Overgedrukt uit het „Chemisch Weekblad" 1909. - No. 48.

De verschillende wijzen van verweering der silikaatgesteenten in de aardkorst,

DOOR

J. M. VAN BEMMELEN.

§ 1. De gewone Verweering.

Aan de oppervlakte der aarde heeft deze aan de lucht plaats, bij aanwezigheid van meer of minder water. De agentiën zijn mechanische en chemische. Eene mechanische verbrokkeling van het gesteente geschiedt door het bevriezen van het ingedrongen water, welks uitzetting scheuren en barsten veroorzaakt.

De chemische werking is vooreerst eene zeer langzame oplossende werking op de silikaten, waardoor deze gehydrolyseerd, en *Hydrosols* gevormd worden van kiezelzuur en aluminiumoxyde, en, bijaldien F_2O_3 in het silikaat bevat is, ook hydrosol van ijzeroxyde. Hoe langzaam deze werking ook moge zijn, voor eene geheele laag in de aarde beteekent zij toch veel, en brengt eene zekere hoeveelheid opgelost kiezelzuur en alkalische bases CaO, MgO, K_2O, Na_2O voort. [1])

[1]) Nog onlangs heeft HASELHOFF quantitatief nagegaan hoeveel bestanddeelen van *verschillende* gesteenten (bonte zandsteen, grauwacke, muschelkalk, basalt) door de inwerking der Atmospheriliën (lucht, zonnewarmte en neerslagen) opgelost werden en deze niet onaanzienlijk bevonden (BIEDERMANN's Centralblatt, 1909, S. 505—518).

Het „Department of the Interior United States Geological Survey" heeft

Nevens het water oefent het koolzuur, dat door de regens wordt aangevoerd en door de aardkorst wordt geabsorbeerd, eene oplossende werking uit door de vorming van karbonaten.

De zuurstof werkt chemisch in op het ijzeroxydule der silikaten. Het gevormde ijzeroxyde kan met het silikaat minder sterk of niet verbonden blijven.

Veel sterker werken de organische resten van planten en dieren op de silikaten in door de processen van rotting en van vertering, die door bakteriën zijn ingeleid. Daarbij vormen zich humusstoffen uit de organische stoffen in de planten. De humuszuren werken vooral oplossend en ook reduceerend.

Zoo zijn *water, koolzuur, zuurstof, fermenten, bakteriën, humusstoffen* de agentiën der gewone verweering.[1]) De plagioklasen of basische silikaten worden gemakkelijker en eerder aangetast dan de zure silikaten, zooals de orthoklas. Ook de bouw der silikaten maakt daaromtrent verschil; de mikroklien bijv. verweert veel moeilijker dan de orthoklas, maar wij kunnen daarvan in het geheel nog geene toelichting of verklaring geven.

Bij de gewone verweering kunnen ook nieuw-vormingen ontstaan, bijv: De Veldspaat kan overgaan in muskoviet (magnesiaglimmer); de Biotiet (kaliglimmer) in chloriet; de Olivien der Basalt in Talk; de rhombische Pyroxeen in Bastiet.

De Verweeringsprodukten.

Het gewone verweeringsprodukt is echter de *klei.* (Thon).

Die klei is nog nooit *nader* onderzocht. Wel bestaat een overgroot aantal analysen, die het gehalte aan SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3 en de Bases aangeven, maar daarbij is geen rekening gehouden met het gebruikte oplosmiddel (een alkali, zoutzuur, zwavelzuur), noch met de sterkte van het aangewende zuur of alkali; noch met de opeenvolgende uittrekkingen; evenmin met de eigenschappen en de samenstelling der verweeringsprodukten, nadat zij die uittrekkingen hebben ondergaan.

Ik kan dus alleen mijne eigene analysen aanvoeren, waarbij met die oplosmiddelen en die eigenschappen wel eenige rekening is ge-

---

in 1908 in een zeer uitvoerig werk van 668 bladzijden al de gegevens der Geochemistry gepubliceerd (bewerkt door Fr. Wigglesworth Clarke), waarin de samenstelling der wateren van de rivieren en gesloten bassins, van de minerale bronnen, van de zoutlagen, vulkanische gassen en magma's, gesteenten vormende mineralen, vulkanische gesteenten, produkten der verweering, metamorphische gesteenten, metaalertsen en organische overblijfselen (turf, steenkool, enz.) aangegeven wordt.

1) Het bleeken der gesteenten behoort ook daartoe.

houden; deze analysen zijn pas in de laatste jaren uitgevoerd. Doch die analysen zijn nog veel te *weinig* in aantal, en omvatten een veel te *gering* aantal grondsoorten van veel te *weinig* lokaliteiten, om daaruit iets meer dan enkele voorloopige uitkomsten af te leiden. [1])

Eenigszins zeker is alleen deze uitkomst: dat *de Klei der gewone verweering* bevat tweederlei verweeringsproducten als kolloïdale silikaten:

1°. Een silikaat **A** oplosbaar, of beter gezegd ontleedbaar in zoutzuur, waarin, wat betreft de zware of vette klei, de verhouding van Al_2O_3 tot SiO_2 bedraagt: **1** Mol. Al_2O_3 tot eene hoeveelheid Molekulen SiO_2, die kleiner is dan **6** Mol. maar niet kleiner dan $\pm$ **2.7** Mol. De lichte klei of zavelklei geeft een verhoudingscijfer tusschen **1** : $\pm$ **5** en **1** : $\pm$ **3**.

Het watergehalte van dat silikaat **A** is nog onbekend.

Het is smeltbaar, omdat het nog genoeg ijzeroxyde en alkalische bases bevat.

2°. Een kaolinachtig silikaat **B**, dat door zoutzuur *niet* ontleedbaar, maar door sterk zwavelzuur bij verhitting *wel* ontleedbaar is, waarin de verhouding van Al_2O_3 tot SiO_2 nadert het getal **1 : 2**, zooals uit de zesde kolom van achterstaande Tabel I blijkt. [2])

Dit silikaat **B** noem ik het kaolinische, omdat het de eigenschappen van het zoogenaamde keramische verweeringssilikaat bezit, hetwelk het echte, door pneumatolytische processen voortgebrachte kaolin uitmaakt. Het is evenzoo als het echte kaolin *onsmeltbaar* in het ovenvuur. In dit echte kaolin is de verhouding ook 1 : 2; het gaat allengs over in de kristallijne kaolinit en bevat dan 2 Mol. H_2O. Het watergehalte van het silikaat **B** is niet te bepalen.

Als de aarde (bij de gewone verweering) met een bepaald oplosmiddel (bijv. slap zoutzuur) uitgetrokken, en niet dadelijk uitgeput wordt, maar eenige malen achtereen daarmee behandeld, en als dan het telkens opgeloste silikaat dezelfde verhouding tusschen de Al_2O_3 en het SiO_2 aantoont, zoo bewijst zulks dat dit Silikaat in denzelfden graad van verweering verkeert. Dit blijkt b.v. uit de volgende bepalingen, zoowel bij zware als bij lichte klei.

---

[1]) Slechts een enkele maal is naar mijne methode eene analyse gemaakt zooals door Dr. B. Sjollema van eene zavel uit de provincie Groningen Ook de leerlingen van Prof. Meigen in Freiberg (Breisgau) hebben onlangs (in 1908) eenige aarden met zoutzuur en daarna met zwavelzuur uitgetrokken.

[2]) Eene vaste verhouding is nog niet gevonden. Ik heb die herhaalde malen in de zware klei van de Zuiderzee en het Y bepaald. Ik vond vroeger **1 : 2.3** en **1 : 2.4**. De laatste maal gaven de analysen, met bijzondere zorg uitgevoerd, **1 : 2.6** en **1 : 2.76**.

TABEL I.

Ik vond:		in A:		in B:	
Grondsoorten.	Plaatsen.	% Al_2O_3 opgelost door *zoutzuur*.	Verhoudingscijfer der Mol. SiO_2 op 1 Mol. Al_2O_3.	% Al_2O_3 opgelost door *zwavelzuur*.	Verhoudingscijfer der Mol. SiO_2 op 1 Mol. Al_2O_3.
Zavelklei . .	Middelstum (prov. Groningen).	5.8 %	± **5.0**	5.9 %	**2.2**
„ . .	Zuiderzee.	2.6 „	± **5.8**	3.0 „	**2.4**
Vulkanische klei . . .	Java (bij Pasoeroean).	18.5 „	**3.0**		
		17.2 „	**2.9**	1.4 „	**2.2**
		16.6 „	**2.9**	3.0 „	**2.2**
Löss. . . .	Nederland (prov. Limburg.)	4.0 „	**3.7–3.4**	1.7 „	**2.0**
Zware klei .	Zuiderzee en Y.	6.2 „	**3.1**	5.0 „	**2.2–2.7**
„ „ .	Java (Rembang, bij de Kening).	6.9 „	**3.0**	4.2 „	**2.05**
„ „ .	Suriname, Zeekust (kort in kultuur).	12.0 „	**2.8-2.7-2.1**	8.8 „	**2.0**
„ „ .	Idem, id. (ander monster).	11.6 „	**2.8–2.7**	7.9 „	**2.0**
„ „ .	Suriname, Zeekust (lang in kultuur).	9.9 „	**2.76**	11.7 „	**2.03**

Zware klei (uittrekking met zoutzuur).

De eerste uittrekking met zoutzuur van 6.5 % HCl gaf 1,86 % Al_2O_3 met de verhouding . . . . . **1 : 3.1**

De tweede uittrekking met sterk zoutzuur van 32 % gaf 4,48 % Al_2O_3 met dezelfde verhouding . . . . . **1 : 3.1**

Lichte klei of *zavel.*

De eerste uittrekking met zoutzuur van 6.5 % HCl gaf 0,85 % Al_2O_3 met de verhouding . . . . . **1 : 4.8**

De tweede uittrekking met sterk zoutzuur van 32 % gaf 1,73 % Al_2O_3 met dezelfde verhouding . . . . . **1 : 4.8**

De hoeveelheden van **A** en van **B**, die bij verschillende grondsoorten gevonden zijn, loopen zeer uiteen, zooals uit de volgende Tabel blijkt, die de verhouding aangeeft der hoeveelheden, als die van **B** gelijk 1 gesteld wordt.

TABEL II.

	B : A
Löss-klei	1 : 2.4
Zware klei (Java, Alluvium, bij de Kening)	1 : 1.6
„ „ (Suriname, Zeekust; kort in kultuur)	1 : 1.5
„ „ („ idem; ander monster)	1 : 1.46
„ „ (Zuiderzee, zeealluvium)	1 : 1.24
Lichte „ (Middelstum)	1 : 0.98
„ „ (Zuiderzee)	1 : 0.86
Zware „ (Suriname, zeealluvium; lang in kultuur)	1 : 0.85

Vooral de vulkanische klei geeft uiteenloopende uitkomsten. Die van het oostelijke gedeelte van Pasoeroean bevat zeer veel **A** doch maar weinig **B**. Die van het district Deli op Sumatra geeft van **A** 1.57 % Al_2O_3 in zeer verdund zoutz. oplosb. met de verhouding **1 : 1** veel meer Al_2O_3 (5.87 %) in half zoutz. oplosb. met de verhouding **1 : ± 2** zeer veel Al_2O_3 (17 %) in sterk zoutz. oplosb. met de verhouding **1 : 2.2** weinig **B** (1.28 % Al_2O_3) in zwavelz. oplosb. met de verhouding **1 : 3.2**

De vulkanische klei van Gondang Legie (in het distrikt Malang, nabij de Kloet- en Smeroe-vulkaan) gaf veel **A**:

in sterk zoutzuur oplosbaar 7.28 % Al_2O_3 met de verhouding **1 : 2.2**

en weinig **B**:

in zwavelzuur oplosbaar 0.25 % Al_2O_3 met de verhouding . . **1 : 2.1**

Edoch, zooals boven gezegd, het aantal geanalyseerde grondsoorten van verschillende samenstelling is veel te *gering*, om daaruit algemeen geldende gevolgtrekkingen af te leiden.

Het eenigste wat er uit blijkt is: dat bij de gewone verweering **A** (door zoutzuur ontleedbaar en smeltbaar) en **B** (door zwavelzuur ontleedbaar en niet smeltbaar) beide *in verschillende verhouding* gevormd worden. Terwijl de verhouding van het aantal Molekulen SiO_2 op Al_2O_3 bij **A** daalt van **6** tot **1**, daalt zij bij **B** van **2.7** tot **2**. Bij het echte Kaolin gaat het silikaat **B** met de verhouding **1 : 2** allengs in kristallijne Kaolinit over. Voor **B** der gewone verweering is die overgang nog niet waargenomen noch bewezen.

Van veel belang is het nu, dat B. FACH [1]), R. LENZ [2]) en H. G. SCHERING [3]) onlangs (in 1908) de samenstelling van hetgeen zij met zoutzuur en daarna met zwavelzuur uit eenige aardsoorten hebben opgelost en

1) B. FACH, Chem Unters. über Rotherde und Bohnerz-Thone (1908).
2) R. LENZ, „ „ „ Laterit (1908).
3) H. G. SCHERING, „ „ „ Löss und Lehm (1909).
(Alle drie Dissertat., Freiburg i. B.)

geanalyseerd (dus **A** en **B**), hebben bepaald. FACH vond de verhouding van Al_2O_3 tot SiO_2 en tot H_2O [1]):

		A	B
		Door zoutz. ontleed	Door zwavelz. ontleed
Roodaarde van	Volosca	1 : 2 : 1.2	1 : 2 : 1.5
„ „	Nieuw-Guinea	1 : 1 : 2.5	1 : 2 : 2.2
Bohnerts „	Nimburg	1 : 1.2 : 3	1 : 2 : 1.5
„ „	Emmendingen	1 : 2 : 3	1 2.5 : 1.5
„ „	Delsberg	?	1 : 1.5 : 1.5
Thon „	Münster	?	1 : 1.7 : 1.6

LENZ vond in:

	A	B
Lateriet van Soeban Cladi	1 : 3.18	1 : 2.14 : 1.73
„ „ Bolivia	1 : 2	
De siluurzandsteen bevat geen hydrargilliet		
Lateriet uit de siluurzandsteen		1 : 2.2 : ?

SCHERING vond in Löss:

Löss van Ringsheim	1 : 3 (verdund HCl)	
„ „ Gottesheim	1 : 5 (verdund)	1 : 2.6 : 1.6
„ „ „	1 : 3 (sterk)	
Gneisslehm „ Sternwald (bij Freiburg in Br.)	1 : 6	1 : 1.86 : 1

De verhoudingscijfers van **B** schijnen mijne uitkomsten te bevestigen, die van **A** komen met de mijne overeen, althans in zooverre zij niet eene lateritische verweering aanduiden.

Het nog niet verweerde gedeelte der aarde bevat de kleine deeltjes van het gesteente, waaruit de aarde gevormd is. Die deeltjes zijn nog kristallijn of door pseudomorphose kristallijn vervormd.

Het verweerde gedeelte der aarde is kolloïdaal en dus amorph silikaat. Het bevat ook ijzeroxyde (oxydule) en alkalische bases (CaO, MgO, MnO, K_2O, Na_2O). Daarop is tot nog toe weinig of geen acht geslagen. Men heeft zich niet afgevraagd, hoe of deze bestanddeelen in het silikaat aanwezig waren. Ik heb vroeger enkele bepalingen van het gehalte daarvan gemaakt. Zie deze op Tabel III en IV, blz. 8.

---

[1]) Het derde verhoudingscijfer in de volgende analyse geldt het water (H_2O). Maar dit cijfer is zeer onzeker.

[2]) FACH vindt voor **A** cijfers, die laterietisch zijn, LENZ voor **A** in de aarde van Bolivia evenzoo. SCHERING daarentegen voor **A** in de Löss en de Gneisslehm verhoudingen, die met de door mij waargenomene overeenstemmen. Voor **B** vinden alle drie waarnemers verhoudingscijfers, die om en bij **1 : 2** zijn, soms iets hooger 1 : 2.2 tot **1 : 2.6**, soms iets lager **1 : 1.7** en **1 : 1.86**. Hoe het watergehalte bepaald is, wordt niet meegedeeld. De cijfers zijn dus vermoedelijk zeer onzeker.

Ik meen dat men vooreerst mag aannemen dat het ijzeroxyde en de alkalische bases in het verweerde gedeelte der aarde **A** geabsorbeerd zijn, dus absorptief gebonden. In het nog niet verweerde, dus kristallijne, gedeelte der aarde zijn zij chemisch gebonden, en worden dus voor het grootste gedeelte door de uittrekking der aarde met zoutzuur en met zwavelzuur bij kookhitte *niet* opgelost. [1])

Het ijzeroxyde (oxydule) en de alkalische bases zijn de oorzaak, dat het gedeelte **A** door gloeihitte smeltbaar is. Want de smeltbaarheid neemt toe, naarmate, het gehalte aan ijzeroxyde en bases toeneemt. Evenzoo de vruchtbaarheid der aarde, die vooral aan de kali toe te schrijven is.

Het gehalte aan ijzeroxyde en bases van het gedeelte **B** is veel geringer dan van **A**. Dit is echter niet *op de gewone wijze* maar hetzij *veel sterker* geabsorbeerd, hetzij *in amorphen toestand scheikundig gebonden.* Want **B** is onvruchtbaar, dus deszelfs kali niet toegankelijk voor de oplosmiddelen in den bodem, evenmin als in het echte kaolin (zie beneden in § IV). **B** is ten tweede onsmeltbaar in de ovenvuren der keramiek.

Aan de Thonen komt meer of minder plasticiteit of kneedbaarheid toe. Men onderscheidt degene, die door hunne kneedbaarheid dadelijk geschikt zijn om ze voor de pottenbakkerij een vorm te geven, en degene die, zooals het echte kaolin, eerst door eene behandeling kneedbaarheid moeten erlangen. Wij komen op deze eigenschap der *plasticiteit* later terug.

---

§ II. De sekulaire Verweering.

De gewone verweering is eene verandering van kristallijne gesteenten in kolloïdale produkten (zie bladz. 3), *Hydrosols* en *Hydrogels*, die door zoutzuur kunnen gescheiden worden in de oplossingen van **A** en van **B**.

Er zijn echter veranderingen, die eerst na langen tijd plaats hebben. Dan kunnen de kolloïdale producten weder kristallijn worden, onder den invloed, gedurende jaren en eeuwen, van konstante werkingen, namelijk van konstanten druk, konstante temperatuur en konstante inwerkingen van oplossingen, die metamorphosen bewerken; bijv. van oplossingen meer of minder rijk aan kiezelzuur, aan aluinaarde, aan kalk, aan magnesia, aan andere bases.

---

[1]) Voor het grootste gedeelte, want omdat die deeltjes in de fijnaarde zoo klein zijn, moet wel eene uittrekking bij verhitting met zoutzuur en met zwavelzuur eenig onverweerd kristallijn silikaat aantasten en ontleden.

Ik vond in **A**

TABEL III.

	Zwarte klei.						Lichte klei of zavel.
	Zuiderzee en IJ nog met brakwater gedrenkt	Dollardpolders en 3 polders in Zuid Beveland	Rivierklei Java-Rembang bij de Kening	Rivierklei Suriname aan de kust	Vulkan. Sumatra Deli Roode | Grauwe	Vulkan. Java Pasoeroean	Zuiderzee nog met brakwater gedrenkt
CaO	Één of meer % als *karbonaat*; 0.5 % of minder als sulfaat en als *silikaat*.	Één of meer % als *karbonaat*; 0.5 % of minder als sulfaat en als *silikaat*.	10.2 % als karbonaat 0.1 % sulfaat ± 1.2 % als silikaat	Geen kalk als karbonaat 0.02% als sulfaat 0.04 % als silikaat	Geen kalk als karbonaat 0.1 % als sulfaat 0.6 % als silikaat	Geen karbonaat 1.5—1.7 % als silikaat	6.8% als karbonaat 0.28 als sulfaat 1.1 als silikaat
MgO	1.2 tot 1.7 %	0.8—1,0—1.3 %	0.67 %	1.17 %	0.4 % | 0.4 %	0.6 %	1 tot 1.1 %
H_2O	1.1 tot 1.2 %	1.0 0,1—1.3 %	0.62 %	1.1 %	0.24 % | 0.4 %	0.37 %	0.25 tot 0.5 %
Na_2O	0.1 tot 0.2 %	0.1 tot 0.2 %	0.48 %	0.2 %	0.15 % | 0.5 %	?	0.1 tot 0.2 %
Fe_2O_3	4.72 %	4.5 tot 5.0 %	4.82 %	4.5 tot 5.3 %	6.9 % | 4.7 %	8.65 %	1.97 %

Het ijzeroxyde is grootendeels vrij aanwezig; het is niet te bepalen hoeveel in het silikaat aanwezig is.

Deze hoeveelheden (voor een klein gedeelte niet vrij) Bases en een klein gedeelte van het ijzeroxyde zijn aan het kiezelzuur absorptief gebonden, of binden meer of minder sterk het kiezelzuur chemisch. Daarom moeten de laatste bij de op te lossen Al_2O_3 opgeteld worden en aldus voor het verhoudingscijfer van de Mol. SiO_2 op 1 Mol. Basis in rekening gebracht worden. Dit wordt ook door FACH gedaan. Het verhoudingscijfer wordt daardoor ongeveer 1 : 3½.

Ik vond in **B**

TABEL IV.

	Zwarte klei.				Lichte klei of zavel.
	Zeeklei. Zuiderzee en IJ nog met brakw. gedrenkt	Rivierklei. Java-Rembang bij de Kening	Rivierklei. Suriname aan de kust	Roodachtige klei. Vulkan. Sumatra Deli	Zeeklei. Zuiderzee en IJ nog met zeew. gedrenkt
% CaO	0.04—0.05 %	0 04—0.1 %	0.01 %	0.05 %	0.04—0.05 %
% MgO	0.085—0.10 %	0.04—0.07 %	0.06—0.11 %	0.07 %	0.11—0.10 %
% K_2O	0.4 —0.6 %	0.2 %	0.17 1.4 % ?	0.16 %	0.13—0.28 %
% Na_2O	0.05—0.15 %	0.08 %	0.02 %	0 05 %	0.04—0.05 %
% Fe_2O_3	0.23 %	0.20 %	0.4 %	0.13 %	0.19 %

Wanneer de geringe hoeveelheden IJzeroxyde en Bases in B bij de aluinaarde in **B** (± 5 % = ± 4.9 Mol.) worden opgeteld, dan is de invloed daarvan op het verhoudingscijfer: aantal Mol. SiO_2 op 1 Mol. der Al_2O_3 + Bases, verdwijnend klein. Het verhoudingscijfer zal dus bijna niet verhoogd worden.

De verweeringsproducten van bepaalde mineralen in de gesteenten kunnen daarbij weder andere mineralen voortbrengen. Zoo kan de Kaolin, het amorphe verweeringsprodukt van graniet, sieniet, kwartsporhyr enz., tot kristallijne kaoliniet worden. Zoo maken sommige der nieuwgevormde mineralen den indruk, dat een bepaald mineraal van het verweerde gesteente daarin veranderd is, bijv. de Veldspaat in Muskoviet [1]), de Biotiet [2]) in Chloriet, de Olivien in Talk, de rhombische Pyroxeen in Bastiet [3]) enz. Als meerdere mineralen zijn ontstaan, kan het nieuwgevormde gesteente den habitus van een bekend oud gesteente vertoonen, bijv. dien van Melaphyr, van Serpentijn, van Groensteen, van Saussuriet [4]), van Sericiet [5]). Men kan dus met CORNU [6]) spreken van eene Melaphyrvorming, eene Groensteenvorming, van een Talkvorming, eene Serpentinitiseering, eene Sericitiseering, eene Saussuritiseering. CORNU heeft het eerst (in 1908) deze verweeringen en vormingen van de andere onderscheiden en in een duidelijk licht gesteld. [6])

Bij de sekulaire werkingen kan de temperatuur konstant hooger en dus de werking thermaal zijn, zoo bij de Groensteenvorming, de Talksteenvorming, de Sericitiseering. Ook is in dit opzicht eene Zeolithvorming (Zeolithiseering) merkwaardig. Het schijnt, dat de Zeolithen meestal op zulk eene wijze gevormd zijn, wanneer bijv. oud-Romeinsch muurwerk in de Thermen van Plombières (Vogesen) gedurende eeuwen aan de werking van Thermaalwater is blootgesteld geworden. In dat muurwerk zijn gevonden de Zeolithen Chabasiet, Philipsiet, Natroliet, Apophylliet.

Kunstmatig zijn die nagebootst door WÖHLER in 1848, later door DOELTER. De natuurlijke werden daarvoor eerst fijngepoederd, in water bij 120° — 160° opgelost en dan langzaam afgekoeld, waarna zij weder kristalliseerden. Ook uit de elementen heeft men ze bij 130° — 190° (na oplossing in water en langzame afkoeling) verkregen.

In deze kunstmatig gevormde Zeolithen komt natuurlijk geen fluor voor, maar wel in de natuurlijke, hetgeen voor de thermale inwerking bij hunne vorming pleit.

Al deze vormingen zijn alzoo geene verweeringen, maar behooren tot de metamorphosen der mineralen en gesteenten.

---

1) Magnesiaglimmer. 2) Kaliglimmer.

3) Bastiet of Schillerspat. Kristallijn Ferro-magnesium silikaat (met wat Al_2O_3, Cr_2O_3, CaO, enz.).

4) Een fijnkorrelig kristallijn aggregaat van een Aluminium-Calc.-Magn. silikaat.

5) Eene soort van Kaliglimmer.

6) Zie zijn artikel in OSTWALD's Zeitschr. für Kolloïden II, Aug. Heft 1908, CORNU is helaas reeds in Sept. dezes jaars overleden.

§ III. De Lateritische Verweering.

I. De ontdekking der Lateritische Verweering.

SCHLÖSING heeft in 1901 het voorkomen van vrije aluinaarde in gronden van Madagaskar beschreven [1]). H. en F. I. WURTH hebben de Hydrargilliet beschreven als ontstaan uit basaltische Diorieten in Engelsch-Indië. Doch eerst BAUER [2]) heeft door zijn onderzoek van den overgang van Dioriet en van Graniet in *kristallijne Hydrargilliet* het eerst de natuur der Lateriet en haar verband met de Beauxiet in het ware licht gesteld.

H. WURTH heeft dit later op edelmoedige wijze erkend, zooals BAUER zulks op blz. 74 van zijn geschrift mededeelt.

II. Ontstaan en samenstelling der Lateriet.

De Laterietvorming is eene voortzetting der gewone verweering.

Bij de gewone gaat het gesteente over in gewone klei, welke bestaat 1°. uit een door zoutzuur ontleedbaar silikaat; 2°. uit een in zoutzuur onoplosbaar, maar door sterk verhit zwavelzuur ontleedbaar silikaat. Het eerste heeft een verhoudingscijfer, welks grens ongeveer bij **1 : 3** ligt. Bij het tweede ligt het verhoudingscijfer tusschen **1 : 2.5** en **1 : 2.**

Daalt echter dat cijfer beneden **1 : 3** en wordt de oplosbaarheid in zoutzuur van het verweeringsproduct grooter (in zooverre het zoutzuur slapper kan zijn en minder verwarmd behoeft te worden om op te lossen), dan gaat de verweering in eene Laterietachtige over. Het eindprodukt der verweering is dan SiO_2-vrije aluinaarde. Als deze kristallijn wordt, vormt zij het Mineraal **Hydrargilliet** in monokline kristallen, fijnkorrelige aggregaten van bladvormige rosetten, moeielijk oplosbaar in gekoncentreerde zuren, met de formule $Al_2O_3 . 3\ H_2O$.

De Laterietvorming heeft aan de oppervlakte der aardkorst plaats. Zij gaat dieper door dan de gewone verweering, doch niet dieper dan ongeveer 10 meter, terwijl de kaolinvorming tot 100 meter en meer is waargenomen.

Welke agentiën en welke omstandigheden de Laterietische in onderscheiding van de gewone verweering voortbrengen is nog niet verklaard of zelfs nog niet opgehelderd. Evenmin, waardoor de produkten der gewone verweering kunnen ophouden zich te vormen en daarna in Laterietische overgaan.

In de natuur treffen wij de Laterietverweering in allerlei stadiën aan,

---

1) C. R. **132**, 1203 (1901).
2) M. BAUER, Neues Jahrbuch für Mineral. u.s.w. 1898, Bd. II, 168.

zoowel dat stadium, waarbij het verhoudingscijfer slechts weinig beneden **3** gedaald is, als waar het reeds tot nul genaderd is. Wij moeten dat zoo verstaan, dat de Lateriet op de primaire ligplaatsen niet in zijn geheel uit één enkel silikaat bestaat, hetwelk slechts één verhoudingscijfer bezit, maar uit een reeks van verweerde deelen, waarvan de verweering verschillend ver gevorderd is, zoodat hun verhoudingscijfers eene daling vertoonen en zij naarmate daarvan gemakkelijker ontleed worden en oplossen. Men kan alzoo door oplosmiddelen (slap en toenemend sterker zuur en ten slotte gekonc. zwavelzuur) scheiding van deze silikaten verkrijgen en de verweeringsprodukten opvolgend in oplossing verkrijgen; bijvoorbeeld met de verhoudingscijfers **0.3**, **0.7**, **1.0**, **1.4**, **1.7**, **2.0**, **2.2** (zie daarvan de onderstaande voorbeelden III tot IX). Als de aarde van eene sekundaire ligplaats komt, heeft men meer kans slechts één verhoudingscijfer te vinden, omdat daar de aarde door het water vervoerd is en meer deelen van hetzelfde spec. gew. (dus hetzelfde silikaat) te zamen zijn. Die kans heeft men ook, wanneer te weinig oplosmiddelen gebruikt zijn.

Als het verhoudingscijfer van het verweeringssilikaat **1 : 2** is, kan dit van de echte Kaolien (de Kaoliniet) zijn (zie § **IV**, blz. 31), maar dan moet het in zoutzuur oplosbaar en in heet, sterk zwavelzuur ontleedbaar wezen. Het kan ook het verweeringssilikaat **B** zijn, als het in zoutzuur onoplosbaar, maar door heet zwavelzuur ontleedbaar is. Het kan eindelijk ook tot **A** behooren, maar dan moet het in zoutzuur reeds oplosbaar zijn. In het laatste geval is het verhoudingscijfer een toevallig cijfer en niet scherp.

Deze drie gevallen van het verhoudingscijfer **1 : 2** moeten van elkander onderscheiden worden.

Men heeft op deze scheiding der verweeringssilikaten door oplosmiddelen vroeger geene aandacht gevestigd. Ik heb dit het eerst gedaan bij de analyse van alluviale klei in Nederland en op Java en Sumatra, voor de vulkanische klei en de Padas (op Java). Thans is ook MEIGEN begonnen (en door drie zijner leerlingen nagevolgd), om afzonderlijk te analyseeren wat door zoutzuur en wat daarna door gekonc. zwavelzuur werd ontleed. (Wij komen hierop later terug).

III. Voorbeelden van geanalyseerde Laterieten.

I en II. In de Lateriet der Seychelleneilanden heeft MAX BAUER een voorbeeld gevonden, waar zoowel bij de Dioriet als de Graniet van de verweeringsprodukten zeer weinig te vinden is, behalve het Hydrargilliet, en waar het proces der Laterisatie bijna geheel is afgeloopen,

zoodat het silikaat na de verweering bijna geheel kristallijn is geworden.

Daarna is die Lateriet (door M. BAUER mij welwillend toegezonden) ook door mij onderzocht, en hetgeen door verschillende oplosmiddelen achtereenvolgens was verkregen, nauwkeurig geanalyseerd. [1]) BAUER had enkel eene Bauschanalyse gedaan. Mijne uitkomsten bevestigen die van BAUER.

De Diorietlateriet bleek zoodoende zeer ijzerrijk (27 % Fe_2O_3) en bevatte slechts $3^1/_2$ % onopl. deelen. Zij was dus bijna geheel oplosbaar in slappe loog en slap zoutzuur. De Granietlateriet was niet rood en bevatte slechts 3.8 % Fe_2O_3, maar ruim de helft kwarts (53.8 %). Dat beide nog eenig silikaat bevatten en dus niet alle aluinaarde geheel SiO_2-vrij en tot kristallijne Hydrargilliet was geworden, bewijst de analyse. Want in die slappe oplosmiddelen waren nog opgelost:
1.26 % SiO_2 uit het Diorietlateriet en 2.3 % SiO_2 uit het Granielateriet, en kwam te kort voor de Hydrargilliet:
0.3 % H_2O in de Diorietlateriet en 0.24 % H_2O in de Granietlateriet.

Er was dus nog eenig kolloïdaal verweeringsprodukt aanwezig, waaraan ongeveer 1 % zwak gebonden water beantwoordde.

BAUER neemt een klein gehalte Diaspoor aan, om het te kort aan Hydraatwater te verklaren. Diaspoor is $Al_2O_3 . 2 H_2O$, maar Diaspoor is nog onoplosbaarder dan Hydrargilliet en ik vond bovendien eenig gebonden kiezelzuur, dat door slappe loog werd opgelost. Ik acht het dus geheel onaannemelijk, dat deze Laterieten eenige Diaspoor bevatten. Zij moeten daarentegen nog eenig kolloïdaal silikaat bevatten.

---

[1]) *Diorietlateriet* (No. I):

k_1	23.6 %	0.03	Onontl. 3.3 %
a	2.7 „	0.074	Fe_2O_3 27.0 %
b	7.7 „	0.07	Watergehalte:
k_2	1.0 „	0.15	Zwak geb. 0.96 %
c	5.7 „	0.06	Sterk „ 24.2 „
k_3	1.9 „		
	42.6 %		
FlH	2.6	0.5	

Granietlateriet (No. II):

a	7.3 %	0.05	Kwarts 63.8 %
k_1	15.34 „		Fe_2O_3 3.8
b	1.35 „	0.34	Watergehalte:
k_2	0.85 „		Zwak gebonden 1.0 %
c	0.83 „	1.0	Sterk „ 13.9 %
k_3	0.21 „		
FlH	sporen		
	26.0 %		

(Zie Zeitschr. anorg. Ch. **42** (1904) 277.

Beteekenis van de letters in deze en volgende tabellen:

k_1	uittrekking	met	natronloog	van	1.04	S.G.	bij	55°	gedurende 5'.
k_2	„	„	„	„	1.04	„	„	kookhitte	„ 5'.
k_3	„	„	„	„	1.04	„	„	„	„ 30'.
a	„	„	zoutzuur	„	1.04	„	„	55°	„ 5'.
b_1	„	„	„	„	1.1	„	„	55°	„ 5'.
b_2	„	„	„	„	1.1	„	„	kookhitte	„ 30'.
c_1	„	„	„	„	1.2	„	„	„	„ 30'.
c_2	„	„	„	„	1.2	herhaling van c.			
z.w.z	„	„	„		gekonc. zwavelzuur bij verhitting gedurende $^1/_2$ uur.				

Evenwel, het meerendeel der Laterieten bestaat slechts gedeeltelijk uit Hydrargilliet, en voor eene grootere of kleinere hoeveelheid uit Silikaten met verhoudingscijfers $>$ **3** of $<$ **3** Mol. SiO_2 op 1 Mol. Al_2O_3.

Ik heb zoodanige Laterietgronden ontvangen en geanalyseerd uit Suriname, uit Deli in Sumatra, en uit Java vooral van Padas.

III. Uit het Distrikt Nickerie, aan den rechteroever van de Fallawatra, nabij den Cremerwaterval, ontving ik eene Lateriet, waarin kristallijn Hydrargilliet onder het mikroskoop te herkennen is, en waarin het verhoudingscijfer van de grootste hoeveelheid (24 %) Al_2O_3 is **1 : ± 0.2** en voor een kleiner gedeelte (6.4 %) **1 : 0.8.**

		Verh.cijfer.	
a	6.1³ %	1 : 0.1³	Onontleed ± 6.1 %.
k_1	6.0 „	1 : 0.8⁶	waarbij 3—4 % Titanijzer.
k_2	11.6 „	1 : 0.2	Fe_2O_3 34.6 %.
	23.7 „		
b	6.4 „	1 : 0.8	Watergehalte 4.2 % zwak gebonden.
c	0.9⁶ „	1 : 1.8	„ 14.8 % sterk „

Zie voor de beteekenis der letters in deze en volgende tabellen noot 1 op blz. 12.

De Laterietverweering is hier dus zeer vergevorderd. Zij is eene Diorietlateriet.

IV. De volgende Lateriet is van eene sekundaire ligplaats, den steilen oever van een kreekje aan de linkerijde der Blanche Marie. De helft der Al_2O_3 11 % heeft een Verhoudingscijfer **1 : ± 0.3½**, dus bijna de samenstelling van Hydrargilliet; de andere helft (12 %) een verhoudingscijfer **1 : ± 1.6** en dus eene vrij vergevorderde lateritische vorming.

k_1	2.6 %	**1 : 0.3**	Onontleed 28.9 %.
k_2	8.4 „	**1 : 0.4**	Veel Fe_2O_3 11.6 %.
b	8.0 „	**1 : 1.5**	
c	4.2 „	**1 : 1.6**	Watergehalte 2.5 % zwak gebonden.
	23.2 „		
zwz.	3.3 „	**1 : 1.7**	„ 12.1 „ sterk „
	26.0 „		

Het watergehalte wijst hier ook op een groot gehalte aan kristallijne Hydrargilliet.

V. Aan den voet van den Avenovero-waterval is op eene sekundaire ligplaats een Lateriet gevonden, waar slechts één Verhoudingscijfer voor 28 % Aluinaarde gevonden is, in al de extrakten, namelijk **1 : 1.5**, hetgeen bewijst, dat het eene vervoerde aarde is, en wel van Dioritlateriet:

k_1	1.5 %	**1.4**	Onontleed 10.4 %.
k_2	5.0^7 „	**2.0**	Veel ijzeroxyde 17.8 %.
b	6.3^7 „	**1.5^7**	Het onontleede zooals boven.
c_1	5.2^0 „	**1.4^7**	
c_2	4.0^2 „	**1.4**	Watergehalte, zwak gebonden 3.2 %.
	22.0 „		
zwz.	5.7^8 „	**1.7^6**	„ sterk „ 17.4 „
	27.9 „		

VI. De volgende aarde is nog veel rijker aan ijzeroxyde en hooger van kleur (42.9 %). Het Verhoudingscijfer is hier voor 11 % Al_2O_3 ongeveer **1 : 1½**.

k_1	0.1 %	**1.1^3**	Onontleed 26.0 %.
k_2	8.2 „	**1.7**	Zeer veel ijzeroxyde 42.9 %.
b	7.2 „	**0.7**	Het onontleede zoo als boven.
	11.2 „		
c	n.b.		Watergehalte, zwak gebonden 1.8 %.
zwz.	„		„ sterk „ 11.1 „

VII. Maar behalve Dioriet-Lateriet, komt ook in Suriname een Graniet-lateriet voor, die een verweeringsproduct heeft, gedeeltelijk geheel gelateriseerd, voor 8.6 % der Al_2O_3, gedeeltelijk gelateriseerd voor 7 % der Al_2O_3 (met het Verhoudingscijfer **1 : 1.1**), gedeeltelijk tot eene plastische klei verweerd voor 20.9 % der Al_2O_3. Deze plastische klei bestaat uit een gedeelte **A**, voor 9.4 % Al_2O_3, oplosbaar in zoutzuur, en voor evenveel Al_2O_3 uit een Kaolienachtig silikaat **B**, onoplosbaar in zoutzuur, maar ontleedbaar door zwavelzuur bij verhitting. Het is dus een Graniet-lateriet op primaire ligplaats.

Deze aarde is van den hoogen oever van de Beneden Nickerie afkomstig.

	Som.	*Verhouding.*	
k_1	8.6 % Al_2O_3	**1 : 0.3**	Onontleed 16.8 %.
	8.6.		
k_2	3.1 „	**1 : 1.1**	IJzeroxyd 3.3 „
a_1	3.9^4 „		
	7.04		
c	9.4 „	**1 : 1.6^3**	Het onontleede als boven.
	16.4		
zwz.	10.9 „	**1 : 1.6^9**	Watergehalte:
	20.3		zwak gebonden 3.2 %.
	35.9^6 „		sterk „ 13.5 „

Het Hydrargilliet is in VII niet mikroskopisch waargenomen, maar toch zeker aanwezig geweest, al is het watergehalte merkbaar te klein, om aan al het Hydrargilliet te voldoen. Het bedraagt niet 3 Mol., maar slechts 2 Mol. op het Hydrargilliet.

Deze aarde is grauw en dus niet rood. De aarde van Deli (IX) (zie deze blz. 15) is ook grauw en bevat minder ijzeroxyde (4.85 %) dan de roodbruine Deliaarde VIII met 7.05 % Fe_2O_3. Het blijkt hieruit dat men gedwaald heeft, toen men meende dat *alle* Laterieten eene roode kleur hadden en veel ijzeroxyde bevatten.

De monsters uit Suriname zijn verzameld door Dr. H. VAN CAPPELLE gedurende zijne onderzoekingen in deze Nederlandsche kolonie en mij toegezonden. De monsters IV—VI zijn door de verweering van Diabas en Dioriet ontstaan, en waren alle van sekundaire ligplaatsen afkomstig; zij waren dus door het water vervoerd en blijkens opvolgende aftreksels met hetzelfde oplosmiddel gelijkmatig van samenstelling, dat wil zeggen een gelijkmatig mengsel van verweersel uit verschillende lagen, die in meer of minder vergevorderde laterietische verweering verkeeren. Deze sekundaire Laterieten vertoonen nog dezelfde samenstelling als die van meer of minder vergevorderde Laterieten op primaire ligplaats. Het watergehalte bedroeg naar schatting op 1 Mol. Al_2O_3 . . . . . ± 2 Mol. H_2O, dus nog 1 Mol. te weinig. [1])

C. G. DUBOIS heeft in Suriname ook knollen gevonden, die nog veel van het door de verweering afgescheiden kiezelzuur bevatten en geïmpregneerd zijn met Chalcedon; ook oölithische vormingen, die zeer rijk zijn aan sekundaire kiezelzuurafscheidingen. [2])

BAUER neemt ook aan, dat Hydrargilliet zich soms uit waterige oplossingen, als deze rijk aan Al_2O_3 zijn, als een sitter kan afzetten, gelijktijdig met de verweering van gesteentedeelen tot Hydrargilliet.

VIII en IX. Ook op Sumatra, in het landschap Deli, is de alluviale aarde Laterietisch, want in de daar voorkomende *roode* aarde geven alle extrakten (k, a en b) het verhoudingscijfer **1 : 1** en in c **1 : 1.8**; voor de meer kleihoudende grauwe aarde het cijfer **1 : 2.1** in het extrakt a en **1 : 2.7** in het extrakt c.

Ten slotte leverde de analyse van de Padasaarde op Java voorbeelden van Lateritische verweering in de bodems, die uit de eruptiën der vulkanen gevormd zijn. De Padas komt overeen met de *Oerlagen* in de Nederl. zandgronden, want zij bevat eene afzetting van ijzeroxyde

[1]) Het ijzeroxyde werd aangenomen ± 1 Mol. H_2O te bevatten. Doch zelfs als men het anhydrisch aanneemt komt men nog niet op 3 Mol. H_2O.
[2]) Festband des neuen Jahrb. f. Miner. u.s.w. 1907, Seite 61 und 80.

en van een basisch verweeringssilikaat, die haar dikwijls zóó hard maken, dat de laag met de spade moet gebroken worden.

De bruine, roode en gele padas I, II en III, namelijk:

I. Residentie Tegal bij Djati Basang. Zeer hard konglomeraat,

II. Hard konglomeraat Distrikt Bandong in de Preanger nabij Tjipanas,

III. Lossamenhangend konglomeraat, Distrikt Bandong in de Preanger Regentschappen bij Lembang Djatjong,

geven voorbeelden aan van toenemende lateritische verweering.

XI. *Gele Padas.*

k_1	4.0 %		**1 : 0.3**
k_2	1.9 „		**1 : 0.9**
		5.9 %	
a	6.0 „		**1 : 2.5**
b	1.3 „		**1 : 2.5**
c	1.6 „		**1 : 2.72**
		8.9 „	
Zwz.		0.3 „	**1 : 2.2**
		15.1 %	

Fe_2O_3 6.7 %, waarvan 5.7 % in slap zoutoplosbaar.

De Lateritische verweering is het verst gevorderd, want 4.9 % der Aluinaarde heeft het cijfer **0.3** en is bijna SiO_2-vrije Aluinaarde, en 1.9 % het cijfer **0.9**.

In slap en in sterker zoutzuur is oplosbaar ± 9 % der Al_2O_3 met het cijfer ± **2.5** %.

Niet ontleedbaar 38.5 %.

Watergehalte 10.5 % zwak gebonden.

„ 5.5 „ sterk „

De gele Padas laat zich dus scheiden in vier gedeelten van verschillende oplosbaarheid.

XII. *Roode Padas.*

k_1	4.5 %		**1 : 0.77**
k_2	5.0 „		**1 : 0.77**
		9.5 %	
a		7.2 „	**1 : 1.8**
b	2.8 „		**1 : 2.4**
b_2	2.4 „		**1 : 2.4**
c	1.5⁴ „		**1 : 2.3**
		6.7⁴ „	
Zwz.		0.9 „	
		24.3 %	

Fe_2O_3 14.1 %, dus veel, waarvan 1.1 % in a en 6.5 % in b en c oplosbaar.

In slappe loog en slap zoutzuur is reeds 9.5 % der Al_2O_3 oplosbaar met het verhoudingscijfer **0.77**, 7.2 % in sterker zoutzuur met het verh.cijfer **1.8**.

De overige Al_2O_3 is oplosbaar in sterker zoutzuur met het cijfer ± **2.35**.

Het kaolinische verweeringssilikaat is zeer gering.

Niet ontleedbaar 20.2 %.

Watergehalte 9.1 % zwak gebonden.

„ 8.1 „ sterk „

De roode Padas kan door een slap en een sterker zuur in drie gedeelten gescheiden worden:

XIII. *De bruine Padas.*

Opgeloste Al_2O_3		*Verhoud.*
k_1	0.5 %	1 : 3.0
k_2	2.8 „	1 : 1.8
	3.3 %	
a	1.7 „	1 : 3.0
b_1	1.4 „	1 : 3.1
b_2	3.2 „	1 : 3.3
c	2.4 „	1 . 3.8
	8.37 „	
	11.7 %	

In de kleine hoeveelh. door K_1 opgelost is nog vrij SiO_2 aanwezig, van de snelle verweering afkomstig.

De rest is zwak lateritisch, want slechts 2.8 % heeft een verh.cijfer 1.8 en al het overige verweersel het cijfer 3.0 tot 3.8. Dus is de verweering nog niet ver gevorderd.

Onontleed 41.2 % (veel).

Fe_2O_3 8.7 „ „

Watergehalte 6.8 % zwak gebonden.

„ 3.2 „ sterk „

De drie geanalyseerde Padassoorten hebben dus in verschillenden graad Laterisatie ondergaan. De gele is het verst gevorderd, de bruine het minst, maar kan toch nog even tot de Lateritische gronden gerekend worden.

IV. Algemeen voorkomen der Lateriet.

Zooals boven reeds gezegd, is zij eene in tropische en subtropische klimaten algemeen voorkomende grondsoort, hetzij op primaire, hetzij op secundaire ligplaats [1]). Zij komt zelfs in zandsteenvormingen voor [2]). Hieronder worden vele plaatsen vermeld, waar zij gevonden is [3]).

---

[1]) TILLO heeft opgemerkt, dat een groot deel der aardoppervlakte met Laterieten bedekt is. Hij schat die in Afrika op 49 %, in Azië op 16 %, in Zuid-Amerika op 45 %. Men heeft reeds vroeger de grondsoort gekend, zonder de samenstelling te kennen. Zij is het eerst onderscheiden door hare roode kleur door BUCHANAN HAMILTON in 1807 en abusievelijk voor vulkanisch gehouden. C. G. DUBOIS heeft het zelfs vermeden, om de Laterieten voor eigen aan tropische en vochtige klimaten te verklaren, dewijl zij ook in regenarme tropische streken voorkomen en in gematigde klimaten gevonden worden. In alle geologische formatiën komen zij voor.

[2]) De Laterietzandsteen is eene secundaire vorming, waar het produkt der Lateritische verweering vervoerd is en tot de zandsteenvorming heeft bijgedragen. Zij is o. a. gevonden op het kleine Fregatteneiland nevens de Seychellen. De zandsteenkorrels zijn gecementeerd door een bindmiddel van Lateriet. Deze Lateriet bevat maar weinig Fe_2O_3 (3.1 %), maar overigens 54 % in verdund zoutzuur oplosbare Al_2O_3. Maar ook hier komt water (16.4 %) te kort en bedraagt slechts 1.7 Mol. H_2O inplaats van 3. Er is dus nog veel kolloïdaal aluinaarde-silikaat (met weinig SiO_2). Geen Diaspoor is aangewezen, zooals BAUER aanneemt. (Festband § 35).

[3]) *Madagaskar.*

Op Madagaskar is zij gevormd uit Diabas en uit Amphiboliet (Festband 1907. Analysen § 44, 47, 50, 52).

Engelsch-Indië.

In Engelsch-Indië komen zij veelvuldig voor en zijn beschreven door H. en F. J. WURTH. Zij worden gevonden in de residentschappen Bombay en

V. Laterieten in gematigde klimaten.

SCHLÖSING heeft ook in Frankrijk vrije aluinaarde gevonden, F. HOLLAND in Engelsch-Indië in hoogere streken, waar een gematigd klimaat heerscht.

De Beauxiet in Europa zou bewijzen, dat daar Laterietvorming mogelijk is, want zij bestaat geheel of grootendeels uit kiezelzuurvrije aluinaarde, Hydrargilliet, gedeeltelijk uit een amorph aluminiumsilikaat.

Vele voorbeelden zijn bekend van het voorkomen van Beauxiet op basaltisch gesteente, b.v. van den:

Vogelsberg bij Giessen, waarin de struktuur van den Anamesiet (Dolerietbasalt bestaande uit Plagioklaas, Augiet, Olivien en eenig Magneetijzersteen) nog te herkennen is. De veldspaat is overgegaan in een fijn, schubachtig wit aggregaat van plaatjes, tafeltjes, lijstjes. De Olivien is omgezet in Fe_2O_3. De Illmenit (Titanijzersteen) is

---

Madras en in het gebied der Dekan-Traps, als ontstaan uit basaltiaire Dolerieten. Daarin is Hydrargilliet aangetoond. WURTH heeft ook de groote hoeveelheid kiezelzuur, die als chalcedon en Agaat in dit gebied voorkomt, aangewezen. In de Laterieten vonden zij een watergehalte, dat voor het gehalte aan Hydrargilliet te klein was, en daarom namen zij een gehalte aan Diaspoor aan. Daar deze mikroskopisch niet aangetoond is, zoo kan ook eenig kolloïdaal aluminiumsilikaat aangenomen worden. De Laterieten in Engelsch-Indië zijn door de gebroeders WURTH Beauxit-laterieten genoemd.

Bermuda-eilanden.

De Lateriet komt voor op de Bermuda's eilanden, welke westelijk van de Vereenigde Staten tegenover Carolina in den Atlantischen Oceaan liggen. Zij bevat daar 40 % zand, 16 % Fe_2O_3 en 15.5 % Al_2O_3 en zooveel water, dat dit voor de formule van Hydrargilliet geheel toereikend is en voor nog een Mol. H_2O bij het ijzeroxyd, dus voor een Limoniet.

Oost- en West-Afrika.

Aan de kusten van Oost- en West-Afrika is ook zeer veel Lateriet gevonden. Zoo in de Laterietkonkreties van Laterietleem, die ontstaan zijn uit verweerde Gneiss (met Biotiet en Hornblende). Zij zijn beschreven en waargenomen door KOERT in de omstreken van Anani in Oost-Isambari (Duitsch-Afrika, Publikation des biologischen Landwirtschaftlichen Instituts zu Anani). De Bauschanalysen laten geene berekening toe van het gehalte aan Hydrargilliet, doch het mikroskopische onderzoek bewijst genoeg, dat het gesteente en de konkreties zeer vergevorderde Laterisaties ondergaan hebben. Het verweerde gesteente bevat in kleine holten Hydrargillietkristalletjes als tweelingen, in bosjes of kogelhoopjes zichtbaar. De kwartskogeltjes daartusschen zijn òf primair òf secundair gevormd. In de konkreties ziet men nevens witte strepen van Hydrargilliet Limonietlagen. Ook is daarbij Opaal in Drüsenruimten afgezet als secundaire vorming van het bij de verweering afgescheiden kiezelzuur. De Hydrargillietvorming uit Gneiss en Granuliet is dus een Analogon van de Laterietverweering van Graniet en van Dioriet op de Seychellen.

PASSARGE heeft Laterietkonkreties uit West-Afrika beschreven met al de thans bekende vormen. Evenzoo KLEMENT van de Beneden-Congo.

LENZ en JOHN analyseerden Lateriet uit Gaboon in West-Afrika, die voldoende water voor de 12.4 % Al_2O_3 en de 58 % Fe_2O_3 bezat, welke zij als Hydrargilliet en als Limoniet (met ± 1 Mol. H_2O) bevatte, namelijk 12.9 % H_2O.

onverweerd. [1]) De Beauxiet is verder gevonden aan den Rijn, bij Oberkassel te Kuckstein [2]), te Wochein in Kärnten [3]), te Rüdigheim bij Hanau [4]), te Marseille [5]); in Diabasen van den Harz en het Vogtland, Melaphyren van den Harz.

Ook in Gneiss en Graniet, in het Depart. de la haute Loire [6]), heeft LACROIX Beauxiet gevonden.

Zuid-Amerika.

In Suriname komt veel Laterietgrond voor, waarvan wij op pag. 13—16 voorbeelden hebben gegeven.

In de Tropen van Brazilië evenzoo, bijv. alle Hydrargilliet van Minas-Gereas (zie v. BEMMELEN Zeitsch. anorg. Ch. **42**, 276 (1905). ATTERBERG heeft over Braziliaansche Laterieten geschreven. (Zie bladz. 21).

Azië.

In *Engelsch Oost-Indië* zijn de vele en uitgestrekte Laterietgronden vooral beschreven door de gebroeders WURTH (zie BAUER, Beitrag für Kenntniss des Laterits, Neues Jahrbuch f. Mineral u. s. w.) 1907, zie de Analysen (67—71), Ceylon. Veel Hydrargilliet is waargenomen door A. K. COOWAROSWAMY. Ook Lateriet op de koraalkalk.

Sumatra.

Zie de voorbeelden van Lateriet op Deli, waar uitvoerige analysen voorkomen (v. BEMMELEN, Landw. Versuchsst. 1890 **38** § 251—269. Zie ook LENZ, Laterit van Soedan Cladi op Sumatra). (Dissertatie Freiburg in Br. 1908). De analysen komen voor op blz. 21—37.

Java. De Padasgronden zijn Lateritisch. (Zie boven pag. 16).

Celebes.

Uit de Minahassan op Celebes zijn Laterietgronden beschreven door BRUHNS en BECKING. Deze gronden zijn gevormd door de verweering van Augiet-andesiet gesteenten en bevatten kristallijn Hydrargilliet en daarbij Chalcedon. De massa had de 9 % Fe_2O_3 verloren, die zij oorspronkelijk bevatte.

Australië.

In Australië zijn massa's Lateriet aangewezen, uit granieten (ook graniet-schiefers) met diorietgangen en diabasgangen gevormd. De Lateriet wisselt af tusschen Beauxiet en Limoniet (Analyse BAUER, § 83).

Duitsch Nieuw-Guinea.

Lateriet (roodaarde) beschreven en geanalyseerd door L. FACH, Dissertation Freiburg in Br. (1908) 28—33.

De Karolinen.

De Karolinen-eilanden bevatten Lateriet uit straalsteenrijke Amphiboliet ontstaan (5). ERICH KAISER neemt ook Diaspoor daarin aan, maar zonder nadere bewijzen (zie zijne Analyse bij BAUER, blz. 84).

Uit dit alles blijkt voldoende, dat de Laterietvorming overal rijkelijk voorkomt in de *tropische klimaten van alle werelddeelen.*

1) BAUER heeft in de Beauxiet van den Vogelsberg afzetsels van Hornsteen gevonden, dus knollen van SiO_2, opaalachtig gemetamorphoseerd.

2) ERICH KAISER heeft daar en ook op de Basalt van den Braunberg bij Solling in Zuid-Hannover Beauxiet gevonden. In den Beauxiet van Kuckstein wijzen enkele fijne schubjes op Hydrargilliet, en zijn Al_2O_3 en Fe_2O_3 toegenomen, in die van den Braunberg is weinig Fe_2O_3, maar de Al_2O_3 toegenomen. Het amorphe verweeringsprodukt bestaat uit een waterhoudend aluminium-silikaat, dat den overgang vormt van het gesteente tot Beauxiet. De Analysen zijn Bausch-analysen en laten weder niet toe om te berekenen hoeveel Hydrargilliet aanwezig is, en of het watergehalte daaraan beantwoordt.

3) Het watergehalte is hier bijna toereikend voor al de Al_2O_3 als Hydrargilliet.

4) Het water is slechts voor de formule $2\,H_2O$ op de 64.24 % Al_2O_3 toereikend.

5) Het watergehalte 4.6 % H_2O is evenzeer te klein voor de formule $Al_2O_3\,3\,H_2O$ in 55.4 % Al_2O_3 en 24.8 % Fe_2O_3.

6) LACROIX vermeldt daarbij Diaspoor, maar het is onzeker of hij dit mikrokopisch waargenomen heeft.

Devonische schaalsteenen van het Rhijnlandsche Schiefergebergte vertoonen verweeringen, die hydraten van Al_2O_3 en Fe_2O_3 (SiO_2vrij) bevatten.

Er bestaan dus genoeg voorbeelden van het voorkomen van Beauxiet in het gematigd klimaat van Europa. Dat zij in een tijd zou ontstaan zijn, toen de gemiddelde temperatuur tropisch was, is wel als hypothese voorgedragen, maar veel onwaarschijnlijker dan de meening dat zij ook thans nog in Europeesch klimaat voorkomt, al zijn de voorwaarden voor hare vorming nog onbekend, en al is eene te lage temperatuur, zooals de winterkoude, uitgesloten.

In Engelsch-Indië heeft F. Holland waargenomen, dat Laterisatie nog plaats vindt op 6—7 duizend voet bij eene gemiddelde temperatuur van 60°, waar echter geene winterkoude heerscht en geene lagere temperaturen voorkomen.

VI. Gehalte aan produkten van de gewone verweering en van de Lateritische verweering in de Laterieten.

De produkten van de gewone verweering en die van de Lateritische zijn bij de analysen der Laterieten slechts in sommige gevallen onderscheiden; voornamelijk in den laatsten tijd.

Dat Bauer in de Lateriet der Seychellen-eilanden een voorbeeld heeft gevonden van het geheel ontbreken van de produkten der gewone verweering en het geheel afloopen van de Lateritische, zoodat alleen Hydrargilliet overblijft, is reeds boven vermeld (blz. 12).

Bij den Beauxiet van den Vogelsberg komt de gewone Thon voor. Evenzoo bij den Lateriet van Engelsch-Indië. H. Wurth heeft aldaar bij de verweeringsproducten van Charnokiet in de witte knollen een tweede mineraal gevonden, dat de Lateriet begeleidt, een homogeen aggregaat van fijne korreltjes, door zoutzuur slechts ten deele ontleedbaar, maar geheel door sterk zwavelzuur. Dit product is, zooals de Halloysiet, dus Kaolinachtig. Klement analyseerde roode Lateriet van de Kongo, een mengsel van plastische Klei en Lateriet.

In de eetbare aarde van Duitsch Nieuw-Guinea heeft W. Meigen het Kaolingehalte bepaald nevens het Hydrargilliet. Hij vond:

71.8 % Kaolin.
11.6 „ Hydrargilliet.
14.7 „ Fe_2O_3.

Dat nevens Lateritisch verweeringsprodukt ook gewoon produkt **B** gevormd wordt, bewijzen reeds de Analysen der Padas, X, XI, XII,

de aarden uit Deli, VIII en IX, ofschoon deze niet veel bevatten. Vooral bewijst zulks de Analyse der plastische klei Nr. VII, welke 10.9 % door zwavelzuur ontleedbaar silikaat gaf, dus eene plastische (*niet roode* en dus betrekkelijk ijzerarme) Lateriet. Dat is niet vreemd, aangezien de Laterisatie slechts eene voortzetting van de *gewone* verweering is. Maar door welke oorzaken bij sommige gronden de vorming van gewone Thon, dus van **B** nevens de Laterisatie *wel* blijft plaats hebben, bij andere *niet*, is al weder geheel onbekend. Het hooge ijzeroxydgehalte der roode Sumatra-Laterieten kan geene reden zijn, want de aarde van Volosca bevat 20 % Fe_2O_3 en toch veel Thon (50 %). A. ATTERBERG (die Braziliaansche Laterieten heeft onderzocht [1])) is van meening dat gesteenten, die kiezelzuurrijke silikaten bevatten, bijv. Gneiss, veel Kaolin-Thon, maar weinig Hydrargilliet, bij hunne verweering geven, zooals de Lateriet van Santa Tereda en van Cocobudo in Brazilië. Daarentegen geeft het Nephelien-sieniet van Itatiaya bij zijne verweering zeer veel Hydrargilliet (21 %) nevens Thon.

BAUER deelt die meening niet omtrent de kiezelzuur-rijke en -arme silikaten, ofschoon hij het thans genoegzaam bewezen acht, dat de Thon samen met Lateriet voorkomt. [2])

B. FACH en R. LENZ hebben de hoeveelheden en samenstelling van beide verweeringen in eenige Laterieten en Rothaarden (welke laatste ook de Lateritische verweering hebben ondergaan) bepaald. Eenige Bohnertsen schijnen ook een Lateritisch verweeringsproduct te bevatten, want het verhoudingscijfer geeft voor **A 2** of $<$ **2** Mol. SiO_2 op 1 Mol. Al_2O_3 (zie bladz. 6).

In deze Laterieten is dus veel silikaat **A** nevens het Laterietische aanwezig.

Volgens FACH leidt het zwavelzuur, dat uit de Pyriet in deze aardsoorten is ontstaan, bij de verweering, het proces der Laterisatie *niet* in, want het is reeds verdwenen als de Laterisatie plaats vindt. De veldspaath in deze grondsoorten gaat bij de verweering in Kaolinachtig silikaat **B** over. In de Lehmgronden vond LENZ geene vrije Aluinaarde.

---

1) Zentr.bl. Miner. und Geol. 1909, 361/6.

2) Hij vraagt zich echter af of men zich wel genoeg rekenschap heeft gegeven van hetgeen men onder Lateriet verstaat, met andere woorden, of men niet tweeërlei soort van Lateriet moet aannemen; althans de Lateriet der Seychellen eilanden, die zoowel uit de SiO_2-rijke Graniet, als uit veel SiO_2-armer Dioriet ontstaat, bevat geen Thon maar enkel Hydrargilliet. (in het stuk van ATTERBERG, blad. 365.) Zentr.bl. Miner. und Geol. 1908, I, 982.

TABEL 2.

Grondsoort.	*Herkomst.*	*Door zoutzuur ontleedbaar silikaat* [1].	*IJzeroxyde.*	*Door zwavelzuur ontleedbaar silikaat. kaolineachtig* [2]
Lateriet. . . .	Sumatra Soedan Cladi	17 %	8 %	33.5 %
Lateriet in Siluurzandst.	Zuid-Amerika Bolivia	20 %	7 %	37 %
Roodaarde . .	Oostenrijk Volosca	30 %	8 %	36.4 %
Roodaarde . . .	Duitsch Nieuw-Guinea	25 %	20 %	50 %

VII. Over de Verklaring der Laterisatie.

Verscheidene onderzoekers hebben zich aan eene verklaring van de Lateritische verweering gewaagd.

E. WEINSCHENK [3]) helt tot het gevoelen over dat het proces aan bijzondere oorzaken moet toegeschreven worden en niet regionaal kan zijn en daarom aan de sterkere verweering in de Tropen, tengevolge van een hooger gehalte der Athmospheer aan salpeterzuur (door de geweldige onweders), niet kan toegeschreven worden. Hij meent dus dat de bijzondere oorzaken, evenals bij de echte Kaolinvorming, in het binnenste der aarde moeten gezocht worden. Maar hiertegen bestaan al te groote bezwaren. Die oorzaken in het binnenste der aarde ontbreken immers in Suriname en op de Seychellen eilanden. Er bestaan allerlei overgangen van de gewone verweering in de Lateritische, zooals boven bij de Padas- en bij de Deligronden medegedeeld is, en de Lateritische gaat soms voort nevens de gewone.

F. HOLLAND verkondigt eene andere hypothese, Hij roept de medewerking in van eene bakterie, die analoog werkt aan ijzerbakteriën en aan zwavelbakteriën. Deze zou volgens hem niet kunnen

---

1) Zie de samenstellingen van het door zoutzuur ontleedbare silikaat op blz. 3.

2) Dit is het silikaat **B**, welks samenstelling ook op blz. 3 staat.

3) Grundzüge der Gesteinskunde 1ster Theil Allgemeine Gesteinskunde als Grundlage der Geologie 1902, blz 65 en 66.

werken, indien de temperatuur tot die der winterkoude daalt. Daarom zoude de Laterisatie ook in Engelsch-Indië op hoogten van ruim 6000 voeten nog kunnen plaats hebben, en 60° zou de temperatuurgrens voor de Lateriet vorming zijn, en, voeg ik er bij, ook in Europa des zomers mogelijk zijn. Dat bakteriën oorzaak kunnen zijn van hydrolytische ontleding van silikaten is a priori niet te ontkenen. Maar eene mogelijkheid is nog geen bewijs, en F. HOLLAND heeft geenerlei waarneming van zulk eene bakterie gedaan. Dat zou toch in de eerste plaats voor zijn hypothese noodwendig zijn.

C. G. DU BOIS schrijft aan het in de Surinaamsche Lateriet rijkelijk voorkomend Pyriet eene overwegende rol toe. Het door de oxydatie gevormde zwavelzuur tast volgens hem het silikaat van het gesteente aan, en vormt op primaire ligplaats het *eluviale* Lateriet. Daaruit wordt door het zwavelzuur kiezelzuur afgescheiden, zoodat het Lateriet rijk is aan dit afgescheiden kiezelzuur. De opgeloste aluinaarde en het opgeloste ijzeroxyde worden als *alluviaal* Lateriet verder vervoerd.

KOERT, KAISER, BRUHNS en BÜCKING roepen de werking eener alkalische oplossing bij de verweering in om te verklaren, dat al het weggegane kiezelzuur en de alkaliën en alkalische bases verdwenen en als een alkalisch silikaat weggespoeld zijn. Maar dit bezwaar geldt evenzeer de gewone verweering van het graniet, van het gneiss en van de gesteenten met veel plagioklasen (diorieten, doleriten, enz.), zooals ik reeds heb uiteengezet. En bovendien, men vindt, zoo als boven medegedeeld, opaal- en chalcedonafzettingen bij Hydrargilliet.

JUL. MOHR (in Buitenzorg) houdt zich thans bezig met een onderzoek over de oorzaken der Laterietische en Kaolinische verweering. Wij moeten de uitkomsten daarvan afwachten. [1])

Aangezien nu:

1°. De Lateritische verweering *niet alleen in de Tropen* voorkomt, *maar ook in gematigde klimaten,*

2°. *aangezien* zij *niet alleen aan basische silikaatgesteenten,* zoo als Diorieten, Diabasen, Basalten, Dolerieten, maar *ook in Granieten en Gneisen plaats heeft,* en dus *niet* aan bepaalde gesteenten gebonden is,

3°. *aangezien* daarbij zoowel *niet plastische* als *plastische* gronden kunnen ontstaan,

4°. *aangezien* de Lateritische gronden niet *onvruchtbaar,* zooals de

[1]) Vorläufige Notiz. Mitth. aus dem Geol. Agron. Labor. zu Buitenzorg 1908. Bulletin du Depart. de l'Agricult.

porceleinaarde, maar ook *vruchtbaar* kunnen zijn en eene vegetatie kunnen dragen, dus nog assimileerbare kalk, kali enz. bevatten,

5°. *aangezien* de produkten der gewone verweering te zamen met die der Lateritische voorkomen, en, op sommige plaatsen in tropische klimaten, de eerstgenoemde zelfs in sterke verhouding (zie bladz. 22), optreden,

6°. *aangezien* in sommige streken en klimaten de gewone verweering *nimmer* overgaat in de Lateritische, en in andere *wel*, zonder dat wij kunnen verklaren, welke omstandigheden en agentiën mogelijk maken, dat de gewone ophoudt en *geheel* of *gedeeltelijk* door eene Lateritische vervangen wordt (bijv. in Java, Engelsch Indië *gedeeltetijk* en op de Seychellen eilanden *geheel*, zoowel uit Doleriet als uit Syenit),

7°. *aangezien* de hypothesen van C. G. Dubois, van Weinschenk, van Koers, Kaiser, Bruhns en Bücking geene verklaring geven of te verwerpen zijn, en die van F. Holland nog geheel onbewezen is,

zoo moeten wij met Bauer erkennen, dat *de oorzaken*, waarom de gewone verweering in eene Lateritische geheel of gedeeltelijk overgaat (waarbij de verhouding van Al_2O_3 tot SiO_2 beneden **1 : 3** en **1 : 2** daalt, en zelfs **1 : 0** bereikt), *ons nog geheel onbekend zijn.*

Wij kunnen dus nog geene verklaring geven.

---

§ IV. De Pneumatolytisch-Kaolinische Verweering of Vorming.

I. Inleiding.

Het echte Kaolin komt in de Porceleinaarde voor, waarvan de echt-porceleinen voorwerpen gemaakt worden.

Het echte Kaolin, als kristallijne Kaoliniet (zie deze op bladz. 31), is onoplosbaar in zoutzuur, maar ontleedbaar door gekoncentreerd zwavelzuur bij verhitting; onsmeltbaar in den porceleinoven; de Kaoliniet heeft de formule $Al_2O_3 . 2 SiO_2 . 2 H_2O$.

Men moet dit dus onderscheiden van het Kaolinachtige silikaat **B** der gewone verweering, hetgeen ik boven op blz. 3 behandeld heb. Dit is ook onoplosbaar in zoutzuur, ontleedbaar in sterk zwavelzuur bij verhitting, onsmeltbaar boven een sterkverhittende gasvlam, doch het verhoudingsgetal is niet **1 : 2** maar nadert dit slechts, terwijl het watergehalte onbepaald is en kleiner dan **2.**

Het echte Kaolin wordt door pneumatolytisch-thermale processen voortgebracht. Tevens ontstaan daarbij nog andere chemische verbindingen, van welke eenige als ertsen worden benuttigd.

II. Hypothesen omtrent de Kaolinverweering.

Sinds het begin der 19de eeuw heeft men hypothesen voorgedragen over de verklaring der Kaolinvorming en zelfs getracht de gesteenten kunstmatig te kaoliniseeren. Vele dier hypothesen zijn onjuist gebleken.[1])

Toch is reeds vroeg de meening geuit, dat de vorming met uitstroomingen van fluorwaterstof in verband stond; het eerst wel door L. von Buch in 1827. Forchhammer (1837) sprak alleen van oververhitten waterdamp, Daubrée (1858—1879—1887) van heete waterdampen in verbinding met zuren; Collins (1887) van fluorsilicium- en fluorborium-inwerking. De Launaij heeft in 1888 de kaolinvorming van Les Colettes (Dep. Allier) verklaard door aan te nemen postvulkanische werkingen, die pneumatolytische processen in de granieteruptiën hebben voortgebracht door instroomingen van fluorhoudende gassen in granietspleten.

Eerst laat is deze theorie doorgedrongen en is het als algemeen geldend erkend, dat de kaolinverweering of vorming in hare oorzaken en haren gang, ten eenenmale verschilde van de gewone.

Rössler[2]) heeft in 1908 voor het eerst deze theorie op tallooze vindplaatsen in alle landen en werelddeelen getoetst, ze overal toepasselijk verklaard, en aangewezen waar men met echte Kaolinverweering, maar deze afgewezen, waar men met gewone verweering te doen had. Het laat zich bewijzen, dat overal waar Kaolin aangetroffen is, spleten voorhanden zijn in een gesteente van graniet, gneiss, kwartsporfier, pegmatiet, waarin het echte Kaolin voorkomt nevens

---

1) Fournet geloofde dat de neiging der stoffen tot dimorphie de oorzaak was. Mitscherlich in 1835 en Hochstaedter in 1865 geloofden dat de Kaolinvorming voortgebracht wordt door zwavelzuur, dat door de oxydatie van Pyriet in koollagen ontstaat. Delesse (1858), André (1866), Laube (1876—1884) geloofden nog aan de gewone verweering. Brogniart (1871) en Malaguti, Daubrée (1877—1879) hebben met goeden uitslag getracht Orthoklas te kaoliniseeren, door oververhitten waterdamp met zuren (niet met koolzuur); ook met een electrischen stroom, omdat het kontakt voor verschillende gesteenten licht een elektr. stroom zou kunnen te weeg brengen. Maar ofschoon een elektr. stroom eenige positieve uitkomst gaf, bewijst zulks nog niet dat het kontakt met ijzer- of ertsenrijke gesteenten dien stroom kunnen voortbrengen. Kasai heeft vóór korte jaren de meening geuit, dat het heete watermassa's zijn geweest, die gassen van eruptiën hebben opgelost, welke kaoliseerende agentiën bevatteden. Maar volgens Rössler is een bedekking met heet water in den tertiairtijd slechts voor enkele der voorkomende kaolinvormingen aannemelijk.

2) Festband des neuen Jahrb. f. Mineral. u. s. w. 1902 Seite 231—392.

gangen gevuld met de bijzondere mineralen, die de kaolin vergezellen, en die tegelijk met haar ontstaan zijn.

Men heeft vóór COLLINS wel de vorming dier begeleidende mineralen aan de inwerking van FlH en dampen van fluoruren op het gesteente toegeschreven, maar het experimenteele bewijs niet geleverd, dat het FlH ook uit een veldspaat kaolien kan vormen. Dit bewijs is eerst in 1889, dus vóór twintig jaar, door COLLINS geleverd, toen hij Orthoklas aan de dampen van FlH blootstelde en eeu produkt verkreeg, welks samenstelling met Kaolin overeenkwam. [1])

Hieraan is weinig aandacht geschonken. Zelfs RÖSSLER heeft de proef niet in 't bijzonder vermeld en geene toelichting gegeven, zoodat MAX BAUER een paar jaren geleden er nog aan heeft moeten herinneren, dat COLLINS het eerst een experimenteel bewijs heeft gegeven voor de juistheid der hypothese. [2]) Dit zou anders wellicht in vergetelheid gekomen zijn.

III. DE VERSCHILLENDE NIEUWE MINERALEN IN DE KAOLINVORMING, DIE TEGELIJK MET DE KAOLIN ONTSTAAN ZIJN.

Daartoe behooren allereerst het kiezelzuur, dat uit de veldspaat is opgelost en weggevoerd, en weder in kristallijnen toestand als kwarts of als hoornsteen is afgezet. De pneumatolytisch-thermale processen brengen als nieuwe mineralen voort: Topaas, Tourmalijn, Fluorcalcium, Kryoliet, Kiezen en Blenden, Tinsteen enz.

De Topaas en Tourmalyn zijn ontstaan door de werking van Fluorwaterstofgas en Fluorboorgas, waarschijnlijk ook Fluorsiliciumdamp, op Silikaten van het gesteente. Topaas is kiezelzure aluinaarde, waarin een gedeelte der zuurstof van de aluinaarde door fluor vervangen is. Tourmalyn bevat silikaten van de basis R_2O, RO, R_2O_3, en daarin 10 % B_2O_3 en 0,5—1,2 % Fl. De kalk der silikaten is tot fluorcalcium geworden. De aluinaarde en de natron der silikaten zijn tot fluoraluminium en fluornatrium geworden, welke zich tot Kryoliet ($AlFl_3$ 3 NaFl) hebben vereenigd.

---

1) Zie hier de toelichting daarvan:
Volgens de formule der Orthoklas $Al_2O_3\,6\,(SiO_2)K_2O$ wordt berekend:

Kiezelzuur.	Aluinaarde.	Kali.	Natron.	Water.
75,71 % SiO_2	12,62 % Al_2O_3	11,66 % K_2O	—	—

COLLINS vond in de Orthoklas zijner proef:

63,71 % SiO_2	19,76 % Al_2O_3	13,61 % K_2O	2,26 % Na_2O	Spoor.

Volgens de formule der Kaoliniet $Al_2O_3\,2(SiO_2)2(H_2O$ wordt berekend:

46,4 % SiO_2	39,49 % Al_2O_3	—	—	13,95 % H_2O

COLLINS vond bij zijne proef:

44—49 % SiO_2	35—40 % Al_2O_3	0,12—0,25 %	Spoor	14—15 % H_2O

2) Chem. Centralblatt. Aug. 1908, 1, 982.

Reduktieprocessen hebben vervolgens plaats gehad, welke uit dampen van zwavelzuur en zwaveligzuur hebben gevormd *zwavelwaterstof*. Dit zwavelwaterstofgas heeft gevormd sulfuren: Pyriet (FeS_2) en Markasiet; Thermale wateren hebben daarna uit Loodsulfaat gevormd Loodglans en Euargiet ($4(CuS) . Cu_2S . As_2S_3$). Uit Loodglans is sekundair weder ontstaan Anglesiet ($PbSO_4$). Deze vorming moet evenwel niet meer als pneumatolytisch-thermaal proces, maar als verweeringsproces beschouwd worden.

Koolzuur, dat bij vulkanische werkingen zulk eene groote rol speelt, heeft uit gereduceerde ferrizouten ijzerkarbonaat gevormd, en daarvan is het ijzerspaat (dat bijv. in Passau voorkomt) afkomstig.

Koolwaterstoffen hebben ingewerkt en machtige reduktieprocessen hebben daaruit, volgens Rössler, voortgebracht de *Graphiet*, die wij in de kaolinvorming vinden (bijv. in Moravie), zonder dat wij het proces van die reduktie nog nader kunnen toelichten.

Al deze processen kunnen tot de pneumatolytische gerekend worden.

Doch ook *oxydatie*-processen hebben later een rol gespeeld, want wij vinden in de kaolinformatie MnO_2 of Mn_3O_4, als oxydatieprodukt van Manganozout in Silikaten.

Deze erupties komen niet, zooals men vroeger heeft gemeend, alleen in de oudste formaties voor, maar in alle formaties. De postvulkanische werkingen daarna zijn ongetwijfeld veel heftiger geweest dan thans nog plaats hebben.

In de Kaolin zijn nog vele mineralen in kleinere hoeveelheden gevonden, waarvan het nog onzeker is, of zij oorspronkelijk aanwezig geweest of eerst bij de kaolinisatie gevormd zijn. [1])

Wellicht kunnen deze eene aanwijzing geven over de herkomst der Kaolin, dus over den aard van het gesteente, waaruit de Kaolin ontstaan is. Maar zij kunnen geen zekerheid geven of zij door een pneumatolytisch proces ontstaan zijn. Bovendien zijn de meeste dezer mineralen ook nog kontaktmineralen. [2])

---

[1]) Daartoe reken ik Xenotim (Yttriumphosphaat) en Monazit (Ceriumphosphaat, waarin het Cerium ten deele vervangen is door La, Di, Th); verder de Nontroniet, die wel als eene pneumatolytische vorming mag beschouwd worden, heeft de formule van Kaoliniet waarin Al_2O_3 vervangen is door Fe_2O_3. Voorts nog de Sillimannit en Disthen ($Al_2O_3SiO_3$); de Chrysoberyll (Beryllium Aluminaat), Granaat (Al_2O_3 3 (SiO_2) 3 (CaO), de Rutil en Anatas (TiO_2), het Titanit (Quadrisilikaat van Kiezelzure en Titan-zure kalk), de Skapolith (Calciumsilikaat zooals Anorthit), de Staurolith (Al_2O_3 6 (SiO_2) 3 (FeO) H_2O) (2), ten slotte de Hornblende. In de Granaat en de Staurolith is het Ca min of meer vervangen door Mn, Mg, Fe, in de Staurolith door Mn.

[2]) Zooals men weet ontstaan de kontaktmineralen door het kontakt van een stollings- of eruptiefgesteente met een sedimentair gesteente. Het sedimentaire verkrijgt kristallijne afscheidingen. Het stollingsgesteente wordt veel minder beïnvloed.

De mineralen, die als ertsen kunnen beschouwd worden en de Kaolin begeleiden, zijn Tinsteen, Koperkies, Zinkblende, Bismuthglans.

III. De spleten, gevuld met bovengenoemde mineralen en ertsen.

De met de bovengenoemde mineralen en met ertsen (tinsteen enz.) gevulde gangen in de spleten hebben denzelfden oorsprong als de Kaolin, en kunnen dus de duidelijkste bewijzen voor de Kaolinvorming geacht worden.

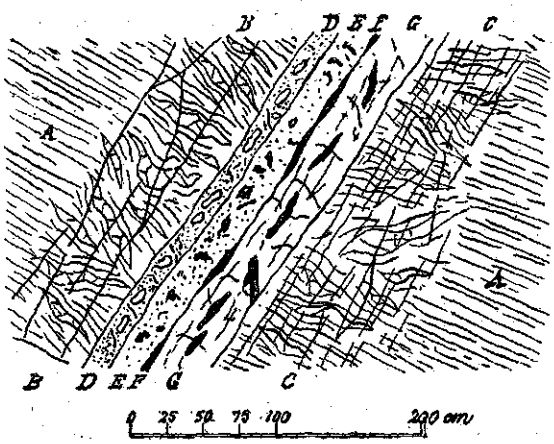
In de nabijheid der Tourmalijn-aders vindt men het gesteente het sterkst gekaoliniseerd. De spleten van het gesteente, waarin de gassen zijn ingedrongen, b.v. bij de Kaolinvorming van Karlsbad, zijn opgevuld met Tourmalijn, Zwavelkies, IJzerspaat, Pyriet, Markasiet.

In de Watervalsmijn te Colorado vindt men nevens de Kaolin gangen gevuld met Loodglans, Pyriet, Vloeispath, Kryoliet, Zirkon. Alleenstaande nesten van Kaolin wijzen op de richting van eene spleet in het gesteente, die thans opgevuld is met Hornsteen, Kwartkristallen en vele nieuwe mineralen. De tinmijnen in Cornwall in het Zuidwesten van Engeland vertoonen zeer kenschetsend de met gangen van mineralen opgevulde spleten. [1])

Het gaat in die spleten aldus toe, dat de aandrang der heete dampen van fluorwaterstof, fluorboor, fluorsilicium het graniet of gneiss of kwartsporfyr of een thonschiefer aantast en aan beide zijden der spleet nieuwvormingen voortbrengt. Soms ontstaat een openscheuring van de spleet, die andere mineralen doet ontstaan, waardoor de gangen hunne bilaterale symmetrie verliezen.

---

[1]) Om hiervan eene voorstelling te geven kan de onderstaande teekening dienen:



V. De Kaolinnesten en de kaolinisatie.

Wij hebben boven op blz. 26 toegelicht hoe de Kaolin door de werking van Fluorwaterstof op silikaten, vooral Orthoklas, kan ontstaan. De Kaolin ligt in lensvormige nesten of stokken tusschen de gangen der Kaolinbegeleiders. Dikwijls vult zij de ruimte tusschen de gangen geheel in. [1])

Het hoofdprodukt van de Kaolinverweering is dan ook de *Kaolin* zelve, ontstaan uit het zure Silikaat, de Orthoklas, en uit de meer basische veldspaten of Plagioklasen. Wij kennen daarvan den begintoestand en den eindtoestand der verweering. Van de Orthoklas worden 4 Mol. SiO_2 en de kali (van de Albiet de natron) weggenomen. Aan de Plagioklasen worden de alkalische basen (CaO, MgO) onttrokken en zooveel SiO_2, dat 2 Mol. overblijven. Bij alle worden 2 Mol. H_2O opgenomen. Zoo ontstaat de Kaolin, $Al_2O_3\ 2\,(SiO_2)\ 2\,(H_2O)$, als eene keramische Thon. Alle keramische Thonen bevatten Kaoliniet (zie beneden blz. 31). Zij is vuurvast. Deze verweering brengt dus eene aarde voort, die geene assimileerbare kali bevat, waarom de keramische Thonen geheel onvruchtbaar zijn.

Als de verweering zoover gekomen is, dat de Kaolin gevormd is, kan pas eene verdere inwerking van de fluorhoudende dampen beginnen, wordt ook de Aluinaarde van het Silikaat aangetast, en kunnen de bovenvermelde nieuwe mineralen gevormd worden.

Door welke oorzaken de Kaolinvorming ophoudt en de vorming der nieuwe mineralen begint, dit moet samenhangen met veranderde

---

Zij stelt eene spleet voor in de Cambrische Grauwacke-Schiefer der Penhalls mijn (Distrikt St. Agnes Cornwall). In eene spleet zijn de heete gassen gedrongen, die de Schiefer hebben aangetast, zoodat de wanden der spleet gangen zijn geworden van de bovengenoemde mineralen en ertsen. Later is eene nieuwe openscheuring van de spleet geschied en nieuwe gangen hebben zich gevormd.

Thans geeft de spleet te zien:

A. Weeke killas.
B. Capel met klenzen van kwarts en snoeren met tinerts, chloriet en koperkies.
CC. Zeer harde Capel. Overigens als B.
D. Rijke gang met tinerts, kwarts en chloriet. In de „Drüsen" naalden van bismuthglans.
E. Zinkblende, tinerts en een weinig pyriet.
F. Smalle koperkiesgang.
G. Tinerts en kwarts. Hier en daar koperkies.

Killas = cambrische tot carbonische "Grauwackentonschiefer".
Capel = getoermaliniseerde, meer of minder tinertshoudende schieferzonen langs den gang.

Zooals men ziet liggen de gangen niet meer symmetrisch langs de beide wanden der spleet.

[1]) *Soms zijn de gangen vrij van ertsen en houden slechts wat kwarts, tourmalijn en topaas in.*

omstandigheden, waarbij de uitstrooming van fluorhoudende gassen vermindert of tot staan komt. Dit moet echter in de natuur in den regel het geval zijn geweest, want wij vinden oneindig meer Kaolin dan Kaolin-begeleiders. Uit de Kaolinlagen in China, Japan, Saksen, Passau, Halle, St. Yrieix enz. enz. wordt de porceleinaarde gehaald, die de industrie van het echte porcelein met grondstof voorzien heeft en nog altijd voorziet.

Terwijl de spleetopvulling met de Kaolinbegeleidende mineralen slechts eenige centimers of millimeters dikte bezit, bedraagt de dikte der Kaolinnesten verscheidene meters. De verhouding der Kaolinbegeleiders tot de Kaolin zelve wisselt tusschen een bedrag van enkele percenten tot een breukdeel van 1 %.

In de mijnen van Cornwall is dan ook naast de produktie van Tinerts de produktie van Kaolin van veel belang. Dit blijkt daaruit, dat in het Distrikt St. Austin de mijnen uitgeput zijn voor Tinerts, maar nog eene belangrijke hoeveelheid Kaolin voortbrengen.

De hoeveelheid van een Kaolinbegeleidend erts, zooals de tinsteen, is tegenover het geheele gesteente, waarin het bevat is, maar gering. Toch beteekent het nog veel, omdat de massa van dat gesteente zoo ontzaggelijk groot is. In Cornwall heeft in het jaar 1903 de opbrengst uit de mijnen 1750 ton bedragen, en de afval van het gesteente ongeveer 100000 ton, zoodat de opbrengst van het Tin 1,75 % is geweest.

De Kaolinverweering gaat niet, zooals de gewone verweering, van de oppervlakte uit, en heeft niet aan de lucht plaats. Zij wordt niet voorafgegaan door eene mechanische verbrokkeling. Het vaste gesteente wordt in zijn geheel veranderd, niet allengs in opvolgende stadiën, zooals bij de gewone en bij de Lateritische verweering. Het gesteente ondergaat in zijn geheel eene intensieve chemische verandering. Alle deelen worden in een *dampbad* of een *vloeistofbad* tegelijk aangetast en veranderd.

Die verandering gaat dan ook zeer diep. Zij is op Ceylon tot 100 M. diepte waargenomen. WEINSCHENK vermeldt, dat zij op andere plaatsen tot op eene diepte van 400—500 M. is waargenomen.

Veel is echter van de Kaolinvorming nog onbekend. Wij weten nog niet welke veldspaat het eerst en het gemakkelijkst gekaoliniseerd wordt [1]),

[1]) Het is nog onverklaarbaar, waarom de kristallen van de eerste formatie in een gesteente, die men phenokristen noemt, en die bij de gewone verweering het langst bestaan, bij de Kaolin dikwijls reeds gekaoliniseerd zijn, terwijl het andere gesteente nog gaaf is. Evenzoo waarom Phenokristen als de Karlsbader tweelingen in akkeraarde voorkomen.

en het is nog onzeker welke Silikaten de kaolinisatie ondergaan, b.v. omtrent de Leuciet en de Skapoliet, ofschoon het voor deze waarschijnlijk is. Rössler nam naast geheel gekaoliniseerde Orthoklas nog geheel versche Mikroklien waar, en besluit daaruit dat de *Mikroklien* niet kaolinisch verweeren kan, ofschoon zij van de Orthoklas slechts door haren triklinen bouw verschilt. Als dit juist is, zoo is het toch geheel onverklaard.

De Thermale wateren, die fluorhoudend zijn, kunnen nog lang nawerken, bijv. die te Karlsbad. Zij werken nog kaoliniseerend op de graniet van eene breccie, maar toch zwak.

Waar al de kali en de andere bases blijven, waarheen zij afgevoerd worden, is nog onbekend, zelfs van het grootste gedeelte van het Kiezelzuur, ofschoon een deel als hornsteen en kristallijne kwarts in de bovenvermelde gangen teruggevonden wordt.

VI. De Kaoliniet.

Het Kaolin schijnt oorspronkelijk amorph te zijn, maar spoedig kristallijn te worden. Eerst in de laatste jaren, sinds men scherper heeft toegezien, heeft men ontdekt, dat er kristallijn Kaolin voorkomt, de *Kaoliniet.* Vroeger werd deze voorbijgezien.

Zelfs in Naumann's „Elemente der Mineralogie", ja zelfs in de 10de door Zirkel bewerkte uitgave van 1877, ontbreekt nog haar naam en wordt zij niet beschreven. Eerst in latere jaren, tegen het einde der 19de eeuw, wordt zij vermeld, als gevonden in den mijnen van Colorado en wel als eene nieuw-vorming op Drüsen [1]) in goed gevormde kristalletjes, met de samenstelling $Al_2O_3\ 2\ (SiO_2)\ 2\ (H_2O)$. Met het mikroskoop heeft men alle Kaolin mikro-kristallijn bevonden, want men heeft de Kaoliniet waargenomen van eene grootte van $\frac{7}{100}$ tot $\frac{1}{400}$ m.m.

In Colorado heeft men de grootte van $^1/_{10}$ millimeter waargenomen en toen uitgemaakt, dat de kristallen monoklien zijn.

VII. Het onderscheiden tusschen het Kaolin en de gewone Verweeringsprodukten.

Vroeger heeft in dit opzicht veel verwarring geheerscht. Uit de aanwezigheid of het ontbreken van sommige mineralen kan men dikwijls afleiden, of de verweering eene kaolinische of eene gewone is geweest. De Nontronit, zoo dikwijls aangetroffen, is een kaolinisch

1) Drüsen zijn met kristallen bekleede holten.

produkt; de Biotiet ook. De Apatiet ontbreekt bij de kaolinische verweering, want zij is niet bestand tegen de kaoliniseerende Agentiën en zij is juist zeer bestendig bij de gewone verweering. Muskoviet wordt ook door de kaolinische agentiën aangetast.

Op de Kaolinische verweering kan eene gewone volgen, als de omstandigheden veranderd zijn, en dat heeft tot menige dwaling aanleiding gegeven, vooral wanneer de produkten dicht bij elkander lagen. Het is dus noodig het voorkomen en den inhoud van een Kaolinnest nauwkeurig te onderzoeken, of het wel uit echt Kaolin bestaat en niet uit andere verweeringsprodukten. [1]) Zoo zijn bijv. de vruchtbare lagen bij Halle en Möglin geen Kaolin maar Löss, ofschoon zij bijna de Kaolinnesten liggen. Dikwijls liggen ook Kaolinthone meer of min vermengd met gewone Thone. Men kan dus begrijpen, hoeveel dwalingen daaruit voortgesproten zijn, en hoe deze tot vóór nog korten tijd de hypothese der Kaolinisatie hebben geschaad, namelijk: dat de Kaolin ontstaat door eene inwerking van heete fluorhoudende gassen op de Silikaten in de spleten der gesteenten, welke inwerking is eene postvulkanische en pneumatolitisch-thermale (Rössler).

VIII. Overgang in plastische Kaolin, Verplaatsing in lagen.

De verandering van de Kaolin, die zelve niet plastisch is, in eene plastische massa, is toe te schrijven aan het latere indringen van athmospherisch water, dus van hetgeen de Duitschers „Tagewasser" noemen. De Kaolin neemt dit begeerig op, vermoedelijk eerst als Absorptiewater, en bindt het daarna als Hydraatwater.

De Kaolinnesten kunnen in Kaolinlagen overgaan, als de vulling van eene spleet uitgespoeld, naar eene andere plaats vervoerd, en dan in lagen afgezet wordt. Dit komt bijv. bij Meissen voor.

IX. Pseudomorphie der Kaolin.

De Kaolin kan ook pseudomorphisch voorkomen. Behalve in de schijngedaante van Orthoklas komt zij in den schijnvorm van Skapoliet, Leuciet, Beryll en Topaas voor. De vastheid van zulk eene metamorphische vorming verschilt van de vastheid van los krijt tot die van een kalksteen (zoogenaamde hardsteen).

Het bestaan dezer pseudomorphische vormingen is nog na 1902 door de waarnemers vermeld.

---

[1]) Zonder genoegzaam onderzoek zijn vroeger allerlei witte, aardachtige omzettingsprodukten klakkeloos voor Kaolin verklaard (Rössler).