grootste verandering ondergaan de gehalten aan kalk en magnesia, terwijl het gehalte aan kali slechts geringe wijzigingen ondergaat.

Ook de moleculaire samenstelling van het V.S.B van de verschillende monsters ontloopt elkander niet veel. De gemiddelde moleculaire samenstelling van het V.S.B is:

$$Al_2O_3\ 2,4\ SiO_2\ 0,05\ Fe_2O_3\ 1,1\ H_2O + \text{basen.}$$

Dit silikaat is arm aan basen. Men moet bedenken, dat het sterke zwavelzuur bij kookhitte de mineraalfragmenten iets aantast. Bij een grond met een laag gehalte aan V.S.B en een hoog gehalte aan mineraalfragmenten, zooals het roode keileem (N°. 5),

kan dit reeds sterk op de samenstelling van B influenceeren (hooge gehalte aan SiO_2, MgO en K_2O).

Zooals reeds werd opgemerkt is het gehalte aan V.S.B bij eenige benadering ongeveer de helft van het gehalte aan V.S.A.

Men zal opmerken, dat het aantal onderzochte monsters nog zeer gering is. Slechts een 5-tal zijn volledig onderzocht, terwijl van een viertal alleen de samenstelling van het V.S.A bepaald is. Dit moet worden toegegeven. Daartegenover staat evenwel, dat de monsters vier typen vertegenwoordigen, n.l. zeeklei (aluvium), rivierklei (aluvium), keileem (diluvium) en kleefgrond (verweering van de krijtformatie). Hoewel dus op den voorgrond staat, dat verder onderzoek noodig is, kan men toch als voorloopige conclusie wel zeggen, dat de samenstelling van het minerale verweeringsproduct in de onderzochte gronden van zeer verschillend geologischen herkomst elkander niet veel ontloopt.

Een verdere verweering dan tot het verweeringscomplex A + B is tot nu toe in de Nederlandsche gronden nog niet geconstateerd. Zooals bekend, kunnen zich onder andere omstandigheden andere verweeringsproducten vormen (lateriet, kaolien). Zoo verwijs ik b.v. naar de door VAN BEMMELEN onderzochte laterietachtige gronden van Deli en Suriname, waarin het V.S.A een meer basisch karakter krijgt (Al_2O_3 1,5 SiO_2, Al_2O_3 1,0 SiO_2 en minder SiO_2). Ik ga nu niet nader op de factoren, die hierbij een rol spelen (klimaat, grondwaterstand, ligging, onderlagen, gesteente) in, doch verwijs naar de betreffende litteratuur [9])

11. Scheikundige definitie van klei.

In alle op dit punt onderzochte gronden in Nederland wordt dus een verweeringsproduct A + B van nagenoeg dezelfde samenstelling aangetroffen. De hoeveelheid van dit product, welke in de verschillende gronden voorkomt, loopt evenwel sterk uiteen. Hoe zandiger de grond is, des te minder A + B bevat hij. In zuivere zandgronden is het gehalte praktisch nul. Naarmate de grond zwaarder wordt, stijgt het gehalte aan A + B, zooals nog eens ten overvloede uit onderstaande tabel blijken kan.

TABEL VIII.

	A	+	B	=	A + B
zware zeeklei	30,5	+	14,0	=	44,5 %
lichte zeeklei	15,9	+	6,6	=	22,5 ,,
zware keileem	37,8	+	18,4	=	56,2 ,,
minder zware keileem	25,6	+	15,1	=	40,7 ,,
zandige keileem	14,1	+	6,0	=	20,1 ,,
rivierklei, naar	23,1	+	11,3	=	34,4 ,,
de diepte toe in	27,1	+	13,3	=	40,4 ,,
zwaarte toenemend	37,9	+	18,6	=	56,5 ,,
kleefgrond	65,0	+	31,9	=	96,9 ,,

9) Zie o.a. de literatuur in noot 5.

Er bestaat dus ongetwijfeld verband tusschen de zwaarte van den grond en zijn gehalte aan het verweeringscomplex [10]). Verder is het bekend, dat de voornaamste eigenschappen van de kleigronden, n.l. het adsorptievermogen voor water en basen, in dit complex A + B zetelen. Er valt dus iets voor te zeggen, om dit verweeringscomplex A + B met den naam van klei te bestempelen. Dit zou men dan de scheikundige definitie van klei kunnen noemen. Intusschen denken we bij klei niet alleen aan een stof, van bepaalde scheikundige samenstelling, maar mede aan een stof, wier deeltjes bepaalde en wel kleine afmetingen bezitten. Klei heeft niet alleen een scheikundig, maar ook een natuurkundig begrip. Het volgende hoofdstuk zal dit punt nader behandelen.

HOOFDSTUK II.

De mechanische omschrijving van het begrip klei.

Zooals reeds werd opgemerkt, is de verweering niet alleen eene scheikundige verandering, maar gaat zij mede met eene vergruizeling van de gesteenten gepaard. De verweerde minerale producten zullen tengevolge daarvan meer tot de kleinere bodemdeeltjes behooren, de onverweerde mineraalfragmenten meer tot de grovere. Hier krijgt het verweeringsmateriaal een physisch begrip: deeltjes van kleine afmetingen. Door een mechanisch grondonderzoek worden de gronddeeltjes in groepen van verschillende grootte gescheiden. Wat vindt bij deze scheiding met de verweerde en de onverweerde minerale bestanddeelen plaats? Alvorens deze vraag te beantwoorden, een kort woord over de methode van het mechanisch grondonderzoek.

12. De methode van het mechanisch grondonderzoek.

In korte trekken komt elke methode van het mechanisch grondonderzoek hierop neer, dat de grond eerst de een of andere vóórbewerking ondergaat (koken of aanroeren of aanwrijven met water, koken met zuren, schudden met water, enz.), welke ten doel heeft de samengekitte gronddeeltjes los van elkander te krijgen. Daarna worden de gronddeeltjes door zeeven en door de werking van het water in groepen van deeltjes van verschillende grootte gesplitst. De werking van het water kan op tweeërlei wijze geschieden; òf door stroomend water te gebruiken, zooals in de slibapparaten van SCHÖNE, KOPECKY en dergelijke, òf door de bodemdeeltjes in stilstaand water te laten bezinken, zooals in de slibcylinders van KÜHN en ATTERBERG en later in de apparaten van WIEGNER, ODÉN, KRAUSS en ROBINSON. Ten slotte is het dan nog de vraag, in welke

10) Men verlieze niet uit het oog, dat ook andere factoren van invloed op de zwaarte van den grond zijn. Zoo vond bijv. HOUTMAN, dat sommige zeer zware gronden op Java tengevolge van hun hoog gehalte aan ijzer een gunstige structuur bezaten. Cultura, 27ste jrg. (1915), blz. 90—92.

groepen of fracties de bodemdeeltjes vereenigd moeten worden. Ten opzichte van deze indeeling heerscht geen eensgezindheid. In den laatsten tijd gaat men er meer en meer toe over de volgende indeeling van ATTERBERG te gebruiken [11]):

fractie I, deeltjes kleiner dan 0,002 millimeter = 2 micra middellijn;

fractie II, deeltjes van 2—20 micra middellijn;

fractie III, deeltjes van 20—200 micra middellijn;

fractie IV, deeltjes van 0,2—2 m.M. middellijn.

Ook ten opzichte van de vóórbewerking heerscht geen eensgezindheid. Wel past iedere onderzoeker, ten einde de samengekitte gronddeeltjes los van elkander te krijgen, eene voorbewerking toe. Het materiaal, waarmede de gronddeeltjes samengekit worden, is drieërlei, te weten: de uitgevlokte minerale gels van kiezelzuur, aluminiumoxyd, ijzeroxyd; de uitgevlokte organische bestanddeelen (humusgels) en de koolzure kalk, welke eerst als calciumbicarbonaat opgelost is en daarnà om de gronddeeltjes als calciumcarbonaat is afgezet. Van welk een grooten invloed de wijze van vóórbewerking op het verkregen resultaat is, kan uit de volgende cijfers blijken [12]). Zij hebben betrekking op een monster zware kleigrond (B 53), op de gewone wijze aan de lucht gedroogd, daarnà in een mortier voorzichtig fijngestampt en fijngewreven en door een zeef van 2 m.M. gezeefd. De cijfers hebben betrekking op den luchtdrogen grond, met 8,1 % vocht; het monster bevatte geen koolzure kalk en geen humus. De som van de fractie I + II + III + IV is dus 100 — 8,1 = 91,9.

TABEL IX.

No.	Wijze van vóórbewerking.	Gehalten in procenten aan fractie.			
		I.	II.	I + II.	III + IV.
1	Afslibben met water, zonder eenige vóórbewerking	12,4	30,3	42,7	49,2
2	Aanroeren met zoutzuur (0,2 N.), afslibben met water	20,3	39,1	59,4	32,5
3	Eenmaal schudden met water, afslibben met water	38,0	40,3	78,3	13,6
4	Eenmaal schudden met ammonia, afslibben met water	36,7	40,6	77,3	14,6
5	Eenmaal schudden met ammonia, afslibben met ammonia	52,7	29,8	82,5	9,4
6	Roteeren met zoutzuur (0,2 N.), afslibben met water tot HCl verwijderd is, daarna afslibben met ammonia	57,5	27,8	85,3	6,6

11) Een schrede verder op dezen weg is het voorstel om de resultaten van het mechanisch grondonderzoek in slibcurven uit te drukken (WIEGNER, ODEN, ROBINSON). Men moet hierbij evenwel met volkomen elektrolytvrije suspensie's werken en dient dus nà de vóórbewerking met H_2O_2, HCl, enz. eerst de elektrolyten te verwijderen, wat nogal bezwaren oplevert. Men kan ook niet altijd de schudmethode als vóórbewerkingsmethode gebruiken, omdat ook zelfs de geringe hoeveelheden elektrolyten, die in de meeste gronden aanwezig zijn, reeds storend bij de methode van WIEGNER, ODEN, e.a. inwerken.

12) Deze cijfers zijn ontleend aan eene vroegere publicatie. Zie o.a. Int. Mitt. für Bodenkunde, Band XI (1921), blz. 1—11.

De deeltjes van fractie III + IV worden gewoonlijk de zandige deelen genoemd. Al naargelang van de vóórbewerking zijn in één en hetzelfde monster gehalten van 6,6 % tot 49,2 % aan zandige deelen gevonden en omgekeerd 85,3 % tot 42,7 % aan zoogenaamde afslibbare deelen (deeltjes kleiner dan 20 micra).

Het spreekt wel vanzelf, dat van eenige nomenclatuur en klassificatie op grond van de resultaten van een mechanisch grondonderzoek geen sprake kan zijn, zoolang men niet meer inzicht heeft in de wijze, waarop de vóórbewerking van het grondmonster dient te geschieden. Dat de resultaten van verschillende onderzoekers met dergelijk uiteenloopende methoden verkregen, niet voor onderlinge vergelijking vatbaar zijn, ligt mede voor de hand. Ik hoop binnenkort in een afzonderlijke publicatie uiteen te zetten, welke motieven mij tot de volgende vóórbewerking van het grondmonster geleid hebben.

13. Vóórbewerking van het grondmonster.

10 gram van het luchtdroge en gezeefde monster (zeef 2 m.M.) worden in een hoog bekerglas van 750 cc. met 50 cc. waterstofsuperoxyd van 20 % (het dertigprocentige uit den handel van 2 op 3 verdunnen) gedurende 30 minuten op een kokend waterbad behandeld. Naarmate de grond meer humus en klei bevat, vindt het schuimen in sterkere mate plaats. Men moet dan voor overschuimen oppassen en doet het best het bekerglas op het toegedekte waterbad te plaatsen en af en toe van het waterbad af te nemen. Daarnà worden de aan de wanden van het bekerglas klevende gronddeeltjes met een weinig water naar beneden gespoeld en opnieuw gedurende 15 minuten met 25 cc. 20 % H_2O_2 op het kokende waterbad behandeld.

Bij sterk humushoudende gronden (in het algemeen gronden met meer dan ongeveer 20 % humus) wordt op deze wijze niet alle humus gedestrueerd. Men kan dan nog eens met H_2O_2 behandelen. Bij eene serie laagveengronden met meer dan 30 % humus is den grond vooraf zacht gegloeid. *)

Bij de waterstofsuperoxyd-behandeling worden de macroscopische organische resten van wortels en takjes, enz. niet geheel gedestrueerd. Deze dienen bij het zeeven zooveel mogelijk verwijderd te worden. De fout, die zij later veroorzaken, is evenwel niet groot.

Nà de behandeling met H_2O_2 wordt gedurende 15 minuten met zooveel 0,2 N HCl gekookt, dat totaal 100 cc. meer gebruikt worden dan voor het oplossen van de koolzure kalk noodig is. Bij een grond met bijv. 8,6 % $CaCO_3$ wordt dus 186 cc. 0,2 N HCl gebruikt (voor 10 gram luchtdroge grond).

De massa wordt daarnà uit het bekerglas in den slibcylinder gespoeld en eerst met gedestilleerd water afgeslibd, totdat het zoutzuur en de opgeloste elektrolyten verwijderd zijn. Men bemerkt

*) Naschrift. Bij verder onderzoek is gebleken, dat vooraf gloeien ongewenscht is.

dit, doordat de vloeistof in den slibcylinder, die aanvankelijk onder invloed van de elektrolyten (zouten en zoutzuur) uitvlokte, troebel blijft. Vanaf dit oogenblik wordt verder met 0,1 normaal ammonia afgeslibd.

Het afslibben van fractie I vindt plaats volgens ATTERBERG en wel een kolom van 10 c.M. hoogte gedurende 8 uur of 20 c.M. hoogte gedurende 16 uur. Na afslibben van fractie I met 0,1 N ammonia worden fractie II en III met water afgeslibd. De fracties II, III en IV worden in porceleinen schaaltjes ingedampt en bij 105° C. gedroogd.

14. De verdeeling van het verweerde en het onverweerde over de verschillende fractie's.

De vraag, die thans beantwoord moet worden, is deze, waar de verweerde minerale bestanddeelen en de onverweerde mineraalfragmenten bij de slibanalyse terecht komen. Het ligt voor de hand te verwachten, dat de kleinere fracties (I + II) rijker aan verweeringsmateriaal en de grootere fracties (III + IV) rijker aan mineraalfragmenten zullen zijn.

Wat de mineraalfragmenten betreft, uit onderzoekingen van SJOLLEMA, LEOPOLD en FROSTERUS is bekend, dat onverweerde mineraalfragmenten zeer kleine afmetingen kunnen bezitten. SJOLLEMA [6]) vermeldt de aanwezigheid van kwartskorrels van ongeveer 2 à 3 micra middellijn in een monster zavelgrond van Middelstum (Groningen). Volgens LEOPOLD (noot 2, blz. 5) blijft bij het slibben slechts een gedeelte van het eigenlijke „zand" achter; de zeer fijne zanddeeltjes, zoo goed als geheel uit kwarts bestaande, worden tegelijk met de eigenlijke klei weggespoeld. FROSTERUS constateerde een groote hoeveelheid zeer fijn meelzand van kleiner middellijn dan 2 micra in een grond uit Finland [13]). Ook de fracties I en II kunnen dus, naast het verweerde materiaal, nog onverweerde mineraalfragmenten bevatten. De hoeveelheid ervan zal voor verschillende gronden wel verschillend zijn. Bovendien zal de wijze van vóórbewerking van het grondmonster vóór het afslibben ongetwijfeld invloed uitoefenen. Bij minder krachtige vóórbewerking zullen de mineraalfragmenten kleiner dan 20 micra, die dus in fractie I + II thuis hooren, meer of minder samengekit blijven en bij het afslibben althans gedeeltelijk in de fracties van grootere middellijn (III, IV) terecht kunnen komen.

Omtrent het lot van de verweerde minerale bestanddeelen bij het slibben is — voor zoover mij bekend — nog nooit een nauwkeurig onderzoek ingesteld, d. w. z. een onderzoek van de verschillende fracties op de gehalten aan verweeringssilikaten A + B volgens VAN BEMMELEN. Bij een minder intensieve vóórbewerking van het grondmonster vóór het slibben, bijv. bij het aanroeren of koken van den grond met water, verkrijgt men bij kleigronden

13) Zur Frage nach der Einteilung der Böden in Nordwest-Europas Moränengebieten, I—V, von BENJ. FROSTERUS und K. GLINKA, Helsingfors 1914; III, blz. 18—19.

— en vooral bij zware kleigronden — een fractie III, die bij indrogen een harde massa geeft. Ik meen, dat dit wijst op de aanwezigheid van verweerde bestanddeelen in deze fractie. Volgt men de hierboven beschreven vóórbewerking (H_2O_2, HCl en afslibben van fractie I met ammonia), dan is fractie III een vrij losse massa, die soms nog wel eenigen samenhang bezit, maar deze toch reeds bij voorzichtig wrijven tusschen de vingers verliest. Op gevoel af is fractie III dan, wat wij zouden noemen „*zandig*". Fractie IV is dit natuurlijk in nog uitgesprokener mate. In fractie II nemen we daarentegen al meer het samenbakken waar, dat kleigronden bij indrogen doen. Dit alles maakt den indruk, dat fractie II, ook bij mijne vóórbewerking, nog vrij wat verweerd materiaal bevat, terwijl fractie III daarentegen, althans in hoofdzaak, uit onverweerde mineraalfragmenten bestaat. Zooals reeds opgemerkt, kan alleen een scheikundig onderzoek hier nauwkeurige gegevens verschaffen.

Aanvankelijk meende ik op grond van een onderzoek van SJOLLEMA [6]) op eenvoudiger wijze een antwoord te kunnen geven op de vraag of in de fracties II en III naast de mineraalfragmenten ook verweerde bestanddeelen voorkomen. Met eene oplossing van melhylviolet in water behandeld, zouden de kwartskorrels en de onverweerde mineraalfragmenten volgens SJOLLEMA ongekleurd blijven, terwijl de verweerde minerale bestanddeelen (SJOLLEMA spreekt van de colloide stoffen) zich kleuren. Een voorloopig onderzoek met enkele gronden heeft nu evenwel uitgemaakt, dat ook fractie III nog kleurstof opneemt. Er deden zich bij de onderzochte monsters verschillen voor, maar steeds adsorbeerden de deeltjes van fractie III kleurstof. Of men hieruit nu evenwel mag afleiden, dat in deze fractie verweerde minerale bestanddeelen voorkomen, is nog niet zeker. Onder de microscoop bekeken blijken ook de mineralen zich iets te kleuren. De zaak is mede daarom niet zoo eenvoudig, omdat we hier met een adsorptieverschijnsel te doen hebben en de hoeveelheid kleurstof, die de grond uit de oplossing adsorbeert, van de concentratie aan kleurstof afhangt [14]).

Wat fractie II betreft, hierin treft men nà behandeling met de oplossing van methylviolet vrij wat donkergekleurde deeltjes onder de microscoop aan. Het is wel vrij zeker, dat een gedeelte van fractie II nog uit verweeringsproducten bestaat.

Ten gunste van deze opvatting spreken ook de volgende feiten. Zooals reeds is medegedeeld bedraagt het gehalte aan vastgebonden water in het verweeringscomplex A + B, in procenten op A + B, gemiddeld ongeveer 8,6 %. Voor fractie II werd bij enkele monsters gevonden 4—8 %, en voor fractie III gem. 1 % (max. 1,3 %,

14) Ook KÖNIG (Fünfte Auflage, Erster Band, 1923, Seite 13) vermeldt, dat de grovere fractie's nog methylviolet adsorbeeren. Uit het onderzoek van O. KLEINE-MÖLLHOFF blijkt niet, of het deze onderzoeker bekend was, dat de hoeveelheid opgenomen methylviolet mede van de concentratie afhangt. Zijne cijfers zijn dus voorloopig met eenige reserve aan te nemen.

min. 0,8 %), beide cijfers telkens in procenten op de fractie. Een gedeelte van dit scheikundig gebonden water is ongetwijfeld kristalwater van de in fractie II en III voorkomende mineralen. Voor zoover men op grond van dit voorloopig onderzoek zeggen kan, komen minerale verweeringsproducten in fractie III slechts in geringe hoeveelheid voor [15]).

15. Recapitulatie.

De resultaten van het mechanisch grondonderzoek (zeeven en slibanalyse) hangen in hooge mate van de vóórbewerking van het grondmonster af. Op dit feit mag nog wel eens de aandacht gevestigd worden. De slibmethode lijkt eene zeer eenvoudige methode te zijn en is op grond van deze schijnbare eenvoudigheid zeer geliefd. Uit de op blz. 185 gegeven tabel IX blijkt evenwel, dat de afwijkingen, die men bij één en hetzelfde monster verkrijgen kan — al naargelang van de vóórbewerking die men kiest — zeer aanzienlijk zijn. Het is mij gebleken, dat dit feit aan velen onbekend is. Aangaande de wijze van vóórbewerking heerscht geen eensgezindheid. Naar mijne meening dienen de samengekitte deelen zoo volledig mogelijk van elkander te worden losgemaakt, zonder dat daarbij de gronddeeltjes grooter dan 2 micra worden aangetast. Ik meen deze vóórbewerking in de beschreven behandeling met H_2O_2—HCl—NH_4OH gevonden te hebben.

Hoe de verweeringsproducten en de onverweerde mineraalfragmenten zich nà deze vóórbewerking over de verschillende fracties I, II, III en IV verdeelen, is nog niet nauwkeurig nagegaan. Daartoe is een scheikundig onderzoek van de verschillende fracties volgens VAN BEMMELEN op de aanwezigheid van de complexen A en B noodig. Zeer waarschijnlijk bestaat de fractie IV (2—0,2 m.M.) geheel en de fractie III (20—200 micra) grootendeels uit mineraalfragmenten. In fractie II (2—20 micra) komen daarentegen naast veel mineraalfragmenten ook verweeringsproducten voor, het is de gemengde fractie bij uitnemendheid. Fractie I (kleiner dan 2 micra) bestaat grootendeels uit verweeringsmateriaal, doch kan bij sommige gronden ook vrij groote hoeveelheden onverweerde mineraalfragmenten (fijn kwartsmeel) bevatten.

De hierboven (blz. 183) gegeven scheikundige definitie van klei, als zijnde de som van de minerale verweeringscomplexen A + B, dekt zich dus met geen enkele der vier fracties van ATTERBERG en trouwens evenmin met eenige andere fractie. Aangezien de fracties III en IV vermoedelijk weinig verweerd materiaal bevatten, terwijl daartegenover in fractie I + II vrij veel onverweerd voorkomt, zal gewoonlijk het gehalte aan A + B vrij veel

15) Voor onderzoekingen betr. het gehalte aan scheikundig gebonden water in de minerale bestanddeelen van de verschillende fractie's moet men vooral van humusvrije gronden uitgaan. Bij het onderzoek van een serie humuskleigronden bleven, zelfs nà gloeien en koken met waterstofsuperoxyd van het grondmonster, nog kleine hoeveelheden humus in de fractie's achter.

minder zijn dan het gehalte aan I + II, wat uit onderstaand overzicht blijkt [16]).

N°. B.	Benaming.	A + B.	I + II.	Percentage A + B van I + II.
	Keileem	56,2	72,5	77,5
51	Rivierklei . . .	36,0	57,1	63,0
52	„ . . .	41,9	ongev. 62	67,6
53	„ . . .	61,1	85,3	71,6
			gemiddeld	70,0

Mechanische definitie van klei; opvattingen van Odén.

Naast de scheikundige definitie van klei, als zijnde de som van de verweeringscomplexen A + B, bestaat er ook een mechanische definitie van klei, welke klei opvat als zijnde deeltjes van kleine afmetingen. Onlangs heeft ODÉN en pleidooi voor deze mechanische of physische definitie van klei gegeven. Het is geschied in de vergadering van de Faraday Society, gehouden te Londen op 31 Mei 1921. De voordracht van ODÉN en van anderen op dit gebied, alsmede de discussies zijn gepubliceerd in de *Transactions of the Faraday Society,* Vol. XVII, Part. 2, February 1922 [17]). Aangezien deze *Transactions* slechts weinige lezers ten dienste staan, meen ik goed te doen aan de hand van eenige aanhalingen de meening van ODÉN wat uitvoeriger toe te lichten.

ODÉN sluit zich aan bij de reeds vroeger door HALL (*The Soil,* 1912, pagina 34—39) gegeven opvatting. Volgens ODÉN is het niet „the chemical nature of the substance which characterises clay, but, before everything, the fineness of the constituents". En hij geeft de volgende definitie van klei: „Clays are disperse formations of mineral fragments in which particles of smaller dimensions than 2 micra predominate". En hij onderstreept deze opvatting nog eens als volgt, dat „it is not the chemical nor the mineralogical constitution of the material but only its state of division, which decides the apparent properties of clays". Intusschen laat hij er direct op volgen, dat „the chemical nature of the constituents plays, of course, an important role in the agricultural and technical valuation, and in the more minute characterisation of the different clays".

16) Het gehalte aan scheikundig gebonden water in procenten op A + B is volgens blz. 177 gem. 8.6 %. Bij het onderzoek van een groot aantal humusvrije kleigronden is het gehalte aan scheikundig gebonden water in procenten op fractie I + II gevonden op 6,3 %. Hieruit laat zich berekenen, dat deze fractie I + II in de onderzochte gronden voor gem. 630 : 8,6 = 73,3 % uit verweeringsmateriaal A + B bestaat. Dit klopt vrij aardig met het gemiddelde van 70,0 %, gevonden volgens het tabelletje op blz. 190, al moet worden toegegeven, dat dit laatste cijfer uit vrij sterk afwijkende cijfers (63,0 — 77,5) berekend is.

17) Ik mag er wel de aandacht op vestigen, dat op de vergadering van 31 Mei 1921 te Londen talrijke zeer belangrijke vraagstukken op bodemkundig gebied behandeld werden. Ze zijn in een afzonderlijk deeltje verschenen, onder de titel Physico-Chemical Problems relating to the Soil. A general discussion held by the Faraday Society.

In het debat deelde HALL mede, dat hij nà het verschijnen van zijn boek „The Soil" een brief van HILGARD uit Californië ontvangen had, waarin deze schrijft: „If you had got the experience we have in this country of the soils and the soil areas formed in the valleys in some of our rivers, entirely formed by the washing down of finely powdered quartz from the gold mines, and noted the extraordinary physical behaviour of their soils, you would cease to beleave that it is merely a question of fineness of grading to convert a quartz into a clay". Wat HILGARD dus zeggen wil is dit, dat in Californië voorkomen gronden, die voor een groot deel uit zeer fijn kwartsmeel bestaan, blijkbaar kleiner dan 2 micra middellijn en die dus volgens een zuiver mechanische definitie tot de kleigronden behooren, doch die in hun physisch gedrag zeer sterk van kleigronden afwijken. HALL voegt hier dan verder aan toe: „Later I had experience of certain soils in this country rich in fine silt particles which though heavy enough to be popularly called clays, have an entirely different behaviour from typical clay soils. We get these very fine siliceous soils, which are not colloidal, if I may use this term to cover our ignorance. These soils slip abominably, but they do not flocculate and they cannot be brought into the tilth which characterises the true clay, such as is derived from the London clay".

Ik sluit mij in de eerste plaats bij het door HALL geopperde bezwaar aan. In het volgende hoofdstuk zal ik een voorbeeld van een grond behandelen, waarvan de deeltjes kleiner dan 2 micra zeer veel fijn kwartsmeel bevatten en die zich niettegenstaande zijn hoog gehalte aan fractie I, toch geheel verschillend van kleigrond gedraagt. Het bezwaar van HALL komt hierop neer, dat niet alleen de afmeting van de deeltjes, maar ook de scheikundige samenstelling van deze deeltjes een rol speelt. Deze opmerking geldt vooral, wanneer gronden van verschillend type met elkander vergeleken worden. Zoo kan laterietgrond wel rijk aan fractie I zijn en toch geenszins het karakter van onze kleigronden bezitten.

Verder is een bezwaar van de door ODÉN gegeven definitie, dat zij geen rekening houdt met de deeltjes grooter dan 2 micra. Vooral de fractie II (2—20 micra) schijnt mij een niet onbelangrijke rol in het kleitype te spelen. Ik merk ten slotte nog op, dat de hoeveelheid klei, die men volgens de physische en mechanische definitie van ODÉN in een grond aantreft (deeltjes kleiner dan 2 micra) in hooge mate van de vóórbewerking van het grondmonster bij de mechanische analyse afhangt. Dit mogen zij, die zeer kritisch tegenover de volgens de scheikundige methode (VAN BEMMELEN, A + B) verkregen resultaten staan, wel eens bedenken.

HOOFDSTUK III.

Kleigronden, leemgronden en zandgronden.

Op grond van de beschouwingen in de beide vorige hoofdstukken gegeven, kom ik tot de conclusie, dat klei en ook zand is een dualistisch begrip en dat eene definitie hiermede rekening moet houden, d. w. z. zoowel het scheikundig als het mechanisch begrip moet omvatten. Alvorens nu een definitie van wat onder klei en mede onder leem en zand te verstaan is, te geven, meen ik goed te doen na te gaan, wat in de landbouwpraktijk onder klei-, leem- en zandgronden wordt verstaan.

Het gemakkelijkst is eene beschrijving te geven van de meest karakteristieke eigenschappen, die de praktijk voor de typische kleigronden en zandgronden opgeeft.

17. Zandgronden en kleigronden.

De deeltjes van de zandgronden bakken niet aan elkander; bij het wrijven tusschen de vingers valt de grond uiteen. Men voelt de scherpe kanten van de enkele gronddeeltjes; de zandgronden voelen „zandig" aan. De zandgronden laten het water vlug door en houden het water slecht vast; in luchtdrogen toestand bevatten zij slechts geringe hoeveelheden losgebonden water. De kleigronden voelen in natten toestand vettig aan; zij kleven aan de vingers. Bij het indrogen vindt inkrimping plaats; er vormen zich harde kluiten. De waterbeweging in de kleigronden is langzaam. Zij bezitten een groot waterbindend vermogen; in luchtdrogen toestand bezitten de kleigronden nog meerdere procenten losgebonden water. Met water gemengd, laten de kleigronden zich vormen en kneeden, zij bezitten plasticiteit.

Ook ten opzichte van den vruchtbaarheidstoestand bestaan verschillen. De typische zandgronden zijn arm aan plantenvoedende bestanddeelen in vergelijking met de kleigronden.

18. Leemgronden.

Sommigen meenen nu, dat men aan deze twee hoofdgroepen genoeg heeft en de overgangsvormen als zandige kleigronden, enz. kan omschrijven. Anderen meenen, dat de leemgronden een afzonderlijke hoofdgroep vormen. Deze groep staat tusschen de kleigronden en de zandgronden in en heeft met beide groepen veel punten gemeen. De omschrijving van den leemgrond wordt daardoor moeilijker. Ik laat hier de omschrijving van eenige buitenlandsche onderzoekers voorafgaan.

Ramann (Bodenkunde) geeft een zeer uitvoerige beschrijving (blz. 549—553), waaruit ik het volgende aanstip: „Die Lehmböden bestehen aus einer Mischung von Sand und tonigen Bestandteilen; je nach der Menge derselben unterscheidet man sandigen Lehm, Lehm oder reinen Lehmboden und festen oder strengen Lehmboden. In chemischer und mineralogischer Beziehung bestehen die

tonigen, abschlämmbaren Bestandteile aus feinst zerriebenen oder zerfallenen Mineralteilen, Kaolingel und andern wasserhaltigen Silikaten. Die Krümelbildung wirkt bei den Lehmböden in günstiger Weise ein; sie tritt um so schwieriger ein und der Boden ist um so leichter einer Zerstörung derselben (zumal Verschlämmung durch die mechanische Kraft der Regentropfen) ausgesetzt, je höher der Gehalt an sehr feinkörnigen Bestandteilen ist. Für alle festen und schweren Lehmböden, zum Teil auch für die reinen Lehmböden, ist die Bodendecke von grosser Wichtigkeit. Zumal im Laubwalde erfolgt durch Freilegung des Bodens während der Winterszeit sowie durch die Wirkung der Traufe in belaubten Zustande leicht Verschlämmung und Verdichtung der obersten Bodenschicht. Der sandige Lehmboden ist feucht bindig; trocken stäubt er stark. Der Gehalt an Sand ist noch deutlich erkennbar. Reine Lehmböden sind Bodenarten, die den Sandgehalt erst beim Aufschlämmen mit Wasser oder beim Zerdrücken erkennen lassen, zugleich aber noch nicht so reichlich tonige Bestandteile erhalten, dass die ganze Masse plastisch wird. Die festen Lehmböden sind sehr dicht und fest gelagert, ohne jedoch stets eine ungewöhnlich grosse Menge abschlämmbarer Stoffe zu enthalten; die schweren Lehmböden sind reich an abschlämmbaren Stoffen."

Kopecky (Die Klassifikation der Bodenarten, 1913, Seite 9) omschrijft de leemgrond „als eine solche Bodenart, welche zwischen den Fingern ebenso gut zerfällt wie die sandigen Bodenarten, nur fühlt man beim Reiben keine gröberen und scharfen Körner. Die Staubteilen (naam voor fractie II) machen den Boden mürb, ohne dass sie zwischen den Fingern fühlbar sind".

Het uitvoerigst is Frosterus in zijne beschrijving, niet alleen van het leemtype, maar mede van de verschillen tusschen kleigronden, leemgronden en zandgronden. De studies van Frosterus zijn verschenen als verhandelingen van de commissie voor de nomenclatuur, ingesteld in 1910 door de tweede internationale bodemkundige Conferentie (Stockholm) en verschenen in 1914 onder den titel van: Zur Frage nach der Einteilung der Böden in Nordwest-Europas Moränengebieten. I—V. Aangezien deze publicatie van Frosterus weinig bekend is, zal ik zijne beschouwingen wat uitvoeriger refereeren.

Als ruwe onderscheidingsmiddelen op het veld geeft Frosterus in de eerste plaats aan te letten op de glans van het snijvlak, (II, blz. 22): „Sehr plastische Tone haben gewöhnlich eine stark glänzende, mit Sand oder Schlamm gemischte Tone eine matte Schnittfläche. Auch die Fettigkeit des Materials ist in gleicher Weise verschieden. Ein plastischer Ton fühlt sich fett, ein schlammreicher Ton rauh an und schliesslich sind die typischen Lehmbodenarten (Finsch: Mo-bodenarten) in getrocknetem Zustand so locker, dass sie leicht mehlen, wenn man mit dem Finger darüber führt".

Bij onderzoek op het laboratorium treden de volgende verschilpunten op. Het volumegewicht van de typische leemgronden is

1,6; dat van de kleigronden 1,2—1,4, gem. 1,3; altijd van de leem- en kleigronden met weinig of geen humus. Aangezien het soortelijk gewicht van deze gronden ongeveer 2,63 bedraagt, is het poriënvolume van de leemgronden en de kleigronden resp. gemiddeld 40 % en 51 % [18]).

Verder valt er een groot verschil bij het indrogen te constateeren. Cubi van kleigronden krimpen sterk in, tot 7 à 8 % van de lengte. Bij typische leemgronden bedraagt het inkrimpen slechts 2 à 3 %. Ik kom direct nog nader op de publicatie van FROSTERUS terug.

Een houtvester uit Duitschland schreef mij het volgende: „Wir verstehen unter Flottlehm einen Boden, der chemisch als Sand ausgesprochen werden muss, also sehr wenig tonige Beimengungen enthält. Physikalisch ist es ein Lehm, da er sehr feinkörnig ist und im feuchten, nicht nassen Zustande eine lehmartige Bindigkeit zeigt"; dus niet kleverig is.

Ten slotte laat ik hier volgen, wat in Winkler Prins' Encyclopaedie (1919, deel 11, blz. 208—209) gezegd wordt.

„Leem komt in vele opzichten overeen met klei; beide benamingen worden zelfs wel eens verwisseld. Maar er is toch verschil; leem bevat in het algemeen meer zand, meer ijzeroxyd en meer glimmerblaadjes dan klei; deze laatste is meer vorm- en kneedbaar. Men gebruikt in ons land den naam van klei alleen voor alluviale grondsoorten, die van leem voor diluviale en oudere gronden; alleen spreekt men altijd van Limburgsche klei; terwijl deze eigenlijk een leemsoort is." Ik merk alvast op, dat leem en klei hier gebruikt wordt in de beteekenis van leemgrond en kleigrond.

Op het gevoel zijn typische leemgronden dus te herkennen aan de aanwezigheid van zeer fijn zand, beter gezegd van onverweerde mineraalfragmenten van kleine afmetingen. Vermoedelijk staan ook de physische kenmerkende eigenschappen van de leemgronden (hoog volumegewicht, laag poriënvolume, geringe inkrimping) hiermede in verband.

Aangaande de afmetingen van de deeltjes van deze voor leemgronden typische onverweerde mineraalfragmenten beschikken we over nog slechts weinige gegevens. Men is het er wel over eens, dat ze kleiner dan 20 micra middellijn zijn, dus in onze fracties I en II thuisbehooren. KOPECKY meent, dat de deeltjes van 2—20 micra (fractie II) in de leemgronden naar voren treden. FROSTERUS (tabel I, blz. 12—13) geeft de volgende mechanische samenstelling van een tweetal typische leemgronden (Zweedsch en Finsch: Mo-gronden), n°. 9 en 10.

N°.	Fractie I	II	III + IV	vocht, enz.
9	20,8 %	48,7 %	28,4 %	2,1 %
10	18,8 „	39,5 „	39,0 „	2,4 „
6	41,5 „	16,0 „	37,1 „	5,5 „

18) Voor het volumegewicht en het poriengehalte van Nederlandsche gronden, zie deze Verslagen, n°. 29 (1924), blz. 170—173.

Inderdaad treedt de fractie II bij de nummers 9 en 10 sterk op den voorgrond. Intusschen is ook N°. 6 een typische leemgrond. FROSTERUS zegt van dit grondmonster (blz. 18—19), dat „die Bodenart N°. 6, obgleich nach ihrer Korngrösse (nach dieser Einteilung) ein Ton, doch die Eigenschaften eines typischen Tons entbehrt. Dieselbe ist überhaupt kaum plastisch, besitzt eine im Vergleich mit den Tonen geringe Längeschwindung beim Trocknen (2,6 %), hat geringe Wasserkapazität und hohes Volumgewicht (1,6; Porienvolum 36,8 %)". De oorzaak van dit gedrag van N°. 6 is bekend. Bij de onderzochte kleigronden is ongeveer de helft van fractie I in zoutzuur oplosbaar (methode FROSTERUS), bij N°. 6 is van de 41,5 % van fractie I slechts 6,3 % in HCl oplosbaar en 35,2 % onoplosbaar. „Dies beweist also, dass eine grosse Menge äusserest feinkörniger Schlamm — (kleiner als 0,002 m.M.) — im Boden enthalten ist, ohne demselben Toneigenschaften zu verleihen. Er besteht also wahrscheinlich aus einer grossen Menge individualisirten Mineralschlammes und geringen Mengen kolloidaler Substanz. Hieraus geht mit wünschenswerter Deutlichkeit hervor, dass die Charakterisirung einer Bodenart durch alleiniges Hervorheben der durch Schlämmen erhaltenen Korngrössen für die Bestimmung des Bodens nicht genügend ist, sondern dass auch andere Eigenschaften dabei in betracht gezogen werden müssen."

Uit dit laatste voorbeeld volgt duidelijk de onjuistheid van ONÉN's definitie van kleigronden. Niet alleen de afmetingen van de deeltjes, maar mede de samenstelling speelt een rol in de bepaling van het type.

19. Definitie van zand, klei en leem.

De definities van deze drie stofnamen zullen zich bij de door de praktijk gegeven eigenschappen van de zand-, klei- en leemgronden moeten aansluiten.

Zand. De grovere minerale deeltjes, nagenoeg geheel uit onverweerde mineraalfragmenten bestaande. De grens behoudt altijd iets willekeurigs, doch is in overeenstemming met de opvattingen van de meeste onderzoekers het best op 20 micra te stellen.

Klei en leem hebben met elkander gemeen, dat beide stoffen bestaan uit deeltjes kleiner dan 20 micra en dat beide zoowel minerale verweeringsproducten als onverweerde mineraalfragmenten bevatten.

Aangaande de scheikundige samenstelling van het minerale verweeringscomplex in klei en leem kan — gezien het geringe aantal onderzochte monsters, evenwel met alle voorbehoud en reserve — voorloopig gezegd worden, dat het weergegeven wordt door de som A + B [19]).

---

19) Onlangs is door Dr. LEOPOLD een onderzoek van eenige zeer oude keileemmonsters, uit de omstreken van Hoogeveen en Beilen, gepubliceerd (Chemisch Weekblad, 21ste Jrg., 1924, blz. 402—404). Bij verder onderzoek van een gedeelte van het monster keileem uit Beilen, mij daartoe welwillend door Dr. LEOPOLD afgestaan,

In *klei* treden de verweeringssilikaten meer op den voorgrond en de onverweerde mineraalfragmenten meer op den achtergrond; in leem is het omgekeerde het geval. Cijfers aangaande de gehalten aan A + B in klei en leem ontbreken tot nu toe. Aangezien de onverweerde mineraalfragmenten in het algemeen van grootere afmetingen dan de minerale verweeringsproducten zullen zijn, zal de stof klei gewoonlijk meer deeltjes van fractie I dan van fractie II en de stof leem meer deeltjes van fractie II dan van fractie I bevatten. In kleigronden zal derhalve de fractie I in het algemeen grooter zijn dan de fractie II; in leemgronden zal in den regel het gehalte aan fractie II dat aan fractie I overtreffen. Uitzonderingen komen voor, als bijv. de Finsche leemgrond N°. 6 (zie tabel op blz. 194).

Zoowel de stof klei als de stof leem vertegenwoordigt een dualistisch begrip; zoowel een physisch begrip: *deeltjes kleiner dan 20 micra*, als een chemisch begrip: *een verweeringscomplex van de samenstelling A + B naast onverweerde mineraalfragmenten.*

Overeenkomstig bovenstaande en in verband met wat de praktijk onder zandgronden, kleigronden en leemgronden verstaat, ligt het nu voor de hand te noemen:

de fractie III + IV (2—0,02 m.M.) de zandfractie, welke dan weer onder te verdeelen is in de fractie III (0,02—0,2 m.M.), de waterhoudende zandfractie en de fractie IV de waterdoorlatende zandfractie;

de fractie II (0,02—0,002 m.M.) de leemfractie, ook wel de fijnstoffractie, Zweedsch de Mo-fractie;

de fractie I (kleiner dan 2 micra) de kleifractie.

In de waterdoorlatende zanden treedt fractie IV, in de waterhoudende zanden fractie III, in de leemgronden fractie II, in de kleigronden fractie I meer naar voren.

De eigenschappen van de verschillende grondsoorten moeten nu met deze definities in verband staan.

20. Voorbeelden.

Voor een klassificatie van de Nederlandsche minerale gronden zal het nu noodig zijn een groot aantal grondmonsters te onderzoeken van wat de praktijk als typische representanten van de drie groepen: zandgronden, leemgronden en kleigronden aangeeft. Met behulp van de verkregen cijfers kan men dan trachten de grenzen tusschen de verschillende groepen nauwkeurig aan te geven.

---

bleek dit geen uitwisselbare kalk meer te bezitten; het reageerde sterk zuur (zie mede deze Verslagen, n°. XXX, blz. 125, tabel III). Het is dus een sterk verweerde minerale grond. Toch verschilt de molectulaire samenstelling van de verweeringssilikaten A en B (Dr. LEOPOLD vindt op 1 Al_2O_3 resp. 3 mol. SiO_2 in A en 2,4 mol. in B) niet veel van de gemiddelde samenstelling van deze silikaatcomplexen in de jongere gronden.

Het onderzoek dient in de eerste plaats te loopen over de mechanische samenstelling, dus de gehalten aan de fracties I, II, III en IV. Verder dient te worden nagegaan of zich ook verschillen in de scheikundige samenstelling van de fractie I + II tusschen typische leemgronden en kleigronden laten vaststellen. Dit onderzoek is evenwel zeer tijdroovend. Voorloopig heb ik mij daarom tot de mechanische samenstelling moeten beperken. Te zijner tijd zal ik de resultaten van deze onderzoekingen mededeelen. Hier volgen de resultaten, het onderzoek op mechanische samenstelling, koolzure kalk en humus van eenige typische representanten van de verschillende groepen (zie tabel X). Het monster B 1459 bevat

TABEL X.

Mechanische samenstelling van eenige minerale, humusarme gronden.

N°. B.	Gehalten in procenten op droge stof aan				Op 100 deelen I + II + III + IV.		I+II:III+IV=1:	Plaats van herkomst. Alle monsters zijn bovengronden, behalve de Flottlehm.
	$CaCO_3$.	Humus.	fractie's: I + II = I + II.	fractie's: III + IV = III + IV.	I + II.	III + IV.		
1459	9,3	0,9	52,4 + 21,5 = 73,9	15,6 + 0,3 = 15,9	82,3	17,7	0,22	Finsterwolderpolder.
790	0,2	3,0	52,4 + 25,0 = 77,4	19,3 + 0,1 = 19,4	79,9	20,1	0,25	Oud Nieuwlanderpolder.
795	8,8	5,9	45,4 + 22,4 = 67,8	17,1 + 0,4 = 17,5	79,6	20,4	0,26	Kwelder Munnikeveen.
831	0,9	3,8	39,1 + 17,3 = 56,3	38,7 + 0,3 = 39,0	59,1	40,9	0,69	Bedum.
824	11,9	3,6	33,8 + 15,5 = 49,3	33,8 + 1,4 = 35,2	58,3	41,7	0,72	Westpolder.
1061	0,2	4,0	28,0 + 19,4 = 47,4	35,8 + 12,6 = 48,4	49,5	50,5	1,02	Westkapelle.
1096	1,8	1,3	26,2 + 15,8 = 42,0	52,8 + 2,1 = 54,9	43,4	56,6	1,30	Westkapelle.
547	6,3	3,2	15,0 + 9,5 = 24,5	63,8 + 2,2 = 66,0	27,0	73,0	2,70	Anna Paulownapolder.
491	0	1,6	12,5 + 10,6 = 23,1	63,8 + 11,5 = 75,3	23,5	76,5	3,26	Usquert.
500	0	1,4	12,6 + 8,2 = 20,8	69,1 + 8,7 = 77,8	21,1	78,9	3,74	Usquert.
505	0	2,0	10,0 + 7,6 = 17,6	69.4 + 11,0 = 80,4	17,9	82,1	4,59	Usquert.
1187	0	0	8,8 + 12,2 = 21,0	76,2 + 2,8 = 79,0	21,0	79,0	3,76	Flottlehm (bij Bremen).

in procenten op droge stof 9,3 % koolzure kalk, 0,9 % humus, 73,9 % I + II en 15,9 % III + IV, samen 100. De gehalten aan koolzure kalk en humus van de onderzochte monsters liggen tusschen 15,5 % en 0 % in. Ter betere vergelijking van de gehalten aan I + II en III + IV zijn deze omgerekend op I + II + III + IV = 100. Voor B 1459 worden deze cijfers 82,3 + 17,7 = 100. Verder is de verhouding 17,7 : 82,3 = 0,22, dat is dus de verhouding tusschen zand en klei-leem, in de tabel opgenomen.

De eerste 8 monsters staan in de landbouwpraktijk als kleigronden, de volgende drie als zandige of zavelige gronden bekend; daarna volgt een monster typische leemgrond uit Duitschland en ten slotte een tweetal zandgronden van de Veluwe. De grondmonsters in deze vier rubrieken zijn telkens gerangschikt naar de afdalende gehalten aan I + II (op I + II + III + IV = 100).

Er blijkt een groot verschil in de gehalten aan I + II in de groep der kleigronden te bestaan, dalende van 82,3 tot 27,0. Op grond van deze cijfers zou men de grens tusschen de kleigronden en de zandige of zavelige gronden bij een gehalte van I + II = 25 (op I + II + III + IV = 100) kunnen stellen. B 547 is evenwel reeds een zeer lichte kleigrond. Tevens ziet men uit deze cijfers, welke beteekenis gehecht moet worden aan de uitspraak, dat de fractie I, de kleifractie, in de kleigronden op den voorgrond treedt. In de drie eerste monsters, de zeer zware kleigronden uit de Dollardpolders, overweegt de fractie I inderdaad boven de andere drie fracties. In den lichten kleigrond uit den Anna Paulownapolder is het gehalte aan fractie I slechts 15 % tegen 63,8 % zand van fractie III.

De groep van de zandige of zavelige gronden is gekenmerkt door een betrekkelijk laag gehalte aan fractie I, een betrekkelijk hoog gehalte aan fractie II en eveneens een betrekkelijk hoog gehalte aan fractie IV (van 11,5 %—8,7 %). De kleigronden bezitten, met uitzondering van B 1061, een zeer laag gehalte aan fractie IV.

In de eerste twee groepen, de kleigronden en de zavelige gronden, is fractie I grooter dan fractie II; in den leemgrond is fractie II grooter dan fractie I.

De zandgronden van de Veluwe zijn gekenmerkt door een zeer laag gehalte aan I + II. In het eerste monster is III aanzienlijk grooter dan IV; het monster behoort tot de waterhoudende zanden. In het tweede monster, B 1129, is IV grooter dan III; het behoort tot de waterdoorlatende zanden. Dit laatste monster bevat tevens nog 16 % grint (deeltjes grooter dan 2 m.M. middellijn).

Met deze weinige voorbeelden wordt voorloopig volstaan. Later zal een volledig overzicht van het verzamelde materiaal gegeven worden en op grond daarvan tevens een nauwkeuriger nomenclatuur en klassificatie kunnen plaats vinden.

On the Nomenclature and Classification of the mineral Soils in Holland.

I. Definition of the terms Clay, Loam and Sand.

(Summary of above paper) by Dr. D. J. Hissink, *Groningen, (Holland).*

There is great need of a nomenclature and classification of the soils from an agricultural point of view, that should to be consistent with the terminology already existing in practical agriculture. It must however rest on a scientific basis and be expressed in figures obtained by accurate methode of investigation, and it implies, of course, a thorough knowledge of the characteristics of the objects to be classified. For a classification of the mineral soils it is first of all necessary to define the terms *clay*, *loam* and *sand*.

Clay, loam and sand are to be considered as the names of substances predominating in claysoils, loamsoils and sandy soils respectively. They are the products formed by the weathering of the minerals. This weathering is essentially a pulverisation and chemical transformation of the rock material, that is to say it is both mechanical and chemical. We can thus give either a chemical or a mechanical definition of the substances clay, loam and sand, and we will examine the basis of each definition before deciding whether either alone is sufficient.

In order to give a chemical definition of clay, loam and sand it is necessary to make a chemical analysis of the mineral soils. This may be done by the VAN BEMMELEN-method which separates approximately the mineral constituents of the soil into unweathered mineral fragments and a mineral weathering complex (Verwitterungskomplex) composed of a silicate A which can be resolved by strong HCl and a silicate B which can be resolved by strong H_2SO_4. The procentual composition of 9 Dutch clay and loam soils is shown in table V, whilst table VI contains the molecular composition of the silicates A and B. The mean molecular composition of silicate A is:

Al_2O_3 3,6 SiO_2 0,56 Fe_2O_3 2,9 H_2O + bases;

and that of silicate B:

Al_2O_3 2,4 SiO_2 0,05 Fe_2O_3 1,1 H_2O + bases.

In the soils analysed the percentage of A is about twice as large as that of B. A more avanced stage of weathering than this A + B-complex has not been observed in Dutch soils. It is quite possible that this complex represents the ultimate degree of weathering under Dutch climatic conditions.

There is some relation between the percentage of the A + B-complex and the heaviness (see table VIII) and the power of adsorption (Adsorptionsvermögen) of the soils. There is something to be said for applying the name ,,clay'' to this A + B-complex. This might be called the chemical definition of clay. At the same time when we speak of clay we do not only think of a substance of a certain chemical composition, but also of a substance whose particles are of particular dimensions, and small ones at that. Therefore the definition of clay must also be a mechanical one.

For a mechanical definition of clay loam and sand a mechanical analysis of the mineral soils is necessary. Every method of mechanical analysis consists of two parts: the liberation of the particles (the so-called preliminary treatment) and afterwards the segregation of these particles into groups of various dimensions. The great influence of the preliminary treatment of the soil sample is to be seen in table IX. In proportion to the preliminary treatment the percentage of particles smaller than 20 microns (0,02 m.M.) diameter rises from 42,7 % to 85,3 % and the percentage of particles greater than 20 microns correspondingly diminishes from 49,2 % to 6,6 %. These differences do not of course indicate

corresponding differences in the ultimate mechanical composition, but reflect the relative efficiency of the various preliminary treatments in resolving aggregates unto their constituent particles.

The method of preliminary treatment in use at the Agricultural Experimental Station at Groningen (Department of Soil Science) has been described elsewhere (boil with H_2O_2 according to ROBINSON, also in the case of mineral soils poor in humus; boil with HCl, and make the sedimentations first with H_2O and then with NH_4OH; see page 186).

How the weathered complexes and the unweathered mineral fragments are distributed after this treatment among the various fractions I, II, III and IV, has not yet been accurately determined. To this end the various fractions must be chemically investigated according to VAN BEMMELEN for the presence of the A and B-complexes. Most probably fraction IV (2—0,2 m.M.) will consist entirely, and fraction III (0,2—0,02 m.M.) very largely of mineral fragments. In fraction II (20—2 microns) on the other hand, in addition to a large proportion of mineral fragments, weathered products will also occur; it is the mixed fraction par excellence. Fraction I (smaller than 2 microns) largely consists of weathered material, but may in some soils also contain fairly large quantities of mineral fragments (fine quartz).

The above chemical definition of clay as the sum of the weathering-complexes A and B does not coincide with any one of the ATTERBERG's four fractions, nor for that matter with any other fraction. Seeing that fractions III + IV probaly contain but little weathered material, whereas in fractions I + II a good deal of unweathered material occurs, the percentage of A + B will generally be a good deal less than the percentage of I + II, as is shown below:

Nº. B.	Name.	Percentage on total soil of A + B.	Percentage on total soil of I + II.	Percentage of A + B to I + II.
	Boulder clay . .	56,2	72,5	77,5
51	River clay . . .	36,0	57,1	63,0
52	" . . .	41,9	approxim. 62	67,6
53	" . . .	61,1	85,3	71,6
			average	70,0

According to ODÉN's views (see Transactions Faraday Society, Volume XVII, Part 2, February 1922, Page 327—328) it is not the chemical nature of the substance which characterises clay, but before everything the fineness of the constituents and he gives the following definition of clay: clays are disperse formations of mineral fragments in which particles of smaller dimensions than 2 micra predominate. At he same time ODÉN admits that the chemical nature of the constituents plays an important part in the agricultural and technical valuation and in the more minute characterisation of the different clays. In this connection

one may refer to HILGARD's statement that mere fineness of grading will not convert a quartz into a clay. HALL's views are also given (see page 191).

In my view clay is a substance of a certain chemical composition (A + B), whose particles are of particular dimensions (smaller than about 20 microns). A definition of clay must be both mechanical and chemical.

I have set forth the characteristic properties of claysoils and sandy soils according to the views of practical agriculturists. I have given further a resumé of the definitions of loamsoils given by RAMANN, KOPECKY, FROSTERUS and others. I have laid especial stress on the high content of unweathered mineral fragments in loamsoils, on which it seems probable that the characteristic physical properties of loamsoils, namely high volumeweight, low pore space and slight shrinkage, depend.

With regard to the dimensions of the particles of the mineral fragments which are typical of loamsoils, we have very few data. It is pretty generally agreed that they are smaller than 20 microns diameter and thus belong to our fractions I and II. KOPECKY thinks that the particles of 2—20 microns (fraction II) predominate in loamsoils, which is confirmed by some figures of FROSTERUS (see page 194, soilsamples N°. 9 and 10). Soilsample N°. 6 however with its 41,5 % I and 16,0 % II is also a typical loamsoil with properties that differ widely from those of claysoils. And yet this sample contains relatively little of II and a great deal of I, this fraction being in this case rich in fine quartz and comparatively poor in A + B.

The following definitions of *clay*, *loam* an *sand* are based on the above considerations.

Sand.

The coarser mineral particles of the soil, consisting almost entirely of unweathered mineral fragments. The lower limit of diameter is always more or less arbitrary, but may according to the views of most investigators best be fixed at 20 microns.

Clay and loam.

Clay and loam have this in common that both substances consist of particles smaller than 20 microns and that both contain mineral weathered products as well as unweathered mineral fragments.

With regard to the chemical composition of this weathered complex in clay und loam we may say with the necessary reservations imposed by the fact that only a small number of samples have been analysed, that it is equivalent to A + B.

In clay the weathered silicates are more in evidence, in loam the unweathered. So far, we are without figures as to the A + B-

content in clay and loam. Seeing that the unweathered mineral fragments are as a general rule of greater dimensions than the weathered products, the substance clay will generally contain more fraction I-particles than fraction II, whereas in loam the converse is the case. Exceptions do occur, as for instance the loamsoil N°. 6 from Finland (page 194 en 195).

Both the substance clay and the substance loam must be considered from two sides, mechanically, as having particles smaller thans 20 microns and chemically as being a weathered complex with the composition A + B together with unweathered mineral fragments.

In accordance with the above definitions and having regard to what practical agriculturists understand by sandy soils, clay soils and loamsoils, it seems most natural to call: fraction III + IV (2—0,02 m.M.) the sand-fraction which is to be subdivided into fraction III (0,02—0,2 m.M.) the waterretaining sand-fraction (Fraktion der wasserhaltenden Sandböden) and fraction IV (0,2—2 m.M.) the waterpercolating sand-fraction (Fraktion der wasserdurchlassenden Sandböden);

fraction II (0,02—0,002 m.M.) the loamfraction, otherwise the siltfraction (Swedish: the mo-fraction);

fraction I (smaller than 0,002 m.M.) the clayfraction.

In the waterpercolating sandy soils fraction IV, in the waterretaining sandy soils fraction III, in the loamsoils fraction II and in the claysoils fraction I is more in evidence.

The typical properties of the various mineral soils must now be shown to agree with these definitions.

Finally I have given a few instances (see table X, page 197) of percentages of clay-loam (I + II) and sand (III + IV) in Dutch mineral soils.

Naschrift. Slechts een gedeelte van de gesteenten heeft bij de verweering een scheikundige verandering ondergaan. Men is gewoon dit scheikundig veranderde gedeelte het minerale verweeringsproduct te noemen. Naast dit minerale verweeringsproduct komen in elken grond nog stukjes van de mineralen voor, die niet scheikundig verweerd zijn. Men is gewoon deze stukjes de onverweerde mineraalfragmenten te noemen. Feitelijk zijn het evenwel ook verweeringsproducten en wel de mechanische verweeringsproducten van de gesteenten. Wij hebben ons echter gehouden aan de gewoonte, om te spreken van het minerale verweeringsproduct A + B en de onverweerde mineraalfragmenten.