ONDERZOEK VAN EENIGE GRONDSOORTEN UIT SURINAME, ALLUVIALE KLEI EN LATERIET.

DOOR J. M. VAN BEMMELEN.

I. ALLUVIALE KLEI VAN DE ZEEKUST.

Van zijne onderzoekingsreis naar Suriname heeft Dr. H. van Cappelle eenige aardsoorten medegebracht, met het doel deze geognostisch en agrikultuurchemisch te doen onderzoeken. Hij bood ze mij daarvoor aan, doch ik kon mij slechts tot een beperkt onderzoek bereid verklaren, dewijl een bevredigend uitvoerig agricultuurchemisch onderzoek alleen in Suriname zelf uitvoerbaar te achten was.

In de eerste plaats waren daarbij monsters van twee nabij de zee gelegen plantages. Het eene (*A*) is afkomstig uit de nieuwe kakaoplantaadje Margarethenburg aan de Nickerie, en alzoo van eenen *maagdelijken bodem*. Het andere (*B*) is afkomstig van de plantage Leliendaal aan de Commewijne, waar de kakao sinds vele jaren verbouwd is. Zij zouden dus wellicht kunnen leeren, of die verbouwing merkbare veranderingen in de samenstelling teweeg brengt.

De plantages zijn nabij de kust gelegen in de streek, waar de zee sliblagen heeft afgezet.

Het makroskopisch, mikroskopisch en chemisch onderzoek leert dan ook dat de aarde een alluviaal aanzien heeft. Zij bestaat bijkans geheel uit fijnaarde. Zijn de fijnste deeltjes (de klei) met water afgeslibd, dan blijft een betrekkelijk gering résidu van zand over, hetwelk bovendien klein van korrel is, want de grootste deeltjes hebben eene afmeting beneden $^1/_{10}$ mM.

Bij het volgende onderzoek zijn de uitkomsten omtrent de samenstelling telkens vergeleken met die van vruchtbare alluviale klei in Nederland, met name de klei van den Dollard, van het IJ en van sommige vruchtbare zeeklei-polders.

1. *Watergehalte.* Het zwakker gebonden water werd bepaald door uitdrooging der luchtdrooge aarde boven zwavelzuur bij $\pm$ 15°. Het bedroeg

5,6 %, overeenkomende met dat van zware klei in Nederland (Dollard: 5,6, IJ: 5,6).

Het sterker gebonden water, dat in het amorphe silikaat, waaruit de klei bestaat, aanwezig is (± 6 %) zal in verband met dit silikaat besproken worden (zie blz. 329).

2. *Organische stof* bestaande uit *Humus* en *plantendeelen.* Het gehalte aan organische stof is niet groot, zooals bij tropische gronden, als zij niet veenachtig zijn, het geval pleegt te zijn [1]). In beide monsters waren de hoeveelheden der nog niet geheel tot humus overgegane worteldeelen gering. De organische stof (waarvan de hoeveelheid uit de gevondene koolstof bij benadering afgeleid werd) bedroeg iets meer dan 3 %, terwijl die hoeveelheid in vruchtbare zware klei van Nederland wel het dubbele bedraagt. Mag men aannemen, dat in tropische gronden een hoog humusgehalte van minder beteekenis is dan in ons klimaat [2]), zoo geldt zulks toch vooral voor planten met langeren groeitijd. Voor gewassen zooals tabak, waar de groeitijd kort is, en eene aanzienlijke bladontwikkeling vereischt wordt, is een hoog humusgehalte gewenscht, zooals mij bij het onderzoek der vruchtbare Deli-tabakgronden gebleken is. De humus (te onderscheiden van nog zichtbare overblijfselen van plantendeelen) bekleedt de aarddeeltjes, en wel het meest de fijnste omdat deze betrekkelijk de grootste bodemoppervlakte vormen. In het algemeen toch vindt men meer humus, naarmate de bodem meer fijne deelen bezit. Aan die humusstoffen is *een deel* van de kalk, de alkalien, en het phosphorzuur (als phosphorzuur-ijzeroxyd, -aluminiumoxyd en in versche gronden wat phosphorzure alkalische aarde) absorbtief gebonden. Maar het is nog niet mogelijk te bepalen, hoeveel van deze alkalische basis en hoeveel phosphorzuurzout aan de humusstoffen, en hoeveel aan het kolloïdale silikaat gebonden is.

3. *Oplosbare zouten, Karbonaten, Chloruren en Sulfaten.* De beide eerste zijn in hoogst geringe hoeveelheden aanwezig, niet meer dan 0.01[2] % Cl en 0.01[8] SO_3. Het sulfaat kwam grootendeels eerst door verdund zoutzuur in oplossing.

Karbonaten van kalk en magnesia ontbreken. Hebben deze gronden, oorspronkelijk als zeevorming afgezet, zeewaterzouten bevat, dan zijn deze

---

[1]) Het is bepaald naar de methode die ik heb aangegeven in Landw. Vers. Stat. 1890 Bd. **37**, 279.

[2]) Zie Woltmann, Handbuch der tropischen Agrikultur 1892, Bd. I, S. 135. Der häufig auffällige Humusmangel en tropischen Böden ist für die Pflanzenkultur von geringerer Bedeutung, als diess in gemässigten klima der Fall ist.

reeds lang uitgespoeld. De versche zeeklei in Nederland verliest na inpoldering al spoedig haar gehalte aan keukenzout, bitterzouten, gips, wanneer de afwatering door stoomwerktuigen geschiedt, zooals bij de IJpolders gebleken is. Bij de vroegere gebrekkige middelen tot afwatering duurde zulks meerdere jaren [1]). Of de Surinaamsche klei der kuststreek oorspronkelijk koolzure kalk (en eenige koolzure magnesia) bevat heeft, vermag ik niet te zeggen.

4. *De in zoutzuur en zwavelzuur oplosbare bestanddeelen.* Om deze te bepalen volgde ik eene dergelijke methode, als vroeger bij het onderzoek van verschillende grondsoorten door mij gebezigd is [2]). Daardoor

---

[1]) De koolzure kalk, die in de versche Nederlandsche klei aanwezig is (van 11 tot 5 %) blijft daarin nog langeren tijd bestaan, maar wordt allengs uit de bovenste laag weggespoeld. Het onderzoek van zeven achtereenvolgens binnengedijkte Dollardpolders van 1545—1819) heeft mij geleerd, dat de koolzure kalk, die in de versche nog niet binnengedijkte klei 11 % bedraagt, na ruim 200 jaren (233 j.) uit de bovenlaag verdwenen was. De bepaling van het gehalte der opvolgende polders aan $CaCO_3$ (waarvan de ouderdom bekend was) leerde dat de bovenlaag volgens eene gemiddelde berekening 1 % koolzure kalk in $23\frac{1}{3}$ verloren heeft (of 1 % CO_2 in 53 jaren). Zie Landw. Vers. Stat. (1866) **8**, 259 en Scheik. Verhandel. en onderzoekingen, uitgeg. door G. J. Mulder, **2** Blz. 69—72 (1863).

[2]) Voor zware en lichte alluviale klei in Nederland (het IJ enz.) alluviale klei van de Kening (Malang, resid. Rembang, Java), Loess (Limburg), vulkanische gronden uit Deli (Sumatra) en Malang. Zie Landw. Vers. Stationen (1890) **37**, 239—278 en voor de Loess. Verhand. K. Akad. v. Wetensch. (1900), Sectie II, Deel VII, no. 3.

Bij de analyse van de Surinaamsche aarde *IA* en *B* werden 5 gram luchtdroge aarde achtereenvolgens met 100 CC zoutzuur uitgetrokken, van toenemende sterkte en van toenemende temperatuur, gedurende korteren of langeren tijd. Als de vloeistof daarbij niet kookte, zoo werd aanhoudend geschud. In de achtereenvolgens verkregen oplossingen werden SiO_2, Al_2O_3 en Fe_2O_3 bepaald. Daar hierbij het losgekomen SiO_2 niet geheel in oplossing komt, en wel te minder naarmate het zuur sterker is geweest, zoo werd de aarde, *na elke uittrekking met zoutzuur en later met zwavelzuur*, nog met slappe kaliloog behandeld volgens de vroeger door mij aangewende methode (Landw. V. Stat. (1888) **37**, 287) nl. door schudden gedurende vijf minuten bij 50°. Het vrije, nog niet in oplossing gehouden kiezelzuur wordt daardoor opgelost, en het nog niet ontlede silikaat wordt daardoor niet of althans in zeer geringe mate aangetast, tenzij de aarde vrij aluminiumoxyde of zeer basisch silikaat bevat, zooals thans ook bij andere Surinaamsche aarden (zie bladz. 342) en vroeger bij vulkanische gronden (zooals van Deli) gebleken is. Het aldus verkregene SiO_2 werd bij het SiO_2 opgeteld, dat in het voorafgegane zoutzure aftreksel gevonden was. Na de uittrekkingen met zoutzuur, werd de overblijvende aarde met eene ruime hoeveelheid sterk zwavelzuur gemengd en verhit, zoolang totdat dit zwavelzuur grootendeels verdampt was. Na de verwijdering en analyse van dit zwavelzure uittreksel werd de aarde opnieuw met slappe kaliloog behandeld, om het door zwavelzuur uit het silikaat vrijgemaakte kiezelzuur op te lossen. Ofschoon dit kiezelzuur boven 200° verhit is geweest, lost het in de slappe kaliloog bij zachte verwarming dadelijk op.

Van de aarde *IA* zijn op deze wijze twee reeksen (1e en 2e Analyse Tabel I), van

wordt ook de hoeveelheid kiezelzuur bekend, die bij de ontleding van het amorphe silikaat daaruit vrijkomt. De uitkomsten komen voor op de Tabellen I, II (blz. 351 en 352) VII en VIII (blz. 353 en 354). Om de samenstelling van het silikaat, dat door de opvolgende uittrekkingen met zuren ontleed en opgelost wordt, te leeren kennen, is de verhouding van het kiezelzuur tot het aluminiumoxyde in Molekulen berekend (zie de drie laatste kolommen op deze Tabellen), want aan de percentcijfers alleen heeft men nog niet veel. Evenmin aan de cijfers van slibanalysen, welke laatste slechts bij een voorloopig onderzoek kunnen dienen. Door het zeeven en slibben leert men alleen iets over de meerdere of mindere fijnheid der aarddeeltjes, maar daarna is de analyse nog noodig van de verschillende gedeelten of portiën waarin de aarde door zeeven en slibben gescheiden is; anders heeft de slibanalyse weinig waarde. Toch heeft men dit tot nog toe meest nagelaten. Die geslibde gedeelten kunnen toch nevens de fijne klei fijn zand bevatten, en leeren dus het gehalte van klei en zand niet kennen. Evenmin geven zij een juiste beoordeeling van de oppervlakte der deeltjes, dus van de zoogenaamde „bodemoppervlakte", zooals A. Mitscherlich onlangs uitvoerig uiteen gezet heeft [1]). Van die bodemoppervlakte hangen de eigenschappen des bodems grootendeels af.

I*B* één reeks analysen gemaakt (5e Analyse Tabel II). De volgende uittrekkingen geschiedden:

a. met zoutzuur van 1,035 S. G. bij 50° gedurende $^1/_4$ tot $^1/_2$ uur
b. „ „ „ 1,1 „ „ 100° „ $^1/_2$ „ 1 „
c. „ sterk „ „ 1,2 „ „ koking „ 1 „ $1^1/_2$ „
d. herhaling van *c*.
e. „ „ *d*.

Voor de bepaling der alkalische basis, welke door de zuren achtereenvolgens in oplossing werden gebracht, werd nog eene reeks analysen gemaakt, het uitvoerigst voor I*A* (Tabel VII, 3e en 4e analyse, bladz. 353), minder uitvoerig voor I*B* (Tabel VIII, 6e en 7e analyse, bladz. 354).

Aangezien de tijden gedurende welke de uittrekking heeft plaats gehad, niet juist dezelfde zijn geweest, zoo is er verschil gevonden tusschen de hoeveelheden bestanddeelen, die bij de verschillende analysen in de uittreksels *a*, *b*, *c* en *d* opgelost zijn. Zoo bijv. bedroeg de hoeveelheid Al_2O_3 in:

	Aarde I*A*.			Aarde I*B*.		
Uittreksel	1e Anal.	2e Anal.	3e Anal.	5e Anal.	6e Anal.	7e Anal.
a.	1,4[4]	2,6	1,2[8]	1,0	1,1	2,0
b.	3,0	8,0	3,4[4]	2,0		4,6
c.	6,9[7]		4,6[2]	4,9		5,0
d.	2,2	3,6	2,5[4]	3,1		
e.			1,8[8]			
Som	13,6	14,2	13,7	11,0		11,6

[1]) Landw. Jahrbücher (1901) **30**, 361.

5. *IJzeroxyde.*

Als in de volgende beschouwing van het *ijzeroxyde* gewaagd wordt, in zooverre het geen chemisch bestanddeel van een silikaat uitmaakt, wordt altijd het kolloïdale bedoeld, dus de hydrogel, die nog meer of minder water gebonden houdt. Bij alle vroegere analysen van gronden is het mij gebleken 1°. dat het ijzeroxyde in den bouwgrond gemakkelijker en dus ook spoediger in verdund zoutzuur oplost dan het verweerings-silikaat (= de klei, voorzoover die door zoutzuur ontleed wordt), en wel des te meer naarmate hetzelve zwakker absorbtief gebonden is, en dus in vrijeren toestand zich bevindt. Dit verraadt zich altijd aan de kleur van den bodem, die te rooder is, naarmate meer van dit lossere ijzeroxyde aanwezig is; 2°. dat het losse ijzeroxyd soms opgehoopt is in aderen of nesten; 3°. dat de fijnste deeltjes der aarde, die betrekkelijk de grootste bodemoppervlakte bezitten, ook betrekkelijk het meeste ijzeroxyde bevatten, en dus het meest daarmede bekleed zijn. In het eerste uittreksel met slap zoutzuur vond ik alzoo des te meer Fe_2O_3 opgelost naarmate de aarde rooder van kleur was. In de volgende uittreksels met warmer en toenemend sterker zoutzuur, vond ik het overige Fe_2O_3, en wel in de eerste derzelve; in de laatste kwam weinig meer in oplossing. Dit bewijst wel dat het ijzeroxyde het gemakkelijkst ontleedbare gedeelte van het silikaat vergezelt. Het blijft evenwel de vraag, op welke wijze dit ijzeroxyde, dat geene roode kleur aan de aarde geeft, deel uitmaakt van het kolloïdale komplex van humus en kolloïdaal silikaat hetwelk in den bodem de onoplosbare kleideeltjes en zandkorreltjes omkleedt. In dit komplex is het zeker sterker absorbtief gebonden, dan het bovenbeschrevene ijzeroxyde [1]). Bovendien kan een deel van dit ijzeroxyde een chemisch bestanddeel van het verweeringssilikaat uitmaken, hetwelk door het warmere en sterkere zoutzuur wordt ontleed. In hoeverre dit deel chemisch of absorbtief gebonden is, laat zich nog niet uitmaken. Ten vierde kan nog door de uittrekking met sterk zoutzuur eenig ijzeroxyde in oplossing komen, hetwelk afkomstig is uit onverweerde silikaten (die nog in den kristallijnen toestand zijn), welke door verhitten

---

[1]) Wanneer men bijv. kiezelzuur en ijzeroxyde of ijzeroxyde en aluminiumoxyde of kiezelzuur en aluminiumoxyde tegelijkertijd uit eene oplossing laat koaguleeren, verkrijgt men zulk een komplex; evenzoo mangaanoxydule met mangaanoxyde, ijzeroxydule met ijzeroxyde, ijzeroxyde met chroomoxyde enz. enz. (Zie over Absorptieverbindingen tusschen kolloïden mijne verhandeling „Die Absorption von Stoffen aus Lösungen" (1900). Z. f. Anorgan. Ch. **23**, 333/4.

met zoutzuur allengs worden ontleed. Evenwel de hoeveelheid van dit ijzeroxyde kan maar gering zijn.

Uit de Tabellen I, II, VII en VIII blijkt hoeveel % Fe_2O_3 in de uittreksels *a*—*e* verkregen zijn. In de volgende Tabel III is overzichtelijk aangegeven, hoeveel ijzeroxyde in oplossing is gekomen, naarmate de uittrekking verder is voortgezet en dus meer silikaat ontleed is. Daarvoor is (in de 3e en 4e kolom) de verhouding in Molekulen tusschen het ijzeroxyde en het aluminiumoxyde op 1 Mol. Al_2O_3 berekend [1]). Hoe ver de ontleding door zoutzuur is voortgezet, wordt aangegeven door de cijfers in de 1e en 2e kolom.

Tabel III.

	Aarde I*A*.				Aarde I*B*.			
	Opgeloste Al_2O_3 in %.		Opgeloste Mol. Fe_2O_3 op 1 Mol. Al_2O_3.		Opgeloste Al_2O_3 in %.		Opgeloste Mol. Fe_2O_3 op 1 Mol. Al_2O_3.	
	1e Anal.	3e Anal.	1e Anal.	3e Anal.	5e Anal.	6e en 7e Anal.	5e Anal.	6e en 7e Anal.
a	v. o t. 1.2			0.37	v. o t. 1		1.08	
	van o t. 1.4^4		0.4			v. o t. 1.1		0.96
b	„ 1.4^4 „ 4.4^5		0.4			„ 1.1 „ 2		0.65
		„ 1.2 „ 4.7		0.35	„ 1 „ 3		0.47	
c		„ 4.7 „ 9.3		0.14		„ 2 „ 6.6		0.26
	„ 4.4^5 „ 11.4		0.1		„ 3 „ 8		0.19	
d		„ 9.3 „ 11.8		0.07		„ 6.6 „ 11		0.07
	„ 11.4 „ 13.6		0.05		„ 8 „ 11		0.05	
e		„ 11.8 „ 13.7		0.06				

De cijfers in deze Tabel bevestigen de bovengegevene beschouwingen omtrent het voorkomen van losser en sterker gebonden ijzeroxyde.

[1]) Aangezien het molekuulgewicht van Al_2O_3 102 bedraagt, geven de % Al_2O_3 ook ongeveer aan, hoeveel molekuul Al_2O_3 in oplossing gebracht is. Zoo geeft bijv. de derde kolom op Tabel III aan, dat uit Aarde I*A* 0.4 mol. Fe_2O_3 op 1 mol. Al_2O_3 opgelost is, terwijl $1,4^4$ % Al_2O_3 is opgelost, en dus ook terwijl ongeveer $1,4^4$ molekuul Al_2O_3 is opgelost (nauwkeuriger $1,4^2$ mol.). Bij de tweede uittrekking (*b*) is nog 3 % Al_2O_3 (van 1,4—4,4 %) opgelost, en de verhouding van 0,4 mol. Fe_2O_3 op 1 mol. Al_2O_3 is 0,4 gebleven. Bij de derde uittrekking (*c*) is nog 7 % Al_2O_3 ($4,4^5$—$11,4$ %) opgelost, maar het tevens opgeloste ijzeroxyde bedraagt slechts 0,1 mol. op elk mol. opgelost Al_2O_3; bij de vierde uittrekking (*d*) is nog opgelost 2^3 %, en de verhouding gedaald tot 0,05. Evenzoo zijn de cijfers der 3e Analyse en die van de analysen van Aarde I*B* te verstaan.

In het eerste Aftreksel, als nog slechts 1½ en 1 % Al_2O_3 opgelost zijn, bedraagt het opgeloste Fe_2O_3 in mol. op 1 mol. Al_2O_3:

Grauwe klei I*A*: ± 0,4. Roodachtige klei I*B*: ± 1,0.

In het tweede aftreksel blijft het cijfer van I*A* even groot (0,4), terwijl nog 3 % Al_2O_3 opgelost worden (anders gezegd als de opgeloste Al_2O_3 4,5 % bereikt). Daarentegen is het cijfer van I*B* nog 0,65 als 't tweede pct. Al_2O_3 wordt opgelost, en daalt het eerst tot 0,4 als nog 2 % Al_2O_3 meer opgelost wordt. Daarna daalt het ijzeroxyde, naarmate meer Al_2O_3 wordt opgelost (van 4,5 tot 13,5 = 9 % Al_2O_3), bij I*A* allengs van 0,4 tot 0,05 mol. op 1 mol. Al_2O_3; en bij I*B* van 0,4 evenzoo tot 0,05. Aangezien de beide aarden in hoofdzaak dezelfde samenstelling hebben, zooals uit Tabel XVII blijkt, en I*B* één % Fe_2O_3 meer bevat dan I*A* [1]), zoo mag men aannemen 1e. dat de grootere hoeveelheid los ijzeroxyd in I*B* ongeveer zooveel bedraagt, 2e. dat de aarde I*A* daarentegen maar weinig los ijzeroxyd bevat, hetgeen met hare kleur stemt.

Dat nu I*B* ongeveer 1 % ijzeroxyde, en wel in den meest lossen toestand, meer bevat dan I*A*, doet het vermoeden rijzen, dat deze hoeveelheid uit het grondwater van verder afgelegene of van diepere lagen naar de bovenlaag is heengevoerd, onder den invloed van reductie en oxydatie, en hier alzoo van eene kleine ophooping van ijzeroxyde sprake kan zijn [2]).

6. *Het kiezelzuur en het aluminiumoxyde in het voor zoutzuur ontleedbare verweerings-silikaat.* Het amorphe (kolloïdale) silikaat, dat het eerst door een verdund zuur ontleed wordt, is het meest basische. Door slap zoutzuur (1,03 S. G.) bij ± 50° gedurende een korten tijd (¼—½ uur) kwam ongeveer 1 % Al_2O_3 in oplossing, want er werd gevonden op 1 mol. Al_2O_3:

terwijl ± 1 % Al_2O_3 in oplossing kwam	I*A*	I*B*
	1,3 mol. SiO_2	1,2⁵ mol. SiO_2

Er is hier natuurlijk geen sprake van eene chemische verbinding, dus ook niet van eene chemische formule. Het zoutzuur ontleedt een komplex van een amorph kolloïdaal silikaat en een humaat, in welk komplex

---

[1]) In de aftreksels *a*, *b*, *c* als ongeveer 11 % Al_2O_3 uit beiden waren opgelost, bevonden zich te zamen: in I*A* 4 %, in I*B* 5 % Fe_2O_3.

[2]) Over de ophooping van het ijzeroxyd in gronden, zie mijne verhandeling: De samenst. en vorming der zure gronden in het Ned. Alluvium, blz. 78—83 (Verh. Kon. Akad. Wetensch. 1886), en: Die Eisenanhäufungen in und unter Mooren. Z. Anorgan. Ch. **22**, 355 en 366.

kiezelzuur, aluinaarde, ijzeroxyde en alkalische bases (ook phosphorzuur) aanwezig zijn, in den toestand eener absorbtieverbinding.

Al het overige silikaat, dat door zoutzuur werd ontleed, bevat de aluinaarde en het kiezelzuur in ongeveer dezelfde verhouding, bij *B* wat rijker aan SiO_2 dan bij *A* (zie laatste kolom Tabel I en II).

Tabel IV.

Al_2O_3 opgelost door zoutzuur	Verhouding tusschen mol. Al_2O_3 en mol. SiO_2
Aarde A.	
Van $1^1/_2$ % tot $\pm$ 14 % (= van 1,4—13,7 mol.)	1 : $\pm$ 2,7[5]
Aarde B.	
Van 1 % tot 8 % (= van 1—7,7[5] mol.)	1 : $\pm$ 3,1
Van 8—10[7] % (= van 7,7[5]—10,5 mol.)	1 : $\pm$ 2 [1])

Het silikaat, dat na zoutzuur door zwavelzuur werd opgelost, heeft eene samenstelling, die meer met die van kaolin overeenkomt.

Tabel V.

Al_2O_3 opgelost door zwavelzuur	Verhouding $Al_2O_3 : SiO_2$ in molek.
Aarde A.	
Van $\pm$ 14 tot $\pm$ 22[5] % (= van 13,7—22,2 mol.)	1 : $\pm$ 2
Aarde B.	
Van $\pm$ 11 tot 22 %	1 : $\pm$ 2

Uit deze verhoudingen van het kiezelzuur tot de aluinaarde blijkt, dat geen amorph SiO_2 en evenmin amorph Al_2O_3 (beiden als droog geworden hydrogels) of beter gezegd geen aluinaarde-arm kiezelzuur, of geen kiezelzuurarme aluinaarde in den bodem aanwezig zijn; anders zouden in de

[1]) Het is bevreemdend, dat voor het silikaatdeel in *B*, hetwelk het laatst door zoutzuur werd opgelost (zie Tabel II in de horizontale kolom *d*), eene verhouding (2,3) gevonden is, die weinig hooger is dan zij bij het door zwavelzuur ontleedbare silikaat aangetroffen is. Kan hier wellicht eene analysefout schuilen? Meer analysen van deze en dergelijke aarden zijn noodig om dit uit te maken.

eerste uittreksels met slap zoutzuur en kali in het eerste geval veel meer mol. SiO_2 op 1 mol. Al_2O_3 en in het tweede geval veel meer mol. Al_2O_3 op 1 mol. SiO_2 gevonden zijn [1]).

De gevonden verhouding tusschen Al_2O_3 en SiO_2 in het door zoutzuur ontleedbare silikaat komt bij *B* overeen met de verhouding, die ik vroeger voor zware kleisoorten in Nederland gevonden heb (1 : 3); bij *A* is de verhouding iets kleiner (1 : 2,7[5]). In eene lichte kleisooort en in Loess is de verhouding rijker aan SiO_2. Wij moeten daarbij opmerken, dat de volstrekte hoeveelheid silikaat bij *A* en *B* wel het dubbele bedraagt van dat in de zware klei van Nederland. De volgende Tabel maakt dit duidelijk, waarin de door zoutzuur opgeloste hoeveelheden Al_2O_3 bijgevoegd zijn.

Tabel VI.

	Suriname I*A*	Suriname I*B*	Nederl. versche zware klei	Java (de Kening) zware klei	Nederl. versche lichte klei	Limburg Loess
Door zoutzuur opgeloste Al_2O_3 in %	± 14	± 12	6—7	7	2,5	2,2
Mol. SiO_2 op 1 mol. Al_2O_3	± 2,7[5]	± 3	± 3	± 3	± 4,8	± 3,5

In het door zwavelzuur ontleedbare silikaat, hetgeen wij het kaolinachtige silikaat kunnen noemen, is de verhouding van SiO_2 tot Al_2O_3 daarentegen ongeveer dezelfde.

Door zwavelz. opgeloste Al_2O_3 in %	± 9	± 11	5	4,5	3,0	0,6
Mol. SiO_2 op 1 mol. Al_2O_3	± 2	± 2	2[3]	± 2	2,4	± 2,3

[1]) Zoo vond Schlösing in het eerste zoutzure aftreksel van eene Fransche aarde 5,4 mol. SiO_2 op 1 mol. Al_2O_3. Deze bevatte volgens hem vrij kiezelzuur. Een nader onderzoek door eene korte uittrekking met water en met slappe kali kan wellicht uitmaken, in hoeverre hier vrij kiezelzuur of een komplex daarvan met weinig aluinaarde voorkomt.

In het eerste zoutzure aftreksel van drie aarden uit Madagascar vond hij op 1 mol. SiO_2 (de cijfers van Schlösing zijn door mij in molekulen omgerekend):

7 — 4,2 — 2,5 mol. Al_2O_3.

Hij neemt dus veel vrije aluinaarde aan (C. R. **132**, 1203) Een nader onderzoek daaromtrent is noodig. (Zie bladz. 345 hierachter).

In sommige Javaansche aarden, welke uitzweetingen van SiO_2 vertoonen, moet dus ook vrij kiezelzuur voorkomen, of waarschijnlijker eene absorbtieverbinding van SiO_2 met Al_2O_3, waaruit door koolzuur kolloïdaal SiO_2 vrijgemaakt wordt. Ik hoop hierop later te kunnen terugkomen, evenals op Javaansche gronden die een verweeringssilikaat bezitten, zeer rijk aan Al_2O_3.

Op deze amorphe silikaten is geene chemische formule toepasselijk. Zij zijn uit kristallijne silikaten door verweering ontstaan. Elk dier kristallijne verbindingen bestaat in hare kristallen veelal uit verschillende silikaten, met eene chemische formule van denzelfden typus. Deze verschillende silikaten, in zeer uiteenloopende hoeveelheden, hebben aan den bouw van het kristal deelgenomen en vormen mengkristallen. In den regel is de verhouding van het aantal molekulen SiO_2 tot het aantal molekulen van het monoxyde, het dioxyde, het sesquioxyd dezelfde. Door de verweering ontstaat daaruit een amorph silikaat, en na den gang en den graad der verweering kan daarin SiO_2 en Al_2O_3 in zeer verschillende verhouding, met wisselende hoeveelheden bases (Fe_2O_3, FeO, CaO, K_2O enz.) overblijven. De samenstelling van het amorphe verweeringsprodukt is nog een raadsel. Want het is de vraag, in hoeverre men hetzelve beschouwen moet als een mengsel van chemische verbindingen (met eenvoudige vaste verhouding der bestanddeelen), dan wel als eene absorbtieverbinding (met onbepaalde verhouding der bestanddeelen) tusschen kiezelzuur en aluinaarde (of kiezelzure aluinaarde) met ijzeroxyde en alkalische bases, evenals zulks het geval is bij zoovele amorphe komplexen van stoffen in den kolloïdalen of geltoestand, bijv. van Fe_2O_3 met FeO, van PbO met PbO_2 (Menie), van zwavel met Au, I, Te enz. [1]), die men tot de absorbtieverbindingen mag rekenen.

7. *De Alkalische Bases.* Deze werden in eene tweede hoeveelheid aarde van I*A* en I*B* bepaald door uittrekking met zoutzuur en zwavelzuur evenals boven; doch de uittrekking met kali nagelaten (3e en 7e analyse op Tabel VII en VIII hierachter). Bovendien werd nog eene derde hoeveelheid aarde I*A* op éénmaal met sterk zoutzuur uitgekookt en in dit aftreksel de bases bepaald (4e anal. op Tabel VII).

De aarde *B* is minder uitvoerig geanalyseerd, in zooverre slechts in het eerste aftreksel de kali bepaald is. Het eerste uittreksel is twee malen bereid en geanalyseerd, *a* (6e anal.) en *a'* (7e anal.). Bij *a'* is gezorgd, dat de oplossing van Al_2O_3 niet veel verder dan tot 1 % kwam, evenals bij *A* reeds geschied was.

Door de eerste uittrekking (*a*), als het eerste % Al_2O_3 in oplossing is gekomen, is ook het komplex in oplossing gekomen, hetwelk betrekkelijk het rijkst aan alkalische bases is. Het chloruur en sulfaat is een minimum, dus zijn die bases grootendeels aan humusstoffen en aan silikaat gebonden.

[1]) Zie mijne verhand.: Die Absorption von Stoffen aus Lösungen, Zeitschr. Anorgan. Ch. **23**, 334 (1900) en Die Absorptionsverbindungen Landw. Vers. St. (1888) **35**, 74.

Tabel IX.

Op 1 *mol.* Al_2O_3:

	mol. CaO	mol. MgO	mol. K_2O
A	0,33	0,83	0,1
B	0,23	0,81	0,1

In de volgende aftreksels wordt het gehalte op 1 mol. Al_2O_3 aldus:

A	afnemend van 0,20 tot 0,03 mol.	afnemend van 0,8 tot 0,08 mol.	iets toenemend van ± 0,08 tot 0,12 mol.
B	evenzoo als *A*.		

In het meest oplosbare komplex is de meeste kalk, magnesia en ook Natron aanwezig. Merkwaardig is het, dat het kaligehalte van het silikaat — nadat het meest oplosbare komplex verwijderd is — zwak toenemend is. *A* en *B* vertoonen geen verschil, dan wellicht in het kalkgehalte van het eerste uittreksel [1]).

De koolzure kalk ontbreekt in deze Surinaamsche alluviale gronden geheel. Ook het kalkgehalte van het kolloïdale komplex is niet groot, zooals bij vele tropische gronden het geval is, zeker als gevolg van de krachtige inwerking van het koolzuurhoudende water [2]).

Het gehalte aan magnesia en kali is in vergelijking met andere kleigronden een gemiddeld gehalte. In de zware klei der jongere Nederl. aluviën, zooals van den Dollard, het IJ, nieuwe zeepolders, is het gehalte grooter, zoowel in het meest oplosbare deel van het silikaat, als in het geheele silikaat.

Tabel X. In slap zuur oplosbaar:

	Magnesia	*Kali*
Suriname I*A*	0,4 %	0,1 %
Zware klei van de Kening	> 0,2 „	± 0.15 „
Zware klei v. Dollard, IJ, Perponcher polder enz.	0,4—0,6 „	0,4—0,5 „

Op 1 mol. Al_2O_3 van het door kokend zoutzuur ontleedbare silikaat berekend, is het gehalte der aarde aan kali en magnesia kleiner dan in versche Nederl. zware zeeklei, ook aan kalk, zelfs als men natuurlijkerwijze de kalk, die als koolzure kalk aanwezig is, buiten rekening laat. Men houde echter in het oog dat I*A* en I*B* het vermelde silikaat in tweemaal grooter hoeveelheid bevatten als de genoemde zware klei in Nederland.

---

[1]) Het kalkgehalte (eerste uittreksel) was nog wat mangaanhoudend. Het mangaangehalte der aarden is gering en niet afzonderlijk bepaald. In het eerste aftreksel van A bedroeg het ± 0,1; eerder minder dan meer.

[2]) Zie Wohltmann, S. 134.

Tabel XI.

	Gehalte Al_2O_3 in kokend zoutzuur opl.	Op 1 mol. Al_2O_3		
		Mol. CaO	Mol. MgO	Mol. K_2O
Suriname I*A* . . .	± 12 % = ± 12 mol.	0,06	0,24	0,09
Zware klei (Kening, Java)	6,9 „ = 6,7[6] „	0,15	0,25	0,1
Zware klei Nederl. (Dollard, IJ, Perponcherp. enz.) .	6—7 „ = ± 6—7 „	0.15-0,20	0,4—0,5	0,15—0,2

Onzeker is het, of kleine hoeveelheden van meer basische silikaten (hunne fijnste deeltjes), die zich nog in kristallijnen toestand bevinden, door het lange koken met zoutzuur opgelost worden, en hoe groot het — altijd nog geringe — bedrag daarvan kan zijn. Onzeker is het dus ook hoeveel CaO, MgO, K_2O in de bovenvermelde hoeveelheden aanwezig zijn, welke uit die kristallijne silikaten afkomstig zouden zijn. Evenwel, de geringe toename van het kaligehalte in de opvolgende door zoutzuur opgeloste hoeveelheden van het amorphe verweeringssilikaat (in de uittreksels *b*, *c*, *d*, *e*) maken het aannemelijk dat de bases, in Tabel VII vermeld, zoogoed als geheel een bestanddeel daarvan uitmaken.

Het is hier evenzeer eene vraag, evenals bij andere kleigronden, waarom men de sterkte van het zoutzuur en de temperatuur moet verhoogen, om in een beperkten tijd meer verweeringssilikaat in oplossing te verkrijgen. De aarde is toch zeer fijn gewreven en de fijne deeltjes zijn toch na de uittrekking met een slap zuur en met loog, zooals uit het mikroskopisch onderzoek blijkt, niet aaneen gecementeerd, maar los van elkander. Water, onder deze omstandigheden, doet klei, als deze daarmede doordrongen is, geheel in fijne deeltjes uiteen vallen. Voorts leert het onderzoek, dat het achtereenvolgens door zoutzuur ontleedbare silikaat ongeveer dezelfde samenstelling bezit wat de verhouding van SiO_2 en Al_2O_3 en ook (benaderend) van K_2O betreft. Ook kan men bezwaarlijk de aarde met eenig zuur van bepaalde sterkte uitputten; met andere woorden, men kan het silikaat met zoutzuur van verschillende sterkte bij verschillende temperaturen niet scheiden in gedeelten van bepaalde ontleedbaarheid, dewijl van den duur der inwerking zooveel afhangt. Men kan evenmin aangeven, waar de ontleedbaarheid door zoutzuur eindigt, en die door zwavelzuur aanvangt. Men zal aan de verschillen in kalk- en magnesiagehalte (zie Tabel VII) den

graad van verweering en daardoor de verschillen van ontleedbaarheid wel niet willen toeschrijven? Zoo blijven deze laatste dan onverklaard. Ik hoop hierop later terug te komen.

8. *Phosphorzuur.* Het gehalte aan P_2O_5 is niet groot: 0,10—0,11 %. In de zware klei van Nederland bedraagt het 0,25—0,15, in de lichtere 0,13—0,10, in zandgronden 0,05 % en minder [1]). In een kalkarmen grond als deze Surinaamsche, is het P_2O_5 aan ijzeroxyde en aluinaarde gebonden, en verder absorbtief gebonden in de fijnste deelen van het kolloïdale komplex (humus en verweeringssilikaat). Een klein deel van het P_2O_5 kan men ook aannemen nog in de plantaardige overblijfselen aanwezig te zijn.

Het door zwavelzuur ontleedbare silikaat. Eene volstrekte scheiding van het in zoutzuur en in zwavelzuur ontleedbare silikaat laat zich wel niet bewerkstelligen. Want nadat de aarde met sterk zoutzuur tweemalen was uitgetrokken gedurende een uur (*c* en *d* Tabel I), of zelfs driemalen (*c*, *d* en *e* Tabel VII), kon door vernieuwde koking met zoutzuur nog iets meer silikaat ontleed worden (zooals de 2e analyse leert). Werd de uitkoking met zoutzuur de eene maal verder voortgezet dan de andere maal, dan bracht zwavelzuur die andere maal ook meer Al_2O_3 in oplossing. De som van beiden was dan toch dezelfde, zooals uit de volgende cijfers blijkt: [2])

Tabel XII. *Aarde* I*A*.

	1e anal.	4e anal.	2e anal.
% Al_2O_3 door zoutzuur opgelost	13,5 %	13,7	14,2
„ Al_2O_3 „ zwavelzuur „	8,9	8,9	7,9
Som . .	22,3	22,6	22,1

Het zwavelzuur bracht eene hoeveelheid van 17—19 % silikaat in oplossing, dat aan een anderen verweeringstoestand beantwoordt. Het bevat op 1 mol. Al_2O_3 minder SiO_2 dan het door zoutzuur ontleede, slechts sporen van Fe_2O_3, CaO, ook weinig MgO, maar meer kali:

	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O
Molek.	1	± 2	0,03	0,006	0,06	$0,02^5$	0,17

[1]) I. M. v. B. Die Zusammensetzung der Ackererde u. s. w. Landw. V. Stat. (1890) **37**, 370—373

[2]) Ook bij de analyse van I*B* is zulks gebleken. De uittrekking met zoutzuur is (is in de 3e analyse) niet zoover voortgezet als bij I*A*. Zwavelzuur heeft daarna meer Al_2O_3 opgelost:

% Al_2O_3 door zoutzuur opgelost . . .	10,9
% Al_2O_3 „ zwavelzuur „	11,7
	22,6

De hoeveelheid kali (0,17 %) behoort wel hoofdzakelijk tot dit amorphe silikaat, maar het is onzeker of een gering deel ook afkomstig is uit het kristallijne silikaat, waarvan het zwavelzuur iets ontleed heeft [1]). De samenstelling $Al_2O_3 . \pm 2\,SiO_2$ wijst op een kaolienachtig silikaat; kaolien wordt ook door zwavelzuur aangetast; dezelfde formule wordt daaraan toegekend, en zij bevat meestal nog wat kali.

9. *Het in zwavelzuur onoplosbare deel.* Dit werd gegloeid, gewogen en met Fluorwaterstofzuur (in sterke waterige oplossing) geheel ontleed, en de oplossing, na de omzetting der fluoruren in sulfaten, geanalyseerd. Het tekort werd als SiO_2 in rekening gebracht.

Tabel XIII.

	%	Berekend in mol.	Verhouding op 1 mol. Al_2O_3	
Aluinaarde	1,82	1,8	1	
Kali	1,03	1,1	0,61	0,9
Natron	0,33	0,53	0,29	
Kalk, Magnesia, IJzeroxyde	Sporen			
Kiezelzuur	19,32	32,2	18,0	
	22,5 %			

De aluinaarde verhoudt zich dus tot de bases kali en natron als 1 : 0,9 (in mol.), en de andere bases zijn slechts in sporen aanwezig. Aangezien dit silikaat door zwavelzuur niet ontleed is, zooals bij basischere silikaten wel het geval is, mag men dus waarschijnlijk een onverweerd zuur silikaat aannemen, hetgeen aan de samenstelling van een kali- en natronveldspath beantwoordt: 6 $(SiO_2)\ Al_2O_2\ K_2O$ en 6 $(SiO_2)\ Al_2O_2\ Na_2O$.
In deze veronderstelling wordt de samenstelling der 22,5 % residuum:

± 9,5 % kali- en natronveldspath
± 13 „ kwarts

22,5 % onverweerde deelen, in zwavelzuur onoplosbaar.

Deze uitkomst stemt met die van het mikroskopisch onderzoek. Want ofschoon de deeltjes veel te klein zijn om iets van den kristalvorm te

[1]) De hoeveelheid kali op 1 mol. Al_2O_3 in het door zoutzuur ontleedbare silikaat bedroeg van 0,08—0,12 mol., maar in het silikaat dat door zwavelzuur het eerst werd aangetast (zie Tabel VII, II) 0,2 mol. In het silikaat, dat door eene tweede behandeling met zwavelzuur werd aangetast, bedroeg het weder 0,13 mol. K_2O.

herkennen, zoo laat de nieuwe methode van Schroeder van der Kolk toe om den aard dier mineralen te bestemmen. Kwarts en kali-natron veldspath werden daarin herkend [1]); beiden als zeer kleine deeltjes. De kwartskorrels zijn iets grooter, meestal 25—50 Mikrons, enkele daarboven. Eenige diatomeënschalen en spongiolithen wijzen waarschijnlijk op den marinen oorsprong.

10. *Het watergehalte.* De aanmerkelijke hoeveelheid water in de aarde beantwoordt aan haar groot gehalte aan klei als waterabsorbeerende stof. In de zware zeeklei van Nederland is het watergehalte nog betrekkelijk grooter, als men in aanmerking neemt dat deszelfs kleigehalte veel minder is.

Tabel XIV.

	Surin. I*A*	Surin. I*B*	Zware klei (II)	Lichte klei (Wieringermeer)
Water boven zwavelzuur bij ± 15° afgegeven .	5,6	5,6	5,6	3,1
Sterker gebonden water [2])	5,8	6,0	4,9	2,0
Som . . .	11,4 %	11,6 %	10,5 %	5,1 %
Al_2O_3 door zoutzuur en zwavelzuur opgelost .	22[5]	22[6]	11,5	5,4

Het grootste gedeelte van dit water is *absorbtief* gebonden, dus niet chemisch, d. w. z. 1e. niet in eene eenvoudige aequivalentverhouding; 2e. niet met sprongen afhankelijk van de waterdampspanning der omgeving en van de temperatuur. Het absorbtief gebonden water is *geleidelijk* (kontinu) afhankelijk van waterdampspanning en temperatuur; dezelfde wetten gelden hier als voor de kolloïdale stoffen [3]) in het algemeen. Het gewicht

[1]) De heer Schroeder van der Kolk had de goedheid dat onderzoek ten deele zelf te verrichten en verder aan een zijner leerlingen, den heer I. K. van Gelder, op te dragen. Het is ook verricht en vermeld bij de overige op blz. 343 tot 350 behandelde aardsoorten. Ik betuig Prof. Schroeder v. d. Kolk en den heer Van Gelder daarvoor mijnen besten dank. De methode berust op eene uiterst nauwkeurige en vernuftige bepaling van den brekingsindex. Zie: Kurze Anleitung zur mikroskopischer krystallbestimmung Wiesbaden 1898, en inzonderheid: Bijdrage tot de karteering onzer zandgronden III in Verh. der Kon. Akad van Wet., Amsterdam, Sectie II, Deel VI, no. 4, (1898).

[2]) Het „sterker gebonden water" is niet rechtstreeks bepaald, maar uit het gloeiverlies en het humusgehalte afgeleid, volgens de door mij vroeger beschreven en gevolgde methode (Landw. V, Stat. (1890) **37**, 282/4.

[3]) Zie mijne verh.: Das Wasser in den kolloïden. Z. f. anorgan. Chem. (1896) 13, 233—356.

eener klei- en humushoudende aarde is dus niet *standvastig* (konstant), maar verandert met de verandering van waterdruk en temperatuur der lucht [1]). Die af- en toename van gewicht zijn evenwel onder gewone omstandigheden gering (van 0 tot 0,5 %) en worden eerst belangrijk, als de temperatuur vele graden, en als de druk verscheidene mM. (in kwikdruk uitgedrukt) rijst of daalt. Om dit in het licht te stellen, dienen de volgende waarnemingen (Tabel XV), waaruit tevens blijkt, dat het verschijnsel omkeerbaar is met eene geringe hysteresis [2]), welke tengevolge heeft dat watergehalte bij herwatering steeds ten achteren blijft bij dat van de ontwatering. Dit blijkt uit de vergelijking der cijfers in kolom 2 en 3. Bij herhaling der herwatering en wederontwatering werden steeds dezelfde cijfers verkregen, met eene zelfde hysteresis, waarom ik de mededeeling van al die cijfers nalaat. Het opgenomen en afgegeven water is op de geheel watervrije aarde berekend, dus hoeveel water bij 100 deelen aarde (zonder eenig watergehalte) aanwezig is, onder verschillenden dampdruk, bij 15°. Het punt van uitgang was de aarde, die door blootstelling aan verzadigden waterdamp daarmede verzadigd was geworden. Zij werd opvolgend *ontwaterd* onder afnemenden dampdruk (kolom 2). Na met sterk zwavelzuur in evenwicht te zijn gebracht, werd de aarde weder *herwaterd* onder toenemenden dampdruk (kolom 3). De verschillen in watergehalte nemen af van ruim 2 mol. H_2O tot 0,2 mol. H_2O [3]).

---

[1]) Dit is tot nog toe wel nooit in rekening gebracht. De cijfers der analysen op bladz. 351—355 hebben betrekking op het gewicht der aarde bij ± 15° en een waterdampdruk van ± 9 mM., nadat zij eerst eenigen tijd aan een hoogeren druk is blootgesteld geweest, ter wille van de hysteresis (zie Aant. 2). Die druk beantwoordt ongeveer aan den gemiddelden dampdruk (gedurende 2 jaren met een hygrometer van Klinkerfues waargenomen in mijn laboratorium). Bij standen van dien hygrometer, verschillende tusschen 65° en 85°, werd een gewichtsverschil der aarde *IA* waargenomen van ongeveer 1 % bij eene temperatuur van ± 12° (op 100 d. watervrije aarde berekend).

Bij elke verandering in den vochtigheidstoestand der lucht werd rijzing of daling van het watergehalte waargenomen, maar bij het bedrag daarvan moet men in aanmerking nemen: 1e. of die verandering bij een rijzenden dan wel een dalenden gang plaats had wegens de hysteresis (zie Tabel XV); 2e. of de waargenomen vochtigheidstoestand lang genoeg geduurd heeft, opdat de aarde zich daarmede in evenwicht heeft kunnen stellen; 3e. of de temperatuur niet te veel verschilde. De onregelmatigheden, in den gang van het verschijnsel waargenomen, laten zich daaruit verklaren. Zoo werden bij denzelfden hygrometerstand van 76° op verschillende dagen verschillen waargenomen, die tot 0,4 % bedroegen, het gevolg daarvan, dat de aarde bij die wegingen nog niet in evenwicht was gekomen met den vochtigheidstoestand der lucht.

[2]) Over de hysteresis bij kolloïdale stoffen zie mijne eerste verhandeling over Absorbtie, Zeits. Anorgan. Ch. (1896) **13**, 267—274.

[3]) Het afgegeven en opgenomen water is bepaald door het stellen van de aarde boven verdund zwavelzuur van verschillende sterkte, zoo lang tot evenwicht verkregen

Tabel XV.

Spanning waterdamp mM.	Aarde I*A*. % Hoeveelheid water aanwezig bij 100 d. watervrije aarde ↓	Aarde I*A*. % Hoeveelheid water aanwezig bij 100 d. watervrije aarde ↑	Aarde I*A*. Verschil tusschen ↓ en ↑	Aarde I*B*. % Hoeveelheid water aanwezig bij 100 d. watervrije aarde ↓	Aarde I*B*. % Hoeveelheid water aanwezig bij 100 d. watervrije aarde ↑	Aarde I*B*. Verschil tusschen ↑ en ↓
12[7]	39	39		±35	±35	
12[2]	22[5]	20,5	2	23,1	20,4	2,7
10[5]	16[3]	14,8	1,5	16,5	14,7	1,8
9	13,4	12,4	1,0	14,7	13,2	1,5
7	11,7	11,0	0,7	12,8	11,8	1,0
5	10,2	9,6	0,6	11,2	10,5	0,7
3	9,4	9,1	0,3	10,5	10	0,5
1,9	8,6	8,4	0,2	9,5	9[2]	0,3
0	6,0			7		
Temper.	↓	↑		↓	↑	
100°	5,5					
135°	4,8					
150°	4,3					

↓ = bij ontwatering ↑ = bij herwatering.

De watervrij berekende aarde kan dus bij ± 15°, onder verzadigden waterdamp, ± 39 % van zijn gewicht aan water bevatten, zonder zichtbaar vochtig te zijn, en in droge ruimte nog 6 % behouden. Zij heeft een sterk water-absorbeerend vermogen voor water, en dus ook voor andere gassen, hetgeen een groote faktor van vruchtbaarheid uitmaakt.

De gang[1]) dier absorbtie, of omgekeerd der verdamping, onder vermeerderde of verminderde dampspanning, volgt in dit opzicht de wet der

werd, dus volgens dezelfde methode als vroeger voor kiezelzuur en andere hydrogels door mij gevolgd is. Voor de drukken beneden 9 mM. waren 1—2 dagen voldoende, voor sterk zwavelzuur eenige dagen, voor drukkingen boven 9 mM. 2 tot 14 dagen, voor verzadigden waterdamp (12,7 mM.) een lange tijd, 2—3 maanden.

[1]) Wanneer een gram fijngewreven aarde in een dunne laag op een glazen schaaltje met waterdamp verzadigd in een gesloten bak boven zwavelzuur geplaatst wordt en,

kolloïden. De snelheid van absorbtie neemt *geleidelijk* (niet met sprongen) af, naarmate reeds meer geabsorbeerd is; de snelheid van verdamping neemt *geleidelijk* af, naarmate meer verdampt is.

Tabel XVI.

Verdamping van water boven zwavelzuur (13°).

Aarde 1*A*. Aanvankelijk gehalte . . . . 34,7 %			Aarde 1*B*. Aanvankelijk gehalte . . . . 34,2 %		
% water verdampt	Gedurende den tijd (in uren)	% water Verdampt in het *half uur*	% water Verdampt in het *half uur*	Gedurende den tijd (in uren)	% water verdampt
9,2	2	2,3	2,0	2 1/2	10
4,2	1	2,1	1,9	1	3,8
4,2	1 1/2	1,4	1,4	2	5,6
3,4	1 1/2	1,1	1,0	1/2	1,8

Het watergehalte der ± luchtdroge aarde bereikt 13,4 % bij 9 mM.

0,9	1/2	0,9	0,7	1	1,4[5]
0,8	1/2	0,8[3]			
0,6	1/2	0,6	0,5	1/2	0,5
0,4	1/2	0,4	0,4	2	1,6
0,3[5]	1/2	0,3[5]			
		Afnemende van	Afnemende van		
2,4	6	0,3[5] tot 0,1	0,4 tot 0,1	6	1,9
1,2	17	0,03[5]	0,02[3]	17	0,8
Verdampt 27,6 %	31 1/2 u.			31 1/2 u.	26,6 % Verdampt
Nog aanwezig 7,1 „					7,6 „ Nog aanwezig
Aanvankelijk gehalte 34,7 %					34,2 % Aanvank. gehalte

Voor de verdamping van de laatste 1/10 percenten waren nog twee tot drie dagen noodig.

---

zwavelzuurdroog geworden, vervolgens boven water en na bepaalde tusschenpoozen gewogen wordt, dan kan uit het gewichtsverlies en uit de gewichtstoename de snelheid van *verdamping* en van *absorbtie* afgeleid worden. Die snelheidscijfers, op het half uur, of het uur, of de dag (de tijdseenheid) berekend, hebben natuurlijk geene volstrekte maar slechts een betrekkelijke waarde. Zij gelden slechts voor denzelfden bak en voor dezelfde hoeveelheid aarde. Zij leeren slechts de toe- of afname der snelheid in afhankelijkheid van het gehalte kennen.

Tabel XVI bevat de uitkomsten dier snelheidsbepalingen bij ± 13°. Aanvankelijk hadden de aarden een gehalte van 35 % water ongeveer op 100 d. watervrije aarde (waarop alle cijfers berekend zijn).

Tabel XVI. (*Vervolg*).

Absorbtie van waterdamp boven water (13°).

Aarde I*A*. Aanvankelijk gehalte . . . . . 7,1 %			Aarde I*B*. Aanvankelijk gehalte . . . . . 7,6 %		
% water geabsorbeerd	Tijd (uren)	% water geabsorbeerd in het *half uur*	% water geabsorbeerd in het *half uur*	Tijd (uren)	% water geabsorbeerd
4,2	1	2,1	2,1	1	4,2
1,7⁵	1	0,8⁷	0,7	1	1,4
0,5	½	0,5	0,5⁵	½	0,5⁵
Het watergehalte der ± luchtdroge aarde bereikt 12,5 % bij 9 mM.					
1,2	1½	0,4	0,5	1	1,0
0,7³	1	0,3⁶	0,4	1	0,8
0,6	1	0,3¹	0,2⁵	1	0,5
1,0	2	0,25	0,22⁵	1	0,4⁵
0,7	2	0,17⁵	0,20⁵	2	0,8²
0,5	2	0,12⁵	0,13⁵	3	0,8¹
3,0	17	0,08⁵	0,1	17	3,4
Geabsorbeerd 14,1 %	29½ u.			28½ u.	13,0 % Geabsorbeerd
Aanvank. gehalte 7,1 „					7,6 „ Aanvank. gehalte
21,2 %					21,6 %

Toen de aarde onafgebroken een dag boven water verbleef, absorbeerde zij diezelfde hoeveelheid water, 14 %, in ongeveer 1 etmaal, dus in 5—6 uren minder.

Tijd	% water geabsorbeerd in 1 dag		% water geabsorbeerd in 1 dag	Tijd
1e dag		15,8	13,9	1e dag
2e „		2,0	2,0	2e „
3e „		1,1	4 × 0,7 = 2,9	3e tot 7e „
4e tot 7e „	4 × 0,8 =	3,4		
8e „		0,5	0,3	8e „
9e „		0,3	0,2	9e „
na nog 1 maand gewogen		4,8	7,1	na nog 1 maand
na nog 2½ maand		5,4		
	Geabsorbeerd	33,3 %	Geabsorbeerd 26,4 %	
	Aanvankelijk aanwezig	6,8 „	Aanvankelijk aanwezig 7,1 „	
	Gehalte	40¹ %	Gehalte 33,5 %	

De verdamping geschiedt bij de met waterdamp verzadigde aarde eerst met eene snelheid, die nauwelijks van die der verdamping van enkel water verschilt; de waarnemingen waren nog niet nauwkeurig genoeg om dat verschil scherp genoeg te bepalen. Eerst als een gehalte (21 %) bereikt was, hetwelk aan eene waterdampspanning van 12^2 mM. beantwoordt (dus slechts 0,5 mM. beneden die van verzadigden waterdamp), was de vermindering van snelheid merkbaar. Na een dag was het gehalte bijna bereikt, hetwelk met zwavelzuur in evenwicht was. Voor de laatste geringe hoeveelheid waren nog eenige dagen noodig.

De snelheid van absorbtie der zwavelzuur-droge aarde is groot genoeg dat na een dag het gehalte reeds bereikt was, hetwelk aan een druk van 12^2 mM. beantwoordt. Voor de overige hoeveelheid waren weken noodig. Dit water was dan ook uiterst zwak gebonden.

De tijden voor de ontwatering en herwatering benoodigd, waren kleiner dan de Tabel aangeeft ($31\frac{1}{2}$ en $29\frac{1}{2}$ uur), omdat de herhaalde wegingen telkens een tijdsvermeerdering teweeg brengen; vooreerst dewijl bij het wegen eene geringe hoeveelheid water hetzij verdampt, hetzij geabsorbeerd wordt; ten tweede omdat de glazen bak telkens geopend wordt en eenige lucht indringt die te veel of te weinig waterdamp bevat. De oogenblikken van het wegen zelf zijn zoo goed mogelijk afgetrokken.

Bij temperaturen van 15° tot 100° en verder tot 150° verliest de zwavelzuurdroge aarde betrekkelijk weinig water en wordt de invloed van de waterdampspanning geringer. Als zij bij 100° aan de lucht standvastig gewicht had verkregen, verloor zij niet meer toen zij aan een stroom zwavelzuurdroge lucht werd blootgesteld. Bij nog hoogere temperaturen is het watergehalte en de gang der ontleding niet meer te bepalen, omdat de organische stoffen zich mede ontleden; de afgifte van water is niet meer omkeerbaar, omdat de physische toestand van het kolloïdale silikaat zich wijzigt, en daarmede het absorptievermogen. Om de laatste deelen water te verwijderen, is eene sterke gloeihitte noodig, zooals bij kolloïdale stoffen algemeen is waargenomen (SiO_2, Al_2O_3 enz.).

De kracht, waarmede de waterdeeltjes door de amorphe silikaatdeeltjes gebonden wordt, moet dus voor de opvolgende laagjes, welke *op* en *in* die deeltjes geabsorbeerd zijn, verschillend wezen. Zij is in die laagjes geleidelijk (kontinu) sterker, naarmate een laagje zich dichter bij het absorbeerend silikaatdeeltje bevindt. De dampspanning die de aarde bezit, is dus des te zwakker, naarmate meer laagjes verdampt zijn, des te sterker naarmate meer laagjes geabsorbeerd zijn.

Men mag aannemen dat de grootste hoeveelheid van dit water aan het door zoutzuur en zwavelzuur ontleedbare silikaat gebonden is tot eene absorbtieverbinding. Een klein gedeelte komt aan de organische stof toe, want humus is een kolloïd met een sterk absorbtievermogen. Hoeveel water echter aan het in zoutzuur ontleedbare en hoeveel aan het in zwavelzuur ontleedbare silikaat toekomt, is niet gemakkelijk te bepalen. Een onderzoek daarnaar moet ik nog verrichten; vermoedelijk bevat het door zoutzuur ontleedbare silikaat het meeste. Een klein gedeelte water kan chemisch gebonden zijn. Voorshands laat zich berekenen, dat de hoeveelheid sterker gebonden water (5—6 % op de luchtdroge aarde) niet toereikend is om op elk molekuul twee mol. H_2O aan te nemen, zooals gemeenlijk voor kaolin aangenomen wordt, tenzij dan in het door zoutzuur ontleedbare silikaat eene kleinere hoeveelheid (minder dan 2 mol.) sterker gebonden water aanwezig ware [1]).

11. *Waterhoudend vermogen* (*kapaciteit voor water*). Dit vermogen is een hoogst belangrijke faktor van vruchtbaarheid. Want daaraan is in zekere mate evenredig (of althans daaruit laat zich beoordeelen) het vermogen des bodems: 1e. om gassen uit de atmospheer (CO_2, NH_3, H_2O, luchtstof) te absorbeeren, en 2e. om water in hare kapillaire holruimten op te slorpen en te binden (vast te houden). Dat vermogen nu is afhankelijk 1e. van de gansche bodemoppervlakte — d. i. de uit- en inwendige [2]) oppervlakte der aarddeeltjes; 2e. van de aard der deeltjes, want bijv. kleideeltjes absorbeeren op hunne oppervlakte veel sterker dan zanddeeltjes,

---

[1]) Voor de luchtdroge aarde is de verhouding, wat het sterk gebonden water betreft:

Gevonden in %:	22,6	Al_2O_3	31,2	SiO_2	5,3	H_2O	(sterk gebonden)
dus in molekulen:	2,2[1]	„	5,2°	„	2,9[5]	„	
d. i. op 1 molekuul	Al_2O_3		2,3[6]	mol. SiO_2	1,3[4]	mol. H_2O.	

Voor de Al_2O_3 van het in zwavelzuur ontleedbare silikaat alleen is de hoeveelheid van 6 % sterk gebonden H_2O meer dan toereikend:

Gevonden in %:	9	Al_2O_3	10,5	SiO_2	5,3	H_2O	(sterk gebonden)
dus in molekulen:	0,88	„	1,7[5]	„	2,9[5]	„	
d. i. op 1 molekuul	Al_2O_3		2 mol.	SiO_2	3,3[5]	mol. H_2O.	

Het is dus in het geheel niet zeker, maar toch mogelijk, dat het kaolienachtige silikaat 2 mol. H_2O sterk gebonden houdt, maar dan houdt het door zoutzuur ontleedbare silikaat iets minder dan 1 mol. H_2O sterk gebonden. Het is niet onwaarschijnlijk, dat dit gedeelte van het verweeringssilikaat wel veel water kan absorbeeren, maar met zwakkere binding en dus weinig sterk gebonden water inhoudt.

[2]) Inwendige oppervlakte komt voor bij die deeltjes, welke poreus zijn, zooals bv. ledige cellen van organische weefsels, en alle kolloïden welke bij de ontwatering holle binnenruimten verkrijgen, zooals kiezelzuur. Zie mijne verhand.: Einwirkung von höheren Temperaturen auf das Gewebe des Hydrogels von SiO_2. Z. f. Anorg. Ch. 1902, **30**, 265/7.

zoodat zand weinig, klei veel water insluit; 3e. van de kapillaire holten, die de aarddeeltjes van elkander scheiden, welke op hunne beurt afhankelijk zijn van de wijze waarop die aarddeeltjes zich ten opzichte van elkander geschikt hebben. Voor het laatste behoeven wij slechts te wijzen op het zoogenaamde kruimelen van de klei onder den invloed van eene geringe hoeveelheid zoutoplossing, en omgekeerd op het dichtslempen der klei, wanneer opgeloste stoffen zooveel mogelijk verwijderd zijn; evenzoo op de mechanische bewerkingen, de verteering van organische stoffen, de gangen van mikro-organismen, welke de losheid des bodems, en dus de verruiming van kapillaire holten bevorderen.

Al deze omstandigheden laten zich nog niet bepalen en in cijfers brengen. Maar men kan vooreerst wel bepalen, hoeveel waterdamp eene aardsoort op zijne gansche bodemoppervlakte vermag te verdichten of te absorbeeren, binnen zekere (lagere) grenzen van temperatuur; ten tweede kan men bepalen hoeveel zulk een met waterdamp verzadigde aarde aan water nog kan opslurpen en vasthouden in hare kapillaire holruimten, wanneer zij in haren natuurlijken toestand verkeert, of (als dit niet mogelijk is) in een bepaalden toestand gebracht is. Men kan haar bijv. zooveel mogelijk laten inklinken, als zij met water verzadigd is.

De eerste bepaling is in de vorige § behandeld. Zij gaf:

100 deelen watervrije aarde, bij ± 15° met waterdamp verzadigd, hadden opgenomen . . . . . ± 39 % water

De tweede bepaling gaf:

100 deelen watervrije aarde slurpten daarna nog aan water op [1]) . . . . . ± 60 „ „

zoodat het gewicht der aarde verdubbeld was.

Eene vroeger gedane bepaling op versche zware klei van het *IJ* (uit den Houtrakpolder), op dezelfde wijze berekend, had gegeven 105 %.

---

[1]) Evenals vroeger heb ik die bepaling aldus verricht: de stukjes klei werden niet fijngewreven, maar in water gebracht om geheel op te weeken; de natte slib werd op een gewogen trechter (*a*) met een gewogen filtrum (zoowel bij 100° gedroogd (*b*) als met water bevochtigd (*c*) gewogen) gebracht en, tegen verdamping beschut, zoolang weggezet totdat geen water meer afliep, geen water meer op de gladde oppervlakte der natte klei overbleef, en de massa niet meer inklonk. Dit alles gelukte en geen scheuren of holten waren zichtbaar. Daarna werd gewogen (*d*), op 100° gedroogd en opnieuw gewogen (*e*).

Het gewicht der bij 100° gedroogde aarde was dus: $e - (a + b) = A.$
„ „ „ met water volgezogene aarde: $d - (a + c) = B.$
„ „ van het opgenomen water: $B - A.$

Eene herhaling der proef heeft ongeveer dezelfde uitkomst gegeven.

Ook eenige andere monsters zware klei uit het IJ gaven dergelijke uitkomsten [1]).

De aarden I van Suriname bezitten dus eene groote bodemoppervlakte en een groot absorbeerend en waterinsluitend en -terughoudend vermogen [2]).

Tabel XVII en XVIII geven het overzicht der chemische analysen (blz. 355).

Uitkomsten.

De aarde is eene zware alluviale klei, waarschijnlijk uit het zee- of brak water, in vroegeren tijd als slib afgezet. Zij is niet van vulkanischen oorsprong. Zij is geheel verschillend van de grondsoort, die men in tropische streken veelvuldig aantreft en Lateriet noemt [3]). Zij bestaat zoogoed als geheel uit fijnaarde, ± 63 % klei en ± 22 % zeer fijn zand. Dit zand bestaat uit ± 12⁵ % kwarts en ± 9⁵ % veldspathachtig mineraal. De klei werd door herhaaldelijk behandelen met zoutzuur en vervolgens met zwavelzuur gescheiden in ± 40 % door zoutzuur en ± 20 % door zwavelzuur ontleedbaar verweeringssilikaat.

Zij mist koolzure kalk. Chloruren en sulfaten zijn, zooals gewoonlijk, slechts in sporen aanwezig. De beste alluviale kleigronden in Nederland bevatten ± 40 % klei, ± 40 % zand en ± 10 % koolzure kalk; die klei wordt op dezelfde wijze gescheiden in ± 30 % door zoutzuur, voor ± 10 % door zwavelzuur ontleedbaar verweeringssilikaat.

Het kalkgehalte van den bodem is klein. In het gemakkelijkst oplosbare

---

[1]) Aangezien bij deze monsters de hoeveelheid sterk gebonden water niet bepaald was, is de waterkapaciteit op de luchtdroge aarde berekend. Om dezelve met die van de Surinaamsche klei, en met bovenvermeld monster klei uit het IJ te kunnen vergelijken, zijn deze beide ook op luchtdroge aarde berekend.

100 deelen luchtdroge aarde namen op aan water:

Suriname I*A*	89 %
IJ-klei (Houtrakpolder)	94 „
Zeven monsters uit verschillende polders van het IJ (bepaald in 1873) 88, 89, 90, 92, 93, 94, 95 %, gemiddeld	91⁶ „
Klei uit den Finsterwolder Dollardpolder (bepaald in 1860)	70 „

[2]) A. Mitscherlich heeft onlangs nog eene andere bepaling gedaan, om een faktor te bepalen, die met de bodemoppervlakte in nauw verband staat, nl. de warmte, welke ontwikkeld wordt als de aarde water absorbeert (Benetzungswärme). Deze warmteontwikkeling volgt, zooals te verwachten was, dezelfde wet als de waterdampspanning der aardsoort. Naarmate de aarde reeds armer of rijker aan water is, bedraagt de warmteontwikkeling meer of minder. Eene aarde dus, die boven sterk zwavelzuur bij gewone Temp. zooveel mogelijk water afgegeven heeft, ontwikkelt eene steeds afnemende hoeveelheid warmte, wanneer zij achtereenvolgens eenige malen eene even groote hoeveelheid water absorbeert. Mitscherlich heeft de waterkapaciteit voornamelijk voor lichte, zandige gronden bepaald, op beide wijzen. (Landw. Jahrbücher 1901, S. 361—427).

[3]) Wohltmann S. 145—151.

deel van het kolloïdale silikaat en van den humus — dus in het voor de planten meest toegankelijk deel — is de kalk, magnesia en kali niet zoo groot als in jongere zeeklei van Nederland, maar van een gemiddeld bedrag; evenzoo het gehalte aan alkalische bases in het gansche door zoutzuur ontleedbare silikaat. Het ijzergehalte der klei is in *A* normaal. In Aarde *B* is bovendien een deel (± 1,00) als vrij of zeer los gebonden ijzeroxyde aanwezig, hetwelk den bodem geel kleurt.

De klei bevat geen vrij kiezelzuur en evenmin vrije aluinaarde. Het in zoutzuur oplosbare silikaat bevat SiO_2 en Al_2O_3, in de verhouding van ongeveer 1 mol. Al_2O_3 op $2^2/_3$ tot 3 mol. SiO_2; het door zwavelzuur ontleedbare kaolinachtige silikaat bevat ze in de verhouding van 1 mol. Al_2O_3 op ± 2 mol. SiO_2.

Het humusgehalte is niet hoog, zooals in tropische gronden veelal het geval is, ± 3 %. Het komt overeen met het humusgehalte van de lichte kleisoorten in Nederland, terwijl de zware kleigronden 6—7 % bevatten.

Het phosphorzuurgehalte is een gemiddeld (0,11 %). In zware klei van Nederland bedraagt het 0,14—0,25 %. De aarde heeft een hoog waterabsorbeerend en een hoog waterhoudend vermogen (waterkapaciteit).

Tusschen den sinds lang bebouwden kakaogrond (I*B*) en den nieuwen kakaogrond (I*A*) is geen verschil van beteekenis kunnen aangewezen worden, behalve in het ijzeroxydgehalte, zooals boven vermeld.

Blijkt uit dit alles, dat de aarde eene zeer vruchtbare is, voorzoover de chemische en physische samenstelling betreft, zoo ontbreken mij vele gegevens ter beoordeeling van den staat van vruchtbaarheid, waarin deze bodems verkeeren. Deze zijn de physische eigenschappen en toestanden, die op het terrein zelf moeten onderzocht worden, en welke betreffen de dikte der bovenste humushoudende laag en die der diepere lagen, de diepte van het grondwater, de mechanische bewerking van den bodem, de doorlatendheid, de regenval, de beschaduwing enz. enz.

De uitvoerige analysen van de aarden I*A* en *B* zijn geschikt om het karakter van deze grondsoort vast te stellen. Daarmede kunnen nu andere grondsoorten in Suriname vergeleken worden, die tot denzelfden typus behooren, en dan is geen uitvoerige analyse meer noodig om hare waarde en vruchtbaarheid te beoordeelen.

Om den typus van eene grondsoort te herkennen, is evenmin eene uitvoerige analyse noodig. Daartoe kunnen in hoofdzaak de volgende onderzoekingen dienen.

1e. *Uitwendige waarneming.* Deze leert den toestand van verdeeling (fijnheid, grofheid, bijzondere inmengels), en of ophoopingen (konkrementen of aggregaten) van ijzeroxyde, kiezelzuur etc. aanwezig zijn.

2e. *Afslibbing der fijnste deelen en mikroskopische waarneming van het residuum.* Daaruit kan het gehalte aan klei, aan kwarts, aan mineraalfragmenten en hunne korrelgrootte geschat worden. De mineraalfragmenten kunnen dikwijls den vulkanischen oorsprong verraden (Magnetiet, Hornblende, jong vulkanische Veldspath enz.), of wel de gesteenten, waaruit de grond door verweering ontstaan is (zooals mineraalfragmenten van Veldspaten, Sillimanniet, Distheen, Ilmeniet enz.).

3e. *Behandeling met water, verdund azijnzuur en verdund zoutzuur.* De qualitatieve analyse kan leiden tot eene schatting van de hoeveelheden chloruren, sulfaten, karbonaten. Daaruit kan het blijken of de grond al of niet tot de ziltige, alkalische enz. behoort, of zij koolzure kalk bevat en of het meest oplosbare deel rijk of arm aan kalk en magnesia is.

4e. *Korte behandeling met verdunde kaliloog.* Wordt daardoor eene hoeveelheid silikaat in oplossing gebracht, dan is er vermoeden dat een vulkanische grond voorligt, zooals het onderzoek der vulkanische gronden van Deli (Sumatra) en van Malang (Java) mij geleerd heeft [1]). Als daarbij in verhouding tot de aluinaarde weinig kiezelzuur in oplossing komt, dan is eene grondsoort aanwezig, die tot de type Lateriet kan behooren (zie hieronder blz. 343). Het mikroskopisch onderzoek heeft daarop reeds gewezen. Ook het omgekeerde kan gevonden worden: veel kiezelzuur in verhouding tot de aluinaarde.

Blijkt het uit dit onderzoek, dat de aarde tot de type van I*A* en *B*, dus tot de gewone alluviale slibvormingen behoort, en is daarvan ééne uitvoerige analyse bekend, dan kan men gewoonlijk met enkele quantitatieve bepalingen volstaan, namelijk

1e. van het water boven zwavelzuur of bij 100° uitgedreven;

2e. van het gloeiverlies der naar 1e behandelde aarde;

3e. van het in zoutzuur oplosbare ijzeroxyde.

Het onderzoek toch der alluviale kleigronden in Nederland en elders heeft mij geleerd, [2]) dat de hoeveelheden bij 100° of boven zwavelzuur uitgedreven water, van het gloeiverlies en van het ijzeroxyde in nauw verband staan:

---

[1]) Landw. V. St. **37**, 257—274.

[2]) Landw. V. St. (1890) **37**, 255.

4e. met het gehalte aan klei;

5e. aan humus; en

6e. en 7e. aan de alkalische bases, kali en magnesia (in zoutz. opl.).

Uit de bepaling der drie eerste kan men tot eene schatting komen van de drie laatste.

Tabel XIV.

	Zware klei	Lichtere kleigr.	Een nog lichtere kleigr	Lichtste kleigronden
	%	%	%	%
1. Water (bij 100° uitgedreven)	6—5	5 - 3	3	3—1
2. Gloeiverlies	12—9	8—6	5[3]	5—3
3. IJzeroxyde	5	4—3	2	3—1
4. Al_2O_3 in zoutz. opl. .	7—6	5—3	2[5]	2,5—Sporen
4. Al_2O_3 in zwavelz. opl.	5—6	5—3	2[5]	2[5]—Sporen
5. Organische stof . . .	7—6	6—3	3[2]	3—1
6. Kali	1	0,9—0,7	0,5[5]	0,5—0,?
7. Magnesia	2—1.5	1,5—1	1,3	1—0,?

Het gehalte aan Al_2O_3 is een maat voor het kleigehalte.

Als karbonaten gevonden zijn, moet eene koolzuurbepaling gemaakt worden, om het gehalte aan koolzure kalk te leeren kennen. In sommige gevallen kan bovendien eene humus-, eene stikstof-, en eene phosphorzuur bepaling wenschelijk zijn. Voor het geval, dat eene bepaling van de meest oplosbare, voor de planten toegankelijke stoffen wenschelijk is, kan eene uittrekking met azijnzuur of met eene 1 % citroenzuuroplossing gedaan worden, mits daarbij op de beschouwingen van Sjollema acht worden gegeven [1]).

Blijkt het uit het bovenvermelde onderzoek, dat de aarde tot een anderen typus behoort, dan laat zich daaruit gemakkelijk afleiden, welke quantitatieve bepalingen bij de uitvoerige analyse bovendien nog noodig zijn. Zoo moeten bijv. nog bepaald worden:

a. in ziltige gronden de hoeveelheden gips, keukenzout, bitterzout;

b. in zure gronden dezelfde zouten en het in water oplosbare vrije zwavelzuur, en ferro-ferri sulfaat [2]);

---

[1]) Zur Methodik der Chem. Bodenuntersuchung. Chem. Zeit. 1901, **29**, 311.

[2]) Zijn de hoeveelheden zuur (ClH, SO_3, CO_2 enz.) en basis (CaO, MgO, K_2O, Na_2O, Fe_2O_3, Al_2O_3) bepaald, dan moet de som der daaruit berekende aequivalenten der zuren, en die der basis met elkander vergeleken worden, om de neutraliteit, of de zuurheid, of de alkaliniteit te leeren kennen.

c. in zure humusgronden het gehalte aan in water oplosbaar humuszuur, en de oplosbare humuszuurverbindingen [1]);

d. in alkalische gronden de hoeveelheid in water oplosbare alkalizouten [1]);

e. in oergronden het losse of los gebondene ijzeroxyde;

f, in vulkanische gronden, of dezulke welke een zeer basisch silikaat bevatten, de in verdunde kali oplosbare aluinaarde;

g. in gronden, die vrij of los gebonden kiezelzuur bevatten, de hoeveelheid daarvan.

Is de uitvoerige analyse van een dier typen gemaakt of reeds bekend, dan zal voor gronden die tot dien typus behooren, eene der bepalingen van *a*—*g* dikwijls nog noodig zijn.

Ook is het mogelijk, zelfs waarschijnlijk, dat nog andere grondsoorten gevonden worden. die typisch te onderscheiden zijn.

Dit alles geldt het chemisch onderzoek. Het physische omvat de bepaling van het waterhoudend en waterdoorlatend vermogen, het absorbtievermogen voor waterdamp, ammoniak enz.

Aan het geheele onderzoek ga vooraf de waarneming op het terrein zelf betreffende: de ligging ten opzichte van de omgeving; de doorlatendheid en het bindingsvermogen voor water; de staat, waarin zich de bodem bevindt door de mechanische bewerking (ploegen, eggen, spitten, greppelen enz.); de dikte der humuslaag; de dikte der onderzochte laag; de dikte en natuur van een of meer lagen daaronder; de diepte en de beweging van het grondwater; de regenval en de gemiddelde temperatuur in verschillende jaargetijden; de beschaduwing van het terrein.

Bij de vraag, welke verbeteringen men in den bodem kan aanbrengen, komen afwatering, besproeiing, bewerking, bemesting in aanmerking.

Voor de bemesting heeft men van raadgevingen, die enkel uit de kalk-, kali- en phosphorzuurcijfers afgeleid worden, geen heil te verwachten; zooals bijv.: dat een bodem, die 0,2—0,3 % kalk of $^1/_{10}$ % kali of phosphorzuur in het zoutzure aftreksel bevat, eene bemesting met kalk of met Stassfurter kalizouten of met Thomasslakken of superphosphaat zou moeten ontvangen, maar dat een grond die 0,5 % CaO, 0,2 % K_2O, 0,13—0,15 % P_2O_5 bevat, die bemestingen niet noodig zoude hebben. Ten gevolge van zulke raadgevingen zijn dikwijls meststoffen op onnoodige

[1]) Zie de noot op blz. 340

of ondoelmatige wijze aangewend, en dus noodelooze kosten gemaakt, of zelfs in enkele gevallen schade aan het gewas gedaan.

Ik beweer niet, dat eene bepaling van het in een zeer slap zuur oplosbare phosphorzuur en alkalische bases, van den humus, en van de daarin aanwezige stikstof geen waarde hebben. Maar daaraan moet vooraf gaan een onderzoek naar de gesteldheid van den bodem, zooals dat boven aangegeven is. Dan moet in aanmerking genomen worden, welke gewassen gekweekt worden: gewassen die meerdere jaren op het veld staan, of slechts eenige maanden; gewassen waarbij eene snelle of eene langzame opname van bodembestanddeelen plaats heeft en noodig is. Wanneer bemestingsproeven met guano, met dierlijke uitwerpselen, plantaardigen afval, met Thomasslakkenmeel, superphosphaat, kalk, kalizouten genomen worden, dan moet zulks onder leiding van een *ervaren* landbouwchemikus geschieden, die de terreinen van aanschouwing kent en ze nauwkeurig heeft opgenomen, die niet alleen boven de alledaagsche empirie, maar ook boven de oude, nu afgedane bemestingstheoriën staat. Daarbij moeten onderzoekingen naar schadelijke plantaardige en dierlijke parasieten niet verzuimd worden, welke dikwijls slechte oogsten veroorzaken en vroeger verkeerdelijk aan de samenstelling van den bodem of aan eene uitputting derzelve toegeschreven werden (bijv. de klaver- of beetwortelenmoeheid des bodems). Ook de nuttige werking van sommige parasieten, die in symbiose met gekweekte planten leven, bijv. van degenen die humus verbruiken of stikstof assimileeren en daarmede de gekweekte planten voeden, moet in het oog gehouden worden.

De oprichting mettertijd van een landbouwkundig-chemisch proefstation in Suriname is wenschelijk, *mits* daaraan zeer bekwame landbouwscheikundigen verbonden kunnen worden.

II. Voorloopig onderzoek van enkele andere grondsoorten uit Suriname.

Behalve de alluviale klei (I*A* en *B*), heb ik onder de door Dr. Van Cappelle mij gegeven aardmonsters eenige aangetroffen, die verder van de kust afkomstig zijn en tot een anderen typus behooren. Zij verraden een anderen oorsprong. Op de boven aangeduide wijze heb ik daarvan een voorloopig onderzoek verricht. Deze grondsoorten zijn aldus door Dr. v. C. beschreven:

Aarde II. Lateriet. Zij ligt op primaire ligplaats, aan den voet van eene hoogte die ten oosten grenst aan den Avenovero-waterval, in de

rivier Kabalebo, eene zijrivier van de Corantyne. Zij is ontstaan door de verweering van een zoisiet of sillimannietgneiss-gesteente, welks bestanddeelen zijn: Albiet, Orthoklaas, Kwarts, Oligoklaas, met eenig Sillimanniet, Biotiet, Granaat, Magnetiet met ingesloten Spinell.

Aarde III. Verplaatste verweeringsgrond van een Diabaas (of Dioriet)-gesteente. Afkomstig van den steilen oever van het linker kreekje van Blanche Marie.

Aarde IV. Evenzoo verplaatste verweeringsgrond van Diabaas (of Dioriet)-gesteente, volgens opgave veel overeenkomende met de Terra roxa van Brazilië. Afkomstig van den voet van den Avenovero-val.

Aarde V. Verweeringsgrond van graniet, van den hoogen oever der Beneden-Nickerie.

Aarde II (Suriname). Lateriet.

Deze grondsoort is door Dr. v. C. Lateriet genoemd. Zij is geelrood gekleurd door veel ijzeroxyde. Zij is *niet* plastisch en gemakkelijk fijn te wrijven; de samenhang der korrels is dus gemakkelijk te verbreken. Zij is niet zooals de zware klei tot harde stukken ingedroogd, maar heeft een korrelachtig aanzien, hetwelk aan het de deeltjes cementeerende ijzeroxyde te danken is. Zij is arm aan humus en bestaat bijna geheel uit fijnaarde, die door verweering ontstaan is.

Tabel XIX.

	Uittrekking [1]) met:	% SiO_2	% Al_2O_3	% Fe_2O_3	Verhouding in Molekulen $SiO_2 : Al_2O_3 : Fe_2O_3$
1	*a.* Zoutzuur van 1.04 S. G. bij 60° een half uur	0,46	6,13	16,96	0,23 : 1 : 0,88
	b. Daarna met kali 1,03 S. G. bij 50° 5 min.	1,23	6,2°		
2	*a.* Met zoutzuur (1,1 S. G.) een kwartier bij 100°	0,83	5,71	16,03	0,85 : 1 : 1,36
	b. Daarna met kali als in 1	2,28	0,58		
3	Met kali van 1,03 S. G. gekookt ½ uur	1,97	11,6°		0,27 : 1
4	Met sterk zoutzuur (1,2 S. G.) ½ uur gekookt. Daarna met kali als in 1	1,06	0,96	1,63	1,8 : 1 : 1,04
	Som	7,76 %	31,2 %	34,6 %	
	Te zamen	73.5 %			

[1]) 2,5 gram aarde, 50 CC. zuur, 25 CC. kaliloog.

Tabel XX.

Oplosbaar in zoutzuur en kali (SiO_2, Al_2O_3 en Fe_2O_3)		73,5
„ „ „	CaO	0,2
„ „ „	MgO	0,3
onoplosbaar	Silikaten	± 3
onoplosbaar	Titanijzererts (Ilmeniet)	± 4
Water (bij 100° vluchtig)		4,8
Organische stof en sterker gebonden water		14,4
		100,2

De aarde bestaat voor bijna $^3/_4$ uit in verdunde zuren en kali oplosbar stof. Wordt zij met water opgewreven en geslibt, nadat zij eerst van he meeste ijzeroxyde beroofd is, dan blijft slechts een klein gedeelte eenige tijd zwevende, hetwelk echter na weinige uren reeds bezonken is; zi bevat dus bijna geen klei zooals die in alluviën voorkomt.

Verdund zoutzuur loste bij zachte verwarming bijna al het ijzeroxyde o (33 %), dus $^1/_3$ van het gewicht der aarde. Zij bevat ook veel Al_2O_3 (31 %), voor een deel (12 %) nog gemakkelijker oplosbaar in slappe kal dan in slap zuur; evenzoo voor een ander deel (18 %) gemakkelijke oplosbaar in slappe kali bij koking dan in zoutzuur van 1,1 S. G. bij 100° Met dit aluminiumoxyde komt maar eene geringe hoeveelheid SiO_2 in oplossing (6,7 %). Sterk kokend zoutzuur bracht daarna nog 1,6 % Fe_2O_3 en 2 % van een basisch silikaat van Al_2O_3 in oplossing (verhouding 1,8 mol. SiO_2 op 1 mol. Al_2O_3 en op 1 mol. Fe_2O_3). Daarna bleef nog onopgelost ± 3 % silikaten en ± 4 % Titanijzererts. In de eerste werden (door den heer van Gelder) herkend: weinig Kwarts (± 37 mikrons gemiddeld groot), basische silikaten als Sillimanniet en Distheen (Al_2O_3 SiO_2) en eenige Zirkoon (SiO_2 ZrO) van ± 25 mikrons, maar geen Granaat. De laatste werd hier niet waargenomen, evenmin als in de volgende aarden no. 3, 4 en 5.

Hoe moet men zich nu de samenstelling van het in verdund zoutzuur en in slappe kali oplosbare gedeelte (uittreksel 1—3) voorstellen?

Men kan daarin aannemen: vrij ijzeroxyde, vrije aluinaarde (zoowel amorphe waterhoudende aluinaarde als kristallijne Hydrargilliet $Al_2O_3 . 3 H_2O$, waarschijnlijk geen Diaspoor Al_2O_3 H_2O), en daarnevens nog eenig komplex van kolloïdale Al_2O_3 en Fe_2O_3; verder een kolloïdaal komplex van Al_2O_3 en SiO_2 of een basisch aluminiumsilikaat; bovendien in uittreksel 4 wellicht $Al_2O_3 . \pm 2\ SiO_2 . x\ H_2O$? Het is evenwel nog niet mogelijk om die bestanddeelen allen aan te wijzen en vooral niet hoeveel daarvan aanwezig zijn.

Bauer [1]) neemt in den Lateriet der Seyschellen eilanden [1]) (evenals in Bauxiet) een hydraat van Al_2O_3 aan met 3 mol. H_2O en herkent die onder het mikroskoop, nevens aderen en holten gevuld met ijzeroxyd, als een fijnschubbig aggregaat van tafeltjes en plaatjes. Daar de hoeveelheid ijzeroxyde niet groot is, komt het water, hetwelk de analyse levert, aan de aluinaarde grootendeels ten goede en bedraagt bij benadering 3 H_2O. In andere monsters, die minder water bevatten, neemt hij eene zekere hoeveelheid Diaspoor aan. Kiezelzuur, dat met de aluinaarde in oplossing kwam, werd weinig of niet gevonden. Dit alles geldt alzoo voor een Lateriet, die bijna als Hydrargilliet met Fe_2O_3 of als een mengsel van Hydrargilliet en Kwarts kan beschouwd worden [2]).

Nu is het echter de vraag of geen amorphe aluinaarde (waterhoudende) in dien Lateriet aanwezig was, en hoeveel water het ijzeroxyde bevatte. Aangezien Bauer niets over de methode der analyse mededeelt en stellig geen onderzoek heeft plaats gehad over het waterverlies onder verschillenden druk en bij verschillende temperaturen, noch over de oplosbaarheid in slap zuur en slappe loog, zoo ontbreekt ons een voldoend kriterium over den aard der aluinaarde in Bauer's Lateriet. Het blijft ook de vraag of de door hem mikroskopisch waargenomen zwak dubbelbrekende, fijnschubbige plaatjes en tafeltjes wel overeenkomen met het in de boeken beschreven, in zuren moeilijk oplosbare kristallijne Hydrargilliet en wellicht geen modificatie daarvan zijn; evenzeer of zich daarbij niet eenige amorphe aluinaarde bevond, die gemakkelijk oplosbaar was en minder dan 3 mol. water bevatte (ofschoon zeker geen kristallijne Diaspoor). Dit alles moet nader onderzocht worden.

In ons monster Lateriet is stellig veel *amorphe* aluinaarde-verbinding (met water en met kiezelzuur), want een gedeelte der aarde lost gemakkelijk in slap zuur en loog op. De hoeveelheid SiO_2 (6,7 % in de aftreksels 1, 2 en 3) is niet te verwaarloozen, zij bewijst dat ook een amorphe kiezelzure aluinaarde of een komplex van beiden, hetwelk gemakkelijk in verdund zuur of loog oplosbaar is, in de aarde aanwezig is. Hoeveel water moet nu aan het Fe_2O_3, hoeveel aan het Al_2O_3 toegekend worden?

---

[1]) Neues Jahrbuch für Miner. u. s. w. (1898) Bd. II, 163. Beiträge zur Geol. der Seyschellen.

[2]) De Lateriet, door verweering van graniet ontstaan, bevatte volgens zijne analysen ongeveer 50 % kwarts en slechts 4,6 % Fe_2O_3 en ± 2 % SiO_2. De Lateriet, door verweering van Dioriet ontstaan, bevatte slechts 4 % kwarts en 20 % Fe_2O_3, zeer weinig SiO_2. Het overige was $Al_2O_3 . 3 H_2O$ (bij benadering).

Dit hangt geheel van de modifikatie af, waarin beide voorkomen, waarbij nog het kiezelzure aluinaarde-komplex komt. Zooals het onderzoek mij geleerd heeft kan de luchtdroge hydrogel van ijzeroxyde ± 4,5 tot 1,5 mol. H_2O en de luchtdroge hydrogel van aluinaarde meer dan 4 en minder dan 2 mol. H_2O bevatten, al naar gelang van de modifikatiën, die zij ondergaan hebben, en is het watergehalte overigens van de waterdampspanning der omgeving en van de temperatuur geleidelijk afhankelijk, terwijl de kristallijne verbinding een chemisch hydraat is, welks samenstelling binnen zekere grenzen van temperatuur daarvan onafhankelijk is [1]).

De analyse en de berekening leert, dat het aanwezige water voor een deel zwak gebonden is, en dat de geheele hoeveelheid niet veel meer

---

[1]) De luchtdroge hydrogel van Fe_2O_3 bevat verschillende hoeveelheden water, naarmate het meer of minder gewijzigd is (modifikatiën) door bereidingswijze, ouderdom, verwarming. Houdt zij bij 15° in verschen toestand, luchtdroog, ± 4,5 mol. H_2O, zoo verliest zij die allengs — na vijf jaren tot 2,5 mol., na verblijf gedurende 7 jaren onder water tot 1,5 mol. (onomkeerbaar) enz. enz. (Zie mijne verhandeling in Zeits. Anorg. Ch. (1899), **20**, 201, 211). Zij houdt die hoeveelheden meer of minder sterk gebonden, al naarmate van de modifikatiën, die zij heeft ondergaan. De kristallijne Göthiet (1 H_2O) daarentegen begint eerst haar water boven 300° af te geven. De luchtdroge hydrogel van Al_2O_3 bevat evenzeer (bij 15°) 4,8 tot 5,8 mol. H_2O, al naarmate van de bereidingswijze. Boven zwavelzuur wordt hare samenstelling 2,6—1,5 mol. H_2O, evenzoo naarmate van de bereidingswijze en de modifikatien die zij heeft ondergaan. De sterkte, waarmede dat water gebonden is, kan dus zeer verschillend zijn. Als zij lang onder water heeft gestaan, bevond ik dat die binding sterker is geworden, want dan houdt zij nog bij 100° ongeveer 3 mol. H_2O vast; zij is dan den toestand eener chemische verbinding (een hydraat met 3 H_2O) nader gekomen, of misschien daarin grootendeels overgegaan. De samenstelling van de kolloïdale stof is geleidelijk (kontinu) afhankelijk van de waterdampspanning en van de temperatuur, die van de kristallijne verbinding is tot nabij 180° standvastig.

	Hydrogel uit eene zeer verdunde opl. afgescheiden	6 maanden onder water	Kristallijn uit eene alkal. opl. door CO_2 afgescheiden
Luchtdroog	4,3	4,4	3,0
boven zwavelz.	2,6	2,9[5]	3,0
bij 100°	2,2	2,9	3,0
„ 140°	1,9	2,7	3,0
„ 160°	1,8	2,6	3,0
„ 180°			2,7
„ 200°	1,6		2,2
„ 250°	1,2	0,9[5]	
„ 300°	0,9		

Zie: Le colloïde d'alumine et l'hydrate de l'alumine. Recueil d. trav. chim. d. Pays-Bas (1888) **7**, 76, en Die Isotherme des Hydrogels von Fe_2O_3, bei 15°. Z. Anorgan. Ch. (1899) **20**, 201 en 211.

bedraagt dan 2 mol. op elk mol. Fe_2O_3 en Al_2O_3, hetwelk in de aftreksels met slap zoutzuur en loog verkregen is (aftreksels 1, 2, 3) [1]).

Nu heeft het mikroskopisch onderzoek aangetoond, dat uit de Lateriet (Aarde II) door uittrekking met verdund zoutzuur, behalve een groot deel van het ijzeroxyde, het fijnste poeder wordt opgelost en eene belangrijke hoeveelheid kleurlooze korrels terugblijft. Deze vormen een dicht aggregaat van vezeltjes en schubjes, die eene vrij hooge dubbelbreking vertoonen en wier brekingsindex tusschen 1,56 en 1,59 ligt (nabij 1,56) [2]). Het fijnste poeder bestaat waarschijnlijk uit aluinaarde met eene onbestemde hoeveelheid water, kleiner dan 3 H_2O, en de dubbelbrekende vezeltjes en schubjes uit Hydrargilliet met 3 mol. H_2O [3]). Een onderzoek betreffende de oplosbaarheid van het mineraal Hydrargilliet (afkomstig van Langesund in Noorwegen) heeft mij geleerd dat de kristalblaadjes na koking (gedurende $^1/_4$ uur) met half verdund en met sterk zoutzuur slechts voor een klein deel oplossen. In slappe kali lossen zij bij koking slechts weinig op. Daar nu verdund zoutzuur en vervolgens slappe kali (*a* Tabel XIX) reeds 18 % Al_2O_3 (tegen 4,7 % SiO_2), en daarna slappe kali (bij koking) nog 11,6 % Al_2O_3 (tegen

---

[1]) In de eerste Aftreksels (1, 2 en 3 op Tabel XIX) zijn gevonden en kunnen aangenomen worden:

	6,5 % SiO_2,	33 % Fe_2O_3,	30 % Al_2O_3,	3.8 % H_2O (boven zwavelz. verloren)	13 % H_2O (sterker gebonden)
In mol.	1,1[2]	2,0[6]	2,9	2,1	7,2
Dus afgerond:	1	2	3	2	7

Neemt men in aanmerking dat het Al_2O_3 het water sterker vasthoudt dan het Fe_2O_3, zoodat de 2 mol. H_2O (die boven zwavelzuur worden afgegeven) aan het Fe_2O_3 toekomen, en neemt men aan dat het Fe_2O_3 minstens nog 1 mol. H_2O sterker gebonden houdt, dan blijven er nog 5 mol. H_2O voor de in kali en zoutzuur oplosbare Al_2O_3 en het aluminiumsilikaat over. Hoeveel water door het laatste gebonden wordt, is onbekend. Op de 3 mol. Al_2O_3, of op de 2 mol. Al_2O_3 (als men aanneemt 1 mol. Al_2O_3 op 1 mol. SiO_2) zijn dus geen 9 of 6 mol. H_2O beschikbaar, zooals een hydraat $Al_2O_3 . 3\,H_2O$ zou vereischen. Daaruit volgt dus dat de aluinaarde slechts ten deele hydrargilliet kan zijn.

[2]) Prof. Schr. v. d. Kolk heeft als brekingsindex vau het mineraal het cijfer 1,57 bepaald, en dit door een vernieuwd onderzoek bevestigd. De door Rosenbusch aangegeven index, 1,535, is dus te laag.

[3]) De in de gesteenten gevonden Hydrargilliet wordt beschreven als hoogst fijnkorrelige aggregaten van bladerige struktuur. De enkele blaadjes zijn, ook mikroskopisch, van kleine afmeting. Zij zijn geordend meest in den vorm van rosetten, of waaiers of sphaerolithen. De blaadjes zijn zwak dubbelbrekend, als de habitus bladerig, sterk als de habitus vezelig is. Zij worden gezegd moeilijk oplosbaar te zijn in zuren bij verwarming. De Diaspoor is onoplosbaar in zuren; zooals gewoonlijk is een lager chemisch hydraat van een onoplosbaar oxyde minder oplosbaar dan een hooger.

1,9 % SiO_2) uit de Lateriet oplosten, zoo is het wel aan te nemen, dat een groot deel van dit Al_2O_3 niet in denzelfden toestand verkeert als de kristallijne Hydrargilliet en niet onwaarschijnlijk amorph is. Ik hoop hierop nader terug te komen.

Het is dus aangewezen om verschillende monsters van Lateriet, bij voorkeur ijzerarme en aluinaarde-rijke, in Suriname op te sporen, en daarin te bepalen, hoe zij zich met slappe zuren en loog gedragen en hoeveel water zij bij verschillende temperaturen afgeven, en in hoeverre het daarin voorkomende Hydrargilliet dezelfde eigenschappen bezit als het mineraal, dat in de gesteenten aangetroffen wordt [1]).

De samenstelling van de aarde II wijst op eene verweeringswijze van het gesteente, welke in de Tropen veelvuldig schijnt voor te komen en tot het ontstaan van Lateriet aanleiding te geven. Maar eerst sedert korten tijd heeft Bauer daarop voor het eerst opmerkzaam gemaakt. Bij deze verweering moet het grootste gedeelte van het kiezelzuur verwijderd zijn en hetzij de aluinaarde, hetzij de aluinaarde met ijzeroxyde terug blijven. Deze waterhoudende aluinaarde kan dan ten deele in een anderen toestand overgaan, die weder genaderd is of geheel overgegaan tot eene chemische verbinding (eenig hooger of lager hydraat).

Uit het onderzoek blijkt alzoo dat deze aarde II tot den typus behoort van die grondsoort, waarin het kiezelzuurgehalte terugtreedt, en dat het aluminiumoxyde daarentegen, tegelijkertijd ook het ijzeroxyde, zeer vergroot is.

Dit moet op het absorbtievermogen van het kolloïdale deel der aarde van invloed zijn, en in het algemeen op hare physische eigenschappen. Doch zijn nog geene onderzoekingen gedaan omtrent het verschil in eigenschappen ten opzichte van absorbtievermogen voor water en voor bases en zouten, van doorlatend vermogen voor water enz., waardoor het verschil of de overeenkomst tusschen gewone alluviale klei en deze grondsoort kan aangewezen worden.

---

[1]) Het is opmerkelijk dat vroeger van het groot gehalte aan Al_2O_3 tegenover het SiO_2 niets bemerkt is. Wohltmann, die in zijn werk over tropische kulturen vele analysen voor Lateriet opgeeft, vermeldt daarvan niets. De oorzaak daarvan is zeker dat bij grondanalysen tot nog toe geen acht is gegeven op hetgeen zuren van verschillende sterkte in oplossing brachten, en het kiezelzuur niet of zeer gebrekkig bepaald is, hetwelk door zuren uit het silikaat is losgemaakt. Schlösing vermeldt bij zijn onderzoek van grondsoorten van Madagascar de vondst van vrije aluinaarde als iets nieuws (Zie bladz. 323. Noot).

Aarden III, IV en V.

De Aarden III en IV staan dichter bij II dan V, wegens hun gehalte aan ijzeroxyde, en omdat zij niet evenals V plastisch zijn en geene in water zwevende klei bevatten. Eene voorloopige analyse gaf de volgende cijfers:

Tabel XXI.

	Aarde III.	Aarde IV.	Aarde V.
In kokend zoutzuur van 1,1 S. G. opgelost na $^1/_4$ uur en daarna in slappe kali bij 50° gedurende 5 minuten opgelost:			
Fe_2O_3 (in zoutz.)	9,4	12,9	6,3
Al_2O_3 in zoutz.	9,1	4,1	13,6
Al_2O_3 in kali	1,8	1,6	1,4
SiO_2 (in zoutzuur en kali)	2,4	2,6	4,0
CaO	±0,2	±0,2	±0,2
Som	22,7	21,4	25,5
Door slibbing verkregen:			
Zwaarste deel	19,1	36,0	16,8
Lichter „	19,0	7,2	10,5
Lichtste „	24,6	21,6	4,1
Eenigen tijd zwevend	weinig	weinig	23,6
Som	62,7	64,8	55
Te zamen	85 %	86 %	80,5 %
Water, organische stof	± 15 „	± 14 „	± 19,5 „
	100 %	100 %	100 %

De aarden III en IV hebben een geelroode kleur wegens hun gehalte aan ijzeroxyde. Zij hebben evenals II een korrelachtig aanzien en zijn evenmin tot harde stukken ingedroogd, zooals zware klei. Zij vormen een korrelig aggregaat, ofschoon zij bijna geheel uit fijnaarde bestaan. Zij zijn dan ook niet moeilijk fijn te wrijven; de samenhang is door een bindmiddel teweeggebracht, waarvan ijzeroxyd een hoofdbestanddeel.

Zij bevatten vrij ijzeroxyde, hetwelk de kleur veroorzaakt, en evenzoo oplosbaar kiezelzuur-arm aluminiumoxyde, ofschoon van beiden niet zooveel als Aarde II. Zoutzuur en kali losten 11 % en 6 % Al_2O_3 op, tegen slechts 2—3 % kiezelzuur. Zij bevatten ook amorphe waterhoudende en kiezelzuurhoudende aluinaarde en Hydrargilliet, waaraan de ruime

hoeveelheid water beantwoordt. Zij zijn arm aan kalk. Het onoplosbare residuum is echter veel grooter dan dat van Aarde II. Volgens het mikroskopisch onderzoek (van Gelder) bevat Aarde III in haar onoplosbaar gedeelte Kwarts en zure Veldspaten, veel Distheen, Sillimanniet, Zirkoon en ook Ilmeniet, (Titanijzererts) [1]). De grootte der korrels bedroeg 2,4—11,1 mikrons (sommige grooter tot 300 m.), de Sillimannietkorrels waren over 't algemeen het grootst. De Aarde IV, die meer zware deelen inhield (ruim $^1/_3$ van haar gewicht), bevatte dan ook grootere kwartskorrels (tot $^1/_2$ mM.), en verder zure Veldspathen en Ilmeniet. De Aarden III en IV zijn arm aan humus, maar rijk aan water, hetgeen aan het vrije Fe_2O_3, Al_2O_3 en zeer basische silikaat kan toegeschreven worden.

Aarden III en IV behooren dus ook tot de type van Aarde II, maar zij bevatten meer kwarts. Hunne samenstelling rijmt wel met een ontstaan uit de verweering van diabaas- of diorietgesteente, welke verweering evenwel van denzelfden aard is, als boven omtrent Aarde II vermeld.

De Aarde V daarentegen verwijdert zich merkbaar daarvan, in zooverre zij voor $^1/_4$ uit plastische klei bestaat. Zij is grauw van kleur, en bevat dan ook niet meer dan 6 % Fe_2O_3 (in warm verdund zoutzuur oplosbaar). Slechts hier en daar komen gele plekken van afgezet ijzeroxyde voor, waar mede stemt dat het Fe_2O_3-gehalte iets hooger is dan in de alluviale zware klei, als deze vrij is van zulke afzettingen. De slibbing leerde dat de aarde veel, in water eenigen tijd zwevende, klei bezit; zij is dan ook zeer *plastisch*. Toch bezit zij ook een aanmerkelijk deel kiezelzuur-arme Al_2O_3, want verdund zoutzuur of kali lossen 16 % Al_2O_3 op met slechts 4 % SiO_2; dat is op 2 mol. Al_2O_3 nog niet 1 mol. SiO_2. Daarmede is het ruime gehalte aan water in overeenstemming. Ook deze aarde beantwoordt aan eene verweering, waarbij veel aluinaarde tegenover weinig kiezelzuur overgebleven is. Het mikroskopisch onderzoek toonde in het residuum (de zwaarste deeltjes 16,8 %) aan: vrij veel Kwarts, Natronveldspath (Albiet, Oligoklaas), en verder evenals in III en IV Sillimanniet, Distheen, Zirkon en Ilmeniet.

Aarde V staat dus tusschen den typus zware alluviale klei en Aarde II in. Kenmerkend echter komt mij voor het ontbreken van kaliveldspath in het onoplosbare residuum.

---

[1]) Enkele opaalkorrels werden waargenomen. Zijn die wellicht een overblijfsel van het bij de verweering overigens weggevoerde kiezelzuur?

Tabel I.

Aarde uit Suriname I*A*.

Uittreksel.	In $^0/_0$.						In Molekulen.						Verhouding der Molekulen $Al_2O_3 = 1$.		
	$^0/_0$ SiO_2		$^0/_0$ Al_2O_3		$^0/_0$ Fe_2O_3		Mol. SiO_2	Mol. Al_2O_3	Mol. Fe_2O_3	Mol. SiO_2	Mol. Al_2O_3	Mol. Fe_2O_3			
	1e Anal.	2e Anal.	1e Anal.	2e Anal.	1e Anal.	1e Anal.	1e Anal.			2e Anal.			SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3
a	1.1[4]		1.4[4]		0.9		1.9	1.4[1]	0.5[6]				1.3	: 1	: 0.4
a'		2.8		2.5[7]		1.4[6]				4.6[7]	2.5[2]	0.9[1]	1.8	: 1	: 0.3[6]
b	4.9[1]		3.0[1]		1.9[6]		8.2[3]	2.9[5]	1.2[2]				2.7[8]	: 1	: 0.4[1]
c		13.0[3]		8.0[4]		2.4[9]				21.7[2]	7.8[9]	1.5	2.7[4]	: 1	: 0.1[7]
c'	11.0[3]		6.9[7]		1.12		18.3[9]	6.8[3]	0.7				2.7	: 1	: 0.1[0]
d	3.6		2.2		0.17		6.0	2.1[6]	0.1[1]				2.7[7]	: 1	: 0.0[5]
d'		5.9[1]		3.5[8]		0.2[4]				9.8[3]	3.5[1]	0.1[8]	2.8	: 1	: 0.0[5]
Opgelost door zoutzuur	20.7	21.7	13.6	14 2	4.1[5]	4.2	34.5	13.3[5]	2.6	36.2[2]	13.9[2]	2.5[9]			
Opgelost door zwavelzuur	10.5	9.4	8.8	7.9	0 4 *)	0.4 *)	17.5	8.6[3]	0.2[5]	15.6[7]	7.7[4]	0.2[5]	2.0	: 1	: 0.0[3]
Te zamen	31.2	31.1	22.4	22.1	4.5	4.6	52.0	22.0	2.8	51.9	21.7	2.8			

*) Ontleend aan Tabel VII.

Tabel II.

Gehalte aan SiO_2, Al_2O_3 en Fe_2O_3 in de Aarde van Suriname (oude grond) I*B*.

5e Analyse.		In $^0/_0$.			In Molekulen.			Verhouding der Molekulen.		
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	Mol. SiO_2	Mol. Al_2O_3	Mol. Fe_2O_3	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3
Uittrekking met zoutzuur.	*a*	0.7[5]	1.0[2]	1.7[3]	1.2[5]	1.0	1.0[8]	1.2[5] :	1 :	1.0[8]
	b	3.5[2]	1.9[1]	1.5[4]	5.8[7]	1.8[7]	0.9[6]	3.0 :	1 :	0.4[1]
	c	9.3[5]	4.9[3]	1.5[5]	15.6[8]	4.8[3]	0.9[7]	3.2 :	1 :	0.19
	d	3.9[3]	3.0[6]	0.2[5]	6.5[6]	3.0	0.1[5]	2.2 :	1 :	0.05
Door zoutzuur opgelost		17.5[5]	10.9[2]	5.0[7]	29.3[6]	10.7	3.1[6]			
Door zwavelzuur opgelost		13.0[5]	11.7[2]	0.4 *)	21.7[5]	11.5	0.2[5]	1.96 :	1 :	0.01
Te zamen		30.6	22.6	5.4[7]	51.1	22.2	3.4			

*) Dit cijfer is ontleend aan Tabel VII.

Tabel VII.

Aarde I*A*.

	Uittreksels.		% Al_2O_3	% Fe_2O_3	% CaO	% MgO	% K_2O	% Na_2O	Op 1 Mol. Al_2O_3		
									Mol. CaO	Mol. MgO	Mol. K_2O
Derde Analyse.	met zoutzuur	*a*	1.23	0.73	0.22	0.33	0.11	0.08	0.33	0.83	0.1
		b	3.44	2.04	0.09	0.44	0.24	0.04	0.05[5]	0.32	0.07[7]
		c	4.62	1.04	0.07	0.26	0.36	0.05	0.02[7]	0.14	0.08[4]
		d	2.54	0.31	0.04	0.09	0.22	0.03	0.02[8]	0.10	0.09[6]
		e	1.88	0.18	0.03	0.06	0.21	0.04	0.03	0.08	0.11[3]
			Som 13.7[1]	4.3	0.4[5]	1.1[8]	1.1[5]	0.2[4]			
	met zwavelz.	*f*	5.68	0.30	0.01[8]	0.15	1.07	0.1	0.00[6]	0.07	0.20[4]
		g	3.18	0.09	0.00[2]	0.05	0.36	0.04	—	0.04	0.12[3]
			Som 8.8[6]	0.4	0.02	0.2 *)	1.4[3]	0.1[4]			
			22.6	4.7	0.4[7]	1.3[8]	2.5[8]	0.3[8]			
Vierde Analyse.	met sterk zoutzuur †)				0.4	1.1	0.9[7]	0.1[4]	0.06	0.24	0.09

*) Evenzoo gevonden bij de eerste Analyse: opgelost door zwavelzuur een spoor CaO en 0.23 % MgO.
†) Voor deze analyse werden 5 Gram aarde gedurende 2 uren met 200 CC sterk zoutzuur uitgekookt.

Tabel VIII.

Aarde I*B*.

		Uit-treksels.	% Al_2O_3	% Fe_2O_3	% CaO	% MgO	% K_2O	% Na_2O	Op 1 mol. Al_2O_3		
									mol. CaO	mol. MgO	mol. K_2O
6e Anal.	door slap zoutzuur opgelost	*a'*	1,1[1]	1,8	0,1[3]	0,3[5]	0,1	0,0[3]	0,23	0,81	0,1
7e Analyse.	door zoutzuur opgelost	*a*	2,0	2,5	0,2	0,4[4]	0,1[4]	0,0[8]	0,18	0,55	0,07
		b	4,6[1]	1,9	0,1	0,3[7]	n. b.	n. b.	0,04	0,2	n. b.
		c	5,0[2]	0,5	0,1	0,1[5]	n. b.	n. b.	0,03	0,0[7]	n. b.
			11,6[3]	4,9	0,4	0,9[6]					
	door zwavelzuur opgel.		12,0	Sporen	Sporen	0,2[3]					
		Som	23,6	4,9	0,4	1,2					

n b. = niet bepaald.

Tabel XVII.

Overzicht der Analysen.

		Aarde I*A*.		Aarde I*B*.	
Water uitgedreven	bij 15° boven zwavelzuur	5,6[5]		5,6	
	bij 100°	0,5		1,0	
	boven 100°	5·3		5,2	
			11,4		11,8
Organische stof		3,2		3,4	
Chloor		0,01[3]		Spoor	
Zwavelzuur (SO_3)		0,01[8]		Spoor	
Phosphorzuur (P_2O_5)		0,1		0,1[1]	
Alkalische bases oplosbaar door	zoutzuur	3,0			
	zwavelzuur	1,8		±4,5	
			8,1		8,0
IJzeroxyd Fe_2O_3	gemiddeld uit de Anal. I, II en III	4,5		5,5	
Aluinaarde Al_2O_3		22,4		22,6	
Kiezelzuur SiO_2		31,2		30,5	
Onoplosbaar SiO_2 en silikaat		22,5		21,5	
			80,6		80,1
			100[1]		99[9]

Tabel XVIII.

Bepaling van Fe_2O_3, Al_2O_3 en SiO_2.

		Aarde I*A*.			Aarde I*B*.
		Analyse I.	Analyse II.	Anal. III.	Analyse IV.
door zoutzuur opgelost	Fe_2O_3	4,1[5]	4,2	4,3	5,1
	Al_2O_3	13,6	14,2	13,7[5]	10,9
	SiO_2	20,7	21,7	—	17,5
door zwavelz. opgelost	Fe_2O_3	0,4	0,4	0,4	0,4
	Al_2O_3	8,8	7,9	8,8[5]	11,7
	SiO_2	10,5	9,4	—	13,0
		58,1	57,8		58,6
Onoplosbaar		22,2[5]	22,8		21,5
Overige bestanddeelen		19,5	19,5		19,8
Som		99[8]	100[1]		99[9]

Leiden, Anorgan. Ch. Labor. der Universiteit, Februari 1903.