

MINERALOGISCHE VRAAG- STUKKEN MET BETREKKING TOT DEN GROND

REDE, UITGESPROKEN IN VERBAND
MET DE AANVAARDING VAN HET
AMBT VAN HOOGLEERAAR AAN
DE LANDBOUWHOOGESCHOOL
TE WAGENINGEN
OP MAANDAG 19 MAART 1934
DOOR
DR. C. H. EDELMAN M. I.

D. B. CENTEN'S UITGEVERS MAATSCHAPPIJ (N.V.) - AMSTERDAM

*Mijne Heeren Curatoren, Hoogleraren, Lectoren, Docenten, Dames en Heeren Assistenten en Studenten dezer Hoo-
geschool en voorts Gij allen, die door Uw tegenwoordigheid
van Uw belangstelling blijkt geeft.*

Dames en Heeren,

De agogeologie, waaronder we verstaan dat gedeelte van de geologische wetenschappen, hetwelk van belang is voor de kennis van den bodem en zijn cultuur, leidt haar beoefenaars tot de studie van bepaalde mineralogische, petrologische en geologische vraagstukken, die niet steeds interessant genoeg zijn om het groote leger van geologen en mineralogen zonder meer tot actief onderzoek te prikkelen. De geologie heeft haar eigen brandende vraagstukken, in den tegenwoordigen tijd voornamelijk gelegen op tectonisch gebied, d.w.z. men wenscht den bouw van de aardkorst te kennen. De mineralogie staat nog steeds in het teken van haar jongste succes: het röntgenographisch onderzoek naar den bouw van den kristallijnen toestand. De petrologie is na een periode van verval herboren als regionale wetenschap en streeft naar de kennis van den natuurlijken samenhang van de gesteenten.

Deze vraagstukken zijn voor den agogeoloog echter slechts zijdelings van beteekenis. Hij staat voor de opgave bijeen te vergaren, wat voor zijn doel: den bodem en zijn cultuur, van belang kan zijn, daarbij zelf aanvullend of onderzoekend, wat de zuivere geologische wetenschap achterwege liet.

Dat dit zelfstandig onderzoek inderdaad noodzakelijk kan zijn, wil ik even verduidelijken. Eén der meest vooraan-

staande Nederlandsche geologen heeft eens gezegd: „Waar het bodemprofiel ophoudt, begint het voor ons geologen pas interessant te worden.” Dat standpunt behoeft ons niet te verwonderen. Immers, wat is bodemvorming voor den geoloog? Een hinderlijk proces, dat zijn taak: de bouwsteen der aardkorst in hun natuurlijke positie waar te nemen, verzwaart. Den geoloog als vakman is niets zoo antipathiek als een sterke vegetatie. Intusschen ligt het voor de hand, dat op deze wijze kwesties onaangeroerd, althans onopgelost blijven, die betrekking hebben op den buitensten mantel van onze aarde en dus juist voor de bodemkunde van belang moeten zijn en dat de agrogeoloog dus inderdaad voor geologische vraagstukken wordt gesteld, die anderen niet belangwekkend genoeg vonden.

Echter moet direct opgemerkt worden, dat de vraagstukken van den agrogeoloog volstrekt niet eenvoudiger behoeven te zijn, dan die, welke in de officieele geologie en mineralogie in de mode zijn. Ze spreken hoogstens wat minder tot de verbeelding. Wil de agrogeoloog het bereikbare bereiken, dan moet hij, zoo noodig, alle hulpmiddelen, waarover de zuivere geologische wetenschap beschikt, kunnen aanwenden. Hij kan zijn doel: de kennis van den bodem, slechts dan voldoende benaderen, wanneer hij moderne onderzoekingsmethoden kan toepassen. Wat anderen in zuiver wetenschappelijk werk tot stand brachten, tracht hij dienstbaar te maken aan zijn meer concrete vraagstukken.

Het is niet wel mogelijk, in een kort bestek weer te geven, wat voor de kennis van den bodem en zijn cultuur kan worden ontleend aan geologie, mineralogie en petrologie, om nu maar niet te spreken van hydrologie en archaeologie. Ik wil mij daarom beperken tot één complex van vraagstukken, die voor den grond van belang zijn en wel tot de mineralogische vraagstukken.

Van oudsher spreekt men van de mineralen van den grond als van het bodemkapitaal, van het reserve-kapitaal van den grond. Als zoodanig dienen mineralen een plaats in te nemen in beschouwingen over den grond.

Onder den invloed van de zgn. exogene krachten worden de mineralen geleidelijk omgezet in andere, in het algemeen armer aan basen dan de oorspronkelijke mineralen en rijker aan driewaardige oxyden en aan water.

De daarbij vrijkomende basen kunnen geheel of gedeeltelijk aan den kringloop der stoffen in grond en begroeiing worden toegevoegd en op die wijze haar invloed uitoefenen. Het is duidelijk, dat die verweeringsverschijnselen in meerdere of mindere mate afhankelijk zijn van het karakter van de mineralen, die ten slotte den grond gaan vormen. Het eerste mineralogische vraagstuk, dat op den grond betrekking heeft en waarvoor we dus krachtens den grondslag der agrogeologie gaan putten uit de zusterwetenschap mineralogie is dan ook: die eigenschappen van de mineralen te kennen, die van belang zijn voor de latere verweering er van.

Aangezien de mineralogie een oude wetenschap is, zijn de eigenschappen van de meeste, vooral de belangrijkste mineralen zeer goed bekend. Ons interesseert voornamelijk hun chemische samenstelling en hun stabiliteitsgebied. Aangezien alle gesteentevormende mineralen behalve kwarts tot min of meer gecompliceerde isomorphe reeksen behooren, kan men niet steeds uit een mineraaldeterminatie zonder meer de chemische samenstelling afleiden. Dank zij het veelal goed bestudeerde verband tusschen optische eigenschappen en de plaats in de isomorphe reeksen, gelukt het vaak uit het optisch onderzoek van een mineraal betrekkelijk nauwkeurig de chemische samenstelling te bepalen. De veldspaten b.v. gelden in dit opzicht voor afdoende bekend. Bij andere mineraalgroepen, b.v. de monokliene pyroxenen is de variatie in de chemische samenstelling van weinig invloed op de optische eigenschappen en kan dus ook niet nauwkeurig uit die optische eigenschappen worden afgelezen. Intusschen moet erkend worden, dat op dit gebied door mineralogen een zeer groote hoeveelheid fundamenteel werk is verricht; het is ongetwijfeld van alle mineralogische bodemvraagstukken het dichtst bij de oplossing.

Een vakkundig mineralogisch onderzoek van den grond

kan dus antwoord geven op de vraag, op welke wijze de meer algemeen verbreide chemische elementen, die voor de bodemkunde van beteekenis zijn, oorspronkelijk gebonden zijn.

Een interessant vraagstuk, dat hiermede parallel loopt, is de oorspronkelijke binding van de minder verbreide elementen, zooals Mn, Cu, B en andere nog zeldzamere elementen. Een bijzondere tak van de mineralogie, de geochemie, houdt zich bezig met de verdeling van de chemische elementen in de aardkorst en in de bouwsteen en daarvan, dat zijn dus de mineralen. Een speciale geochemie van den bodem is echter tot nu toe nog niet geschreven, zoodat het uiteindelijke antwoord op de vraag, hoe de voor den landbouw belangrijke zeldzamere elementen eigenlijk voorkomen, nog niet kan worden gegeven. Het is echter wel mogelijk eenige algemeene gezichtspunten aan te duiden, die voor het genoemde vraagstuk van belang zijn. Zeldzame elementen kunnen op drie principieel van elkaar verschillende wijzen in den grond voorkomen. Allereerst als integreerend bestanddeel van zeldzame mineralen. De meeste zeldzame mineralen zijn echter gekenmerkt door een zeer onregelmatige verbreiding en het is zeer de vraag of de kleine hoeveelheden zeldzame elementen, die voor den plantengroei onmisbaar of nuttig schijnen te zijn en in iederen grond voorkomen, door het onregelmatige optreden van zeldzame mineralen voldoende kan worden verklaard. Belangrijker is dan ook een andere wijze van optreden, waarvan de beteekenis voornamelijk door V. M. G o l d s c h m i d t is uiteengezet. G o l d s c h m i d t wijst er op, dat het lot van een minder verbreid element voornamelijk bepaald wordt door de mogelijkheid of het isomorph kan worden opgenomen in de kristallijne verbindingen van de gewone gesteentevormende elementen. Is die isomorphe vervanging niet of slechts in zeer beperkte mate mogelijk, dan wordt de concentratie van het zeldzame element ten gevolge van de normale gesteentevormende processen, waaraan het dus niet kan deelnemen, steeds grooter, zoodat het element ten slotte moet uitkristalliseeren in den vorm van een zeldzaam mineraal. Is de isomorphe vervanging wel mogelijk, dan vindt de grootste hoeveelheid van

het zeldzame element ten slotte een plaats als schijnbaar onbeteekenend bestanddeel van de kristalroosters van zeer algemeene mineralen. Zoo wordt verklaard, dat een element als Mn, dat eigenlijk in het geheel niet zeldzaam is, in de normale gesteenten nooit een zelfstandig mineraal vormt, maar steeds isomorph het tweewaardige Fe vervangt en als het ware achter dit element „verscholen” is. Men mag aannemen dat schijnbaar onbeteekenende isomorphe vervanging van algemeen verbreide elementen door zeldzame, de normale bron vormt van die zeldzame elementen in den grond.

In recente publicaties heeft G o l d s c h m i d t nog aandacht gevraagd voor een derde mogelijkheid: nl. het zeer verbreide optreden van bepaalde zeldzame elementen in geadsorbeerden vorm in sedimenten. G o l d s c h m i d t denkt daarbij speciaal aan het Borium, dat weinig neiging vertoont tot isomorphe vervanging van meer algemeen voorkomende elementen en dat in sedimenten een ongedachte verbreiding bezit. De vele parallellen, die tusschen sedimenten en grond bestaan, dwingen ons, rekening te houden met de mogelijkheid, dat het B in vele gronden oorspronkelijk in geadsorbeerden vorm aanwezig is geweest.

We komen thans tot het tweede punt, dat betrekking heeft op de oorspronkelijke bestanddeelen van den grond en wel tot de n a t u u r l i j k e s t a b i l i t e i t s v o o r w a a r d e n van de samenstellende mineralen. Ook hierbij is het mogelijk, eenige algemeene gezichtspunten te formuleeren. In den regel behooren de bestanddeelen der gesteenten tot natuurlijke mineraalparagenesen, die zich bij hogere temperaturen en druk hebben gevormd. Die paragenesen zijn in het algemeen bij lagere temperatuur niet meer stabiel en neigen dus tot omkristalliseeren, een proces, dat intusschen in de vaste phase in een vaak niet merkbaar tempo verloopt. Hoe hoger nu de vormingstemperatuur van een mineraalparagenese is, hoe sterker het evenwicht aan de aardoppervlakte verbroken is.

Plaatst men nu de magmatische ferromagnesium mineralen empirisch in een reeks van afnemende verweeringstendens:

olivien
 rhombische pyroxeen
 monokliene pyroxeen
 amphibool
 biotiet
 (toermalijn)

dan heeft men die mineralen tegelijk gerangschikt naar afnemende vormingstemperaturen.

Deze rangschikking vertoont voorts een toenemende chemische complexiteit. De olivien is een eenvoudig orthosilikaat van Mg en Fe, de pyroxenen zijn reeds gecompliceerder, maar zijn toch nog metasilikaten zonder hydroxyl-groepen. De amphibolen vormen zeer gecompliceerde isomorphe reeksen, gebaseerd op de bouwgroep $\text{Si}_4\text{O}_{11}(\text{OH})$, terwijl in den biotiet en den toermalijn alkaliën in de kristalroosters treden. Kristallografisch is deze reeks eveneens opvallend. De olivien is opgebouwd uit vrije SiO_4 -groepen, slechts door de metaalaten aan één verbonden. De pyroxenen en amphibolen zijn gekenmerkt door strengen van SiO_4 -groepen, waarbij die van de amphibolen gecompliceerder zijn dan van de pyroxenen. In den biotiet zijn de SiO_4 -groepen tot lagen vereenigd, een verbinding, die alweer volkomener is dan bij de amphibolen. De toermalijn ten slotte heeft, evenals kwarts, de SiO_4 -groepen tot een zeer soliede ruimte-netwerk versmolten en moet dan ook als bijzonder stabiel bij lagere temperaturen worden beschouwd.

Zoo zien we dus een ver gaande parallel tusschen verweeringstendens eenerzijds en algemeen erkende mineraalchemische en kristallografische eigenschappen anderzijds. Een soortgelijke parallel bestaat ook voor de zgn. leukokrate bestanddeelen, waarbij eveneens de verweeringstendens afneemt met de vormingstemperatuur en met toenemende chemische complexiteit en structureele soliditeit.

Het is toch wel zeer onwaarschijnlijk, dat dergelijke parallellen toevalligheden zouden zijn. Zoo zien we dus, dat de stabiliteit van de gesteente-bestanddeelen kan samenhangen met andere eigenschappen der mineralen en dat de grond-

slagen van de verweering in verband met die andere eigenschappen dienen te worden bestudeerd.

De verweering zelve hangt, behalve van de verweeringstendens, ook af van het *aantastende agens*. Uit het laboratorium is bekend, dat verschillende zuren op bepaalde mineralen een zeer verschillende uitwerking kunnen hebben. Bestaan er in de natuur ook dergelijke verschillen, verschillen dus, die niet uitsluitend berusten op de concentratie van de H- of OH-ionen, maar op het reagens zelve? Deze vraag mag niet zonder meer ontkennend worden beantwoord. De sterkere verweering in het tropische klimaat wordt gewoonlijk op rekening gesteld van de hoogere temperatuur. Bij vele chemische reacties in het laboratorium is, gelijk algemeen bekend, de invloed van de temperatuur op de reactiesnelheid betrekkelijk eenvoudig gebleken en geldt, dat de reactiesnelheid 2 à 3 maal zoo groot is voor iedere 10° temperatuursverhooging. De verschillen in verweering in de tropische en in de gematigde zônes, ook bij overeenkomstige pH zijn echter zoo groot, dat we ze moeilijk kunnen verklaren door een grootere reactiesnelheid alleen. Het proces verloopt niet alleen quantitatief, maar ook kwalitatief anders. Het schijnt dan ook, dat we op dit punt eenigszins eenzijdig en zeker niet volkomen zijn ingelicht. Ik wijs hierop slechts terloops, want het betreft hier een vraagstuk, dat niet meer ten volle een mineralogisch vraagstuk is.

Thans nog een stap verder gaande, komen we tot een belangrijke vraag: welke zijn de producten, die bij de chemische omzettingen der minerale bestanddeelen in den grond ontstaan?

Om dit vraagstuk scherp te kunnen stellen is het noodzakelijk even stil te staan bij eenige grondbegrippen betreffende het wezen van den vasten toestand. Het is gebleken, dat er slechts twee toestanden mogelijk zijn, waarin de atomen in den vasten toestand kunnen verkeerem. Allereerst en hoofdzakelijk de *kristallijne toestand*, gekenmerkt door een regelmatige rangschikking van de atomen in roosters en voorts de *amorphe toestand*, waarin atomen of atoomgroepen in onregelmatige rangschikking de ruimte vullen. An-

ders gezegd: in den kristallijnen toestand is de rangschikking der atomen geometrisch drievoudig periodiek, in den amorphen toestand aperiodiek; de wanorde leidt statistisch tot gelijkwaardigheid van alle richtingen. Karakteristiek voor den amorphen toestand is de glastoestand. De amorphe toestand is vergelijkbaar met den vloeibaren toestand, waarin de atomen of atoomgroepen eveneens willekeurig t.o.v. elkaar zijn gerangschikt. De amorphe toestand is instabiel t.o.v. den kristallijnen toestand en streeft steeds naar dien kristallijnen toestand. Een stof, waarvan de kristallijne toestand niet bekend is, is het B_2O_3 ; klaarblijkelijk is een drievoudig periodieke rangschikking van B- en O-atomen in de vereischte verhouding onmogelijk, zoodat dit voorbeeld geen uitzondering op den algemeenen regel is.

Deze kleine uitweiding was noodzakelijk om à priori te kunnen vaststellen, dat de minerale bestanddeelen in den grond, wanneer ze niet in oplossing of in geadsorbeerden vorm aanwezig zijn, zich in kristallijnen toestand moeten bevinden, of daarnaar moeten streven.

Wanneer de chemici dus spreken van een SiO_2 -gel, dan spreken ze daarmee tevens uit, dat de betrokken Si- en O-atomen zich bevinden in roosters, of er naar streven zoo'n rooster te vormen. De niet omkeerbare verouderingsverschijnselen van gelen wijzen ondubbelzinnig zoo niet op den groei van reeds bestaande roosters, dan toch op de vorming daarvan. Die rooster moet in dit bijzondere geval een β kwarts-rooster zijn, aangezien geen hydraten van SiO_2 met een eigen bouwtype bekend zijn.

Met het Al_2O_3 -gel of sol van de bodemchemici is het eenigszins anders gesteld, want de mineralogie kent drie kristallijne toestanden, die theoretisch tot een dergelijk gel aanleiding kunnen geven, nl.: de korund, het Al_2O_3 , de diaspoor, het $AlO-OH$ en de hydrargilliet, het $Al(OH)_3$. Het Al_2O_3 -gel der bodemchemici is dus mineralogisch strikt genomen niet ondubbelzinnig bepaald, maar op geochemische gronden is het het meest waarschijnlijk, dat ten gevolge van een verweeringsproces hydrargilliet-roosters zullen ontstaan.

Wanneer we nu met *Stremme*, *Wiegner*, e.a. onderstellen, dat in gronden en kleien vooral optreedt een door wederzijdsche uitvlokking ontstaan mengsel van Al_2O_3 - en SiO_2 -gelen in wisselende proporties, dan onderstellen we daarmee tevens, dat in de betrokken gronden een mengsel van β kwarts- en hydrargilliet-roosters optreedt of in wording is. Dit is de mineralogische consequentie van de hypothese van het alumo-silikaatgel.

Men kan nu de vraag stellen, of dit in het algemeen, of slechts in bijzondere gevallen, mineralogisch verantwoord is. Geochemisch bestaan er tegen de onderstelling van het stabiel zijn van de betrokken kwarts- en hydrargilliet-roosters, onder verhoudingen als in gronden optreden, geen bezwaren. Dit beteekent evenwel niet, dat onder bepaalde omstandigheden nog niet andere roostertypen stabiel zouden kunnen zijn, de chemische omzetting zouden kunnen ontgaan, of nieuw gevormd zouden kunnen worden.

Om op dit punt althans eenige zekerheid te verkrijgen, moeten we het vraagstuk der chemische verweering iets ruimer bezien en ook de kleien in de discussie betrekken. Immers, de kleien kunnen worden geacht, vaste bestanddeelen te bevatten, die reeds tijdens de verweering van de oorsprongsgesteenten door chemische omzetting uit de bestanddeelen van die oorsprongsgesteenten zijn ontstaan. De kleien bestaan dus uit materiaal, dat of nieuw gevormd is, of niet is omgezet, m.a.w. min of meer stabiel was. Kennen we dus de kleien, dan weten we althans iets omtrent de stabiliteit van bepaalde atoomroosters en de mogelijkheden van nieuwvorming daarvan, onder omstandigheden, vergelijkbaar met die, welke in gronden optreden.

Nu vormt de mineralogie van de kleien¹⁾ al een even moeilijk vraagstuk als de mineralogie van den grond. Vroeger was men van meening, dat de kleien hoofdzakelijk uit kaolien zouden bestaan. Die meening was gebaseerd op typische

¹⁾ Deze beschouwingen omtrent de mineralogie van de kleien bouwen voort op overwegingen, gemeenschappelijk met *Dr. P. van Campen* en bedoeld als uitgangspunt voor gezamenlijke onderzoeken.

kleien, die inderdaad uit zuivere kaolien bestaan, b.v. de beroemde kleien van Meissen, die bij de fabricage van porcelein worden gebruikt. Men wist wel, dat er kleien bestonden welke andere eigenschappen vertoonden, maar verklaarde die afwijkende eigenschappen met het vage begrip verontreiniging. De opvatting van de kleien als verontreinigde kaolien is tot op den huidigen dag blijven bestaan. Dat kaolien in kleien en ook in gronden voor kan komen en onder bepaalde omstandigheden stabiel kan zijn, staat blijkens het voorgaande vast.

Intusschen wordt het gehalte aan kaolien in kleien vaak overdreven, mede ten gevolge van een onjuiste wijze van berekenen van de chemische analyses. Die wijze van berekenen is ontleend aan de petrographie der eruptiefgesteenten. Het zou ons te ver voeren, deze calculatie hier in haar geheel uitéén te zetten, voldoende zij op te merken, dat men het gehalte aan CaO , Na_2O en K_2O vergelijkt met dat van het Al_2O_3 . In eruptiefgesteenten zijn de oxyden CaO , Na_2O en K_2O hoofdzakelijk, nl. in de veldspaten, in verhouding 1 : 1 aan Al_2O_3 gebonden en daarop nu is de berekening gebaseerd. Is het gehalte aan CaO , Na_2O en K_2O onvoldoende om het Al_2O_3 in de verhouding 1 : 1 te binden, dan spreekt men van een aluminiumoverschot. Het zijn juist de sedimenten en in het bijzonder de kleien, die door een aluminium-overschot worden gekenmerkt en men heeft de gewoonte aangenomen, dit op rekening te stellen van kaolien en calculeert dus op deze wijze in kleien steeds een kaolien gehalte.

Dat deze wijze van berekening voor sedimenten onjuist is, volgt uit de overweging, dat de basen Ca, Na en K in de kleien zeker niet algemeen in den vorm van veldspaat gebonden zullen zijn, immers, die zijn bij de chemische verweering gewoonlijk niet stabiel. De calculatie van een kaoliengehalte uit het aluminiumoverschot der kleien levert dan ook een fictief resultaat op. De voornaamste fout schuilt hierbij in het Kalium. Immers, er bestaat naast de veldspaten nog een tweede vorm, waarin Kalium silikatisch in het groot kan optreden, nl. de muscoviet en in den muscoviet is de

verhouding van $K_2O : Al_2O_3 = 1 : 3$. Wanneer men een muscoviet-analyse omrekenet op de voor eruptiefgesteenten geldende wijze, dan calculeert men dus, afgezien van het kiezelzuur, 33 % orthoklaas en 67 % kaolien. Dit eenvoudige voorbeeld illustreert, hoe een eventueel gehalte aan glimmer in kleien de geheele berekening van het kaoliengehalte omverwerpt. Inderdaad blijkt bij vele kleianalysen, wanneer men slechts het Ca en Na als plagioklaas en het K als muscoviet in rekening brengt, van een aluminium-over-schot geen sprake meer te zijn. Nu is de onderstelling, dat het Kalium uitsluitend in muscoviet optreedt, zelf alweer ongemotiveerd, maar ieder gehalte aan muscoviet in een klei drukt het gecalculeerde percentage kaolien omlaag.

Het microscopisch onderzoek van kleien is zeer moeilijk en momenteel slechts mogelijk voor korrelgrootten boven 1μ . Het is nog niet gelukt, kleinere fragmenten langs eenigen weg te determineeren. Echter heeft het vergelijkend onderzoek van de fracties boven 1μ geleerd, dat met het afnemen van de korrelgrootte een verschuiving in de quantitative mineralogische samenstelling optreedt. Kwarts, in de grovere fracties het overheerschende bestanddeel, neemt met het fijner worden van het materiaal aan beteekenis tegenover veldspaten af, ten slotte worden beide mineralen ondergeschikt t.o.v. de schubvorming optredende bestanddeelen voornamelijk muscoviet en daarnaast ook chloriet.

Dit is op overtuigende wijze aangetoond door V. M. Goldschmidt en zijn medewerkers tijdens een breed opgezet onderzoek van kwartaire kleien van Noorwegen, en later ook door Schlüntz voor septarienklei en keileem uit Mecklenburg. Deze verschuiving uit zich ook in de chemische analyses van de verschillende korrelfracties. Belangrijk is nu, dat de fracties kleiner dan 1μ in haar chemische samenstelling een voortgaan van die verschuiving suggereeren. Het schijnt dan ook, dat in de fijnste fracties van de betrokken kleien, de schubvormige bestanddeelen, voornamelijk glimmer en chloriet overheerschen. Er is althans geen enkele reden aan te nemen, dat er principiëel verschil in mineralogie tusschen de fijnere en grovere kleifracties be-

staat; in de fijne, zoowel als in de grovere fracties zijn basen een integreerend deel van de kristalroosters, die het materiaal opbouwen. Dit is trouwens in volkomen overeenstemming met het relatief geringe gedeelte der basen dat adsorbtiëf gebonden en dus uitwisselbaar is en dat in vele gevallen niet meer dan 10 % van de totale in de fijne fracties aanwezige hoeveelheid basen bedraagt.

Toch mogen we niet zonder meer concludeeren, dat muscoviet en chloriet de voornaamste bestanddeelen van kleien zijn. Allereerst moet rekening worden gehouden met regionale variaties, waarvan verwacht mag worden, dat ze in verband zullen staan met klimatologische invloeden in het achterland. Voorts zijn er nog eenige algemeene gezichtspunten, die voor de kennis van de mineralen van kleien van belang zijn. Geochemisch gezien dient rekening te worden gehouden met het bestaan van een mineraalgroep, die tot nu toe niet in het geding kwam, nl. die, waartoe beidelliet en montmorilloniet behooren. De chemische samenstelling van deze en andere tot dezelfde groep te rekenen mineralen is nog niet zoo volledig bekend, dat we uit analyses van kleien zonder voorbehoud tot de aan- of afwezigheid van die mineralen kunnen besluiten. Het staat evenwel vast, dat Mg van enkele dezer mineralen een essentieel bestanddeel vormt en dat ook Ca, Na en K in de roosters aanwezig kunnen zijn. Het feit, dat we omtrent de juiste samenstelling van die mineralen nog in onzekerheid verkeeren, wordt voornamelijk veroorzaakt door een thans verouderd inzicht in de isomorphiebetrekkingen van de silikaten. Steeds putte men zich uit in beschouwingen omtrent de verhouding $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2$, een verhouding waarvan we thans weten, dat ze noch rationeel, noch constant behoeft te zijn en verwaarloosde de rol van de zooveel belangrijkere basen, waarvan intuschen vast staat, dat ze tot den kristalrooster kunnen behooren. Er zijn kleien bekend, de zgn. bentonieten, welke geacht worden, geheel uit mineralen van deze groep te zijn opgebouwd, zoodat we à priori rekening moeten houden met het althans plaatselijk optreden van dergelijke mineralen in kleien.

Hiermede zijn de complicaties echter nog geenszins uitgeput. Het onderzoek van de kristalstructuren van mineralen als hydrargilliet, bruciet, kaolien en de glimmers heeft aangetoond, dat vèr gaande parallellen in opbouw tusschen de betrokken roosters bestaan. De afstanden der atomen in de hydrargilliet- en kaolienroosters b.v. verschillen zoo weinig en de opbouw is ook in andere opzichten zoo verwant, dat men zooals Bragg het uitdrukte, van den eenen rooster op den anderen kan voortbouwen. De brucietrooster is ietwat grooter, maar men neemt reeds aan, dat b.v. de chlorieten zouden bestaan uit afwisselende lagen van het bruciet- en het glimmertype. We moeten rekening houden met de mogelijkheid, dat tusschen al deze glimmerachtige mineralen isomorphiebetrekkingen van nooit vermoeden omvang bestaan.

In verband hiermede is het geenszins onmogelijk, dat de kleien juist door het optreden van deze ingewikkelde mengkristallen zouden zijn gekenmerkt. Dat zou tevens verklaren, waarom de kleien zulke moeilijk ontwarbare röntgenspectra opleveren.

Alle mineralen, die tot de veronderstelde mengkristalgroep van hydrargilliet, bruciet, kaolien, muscoviet en wat dies meer zij, behooren, zijn glimmerachtig van habitus. De algemeene chemische en microscopische ervaring, die in overeenstemming is met het overheerschen van muscoviet en chloriet in de fijnere kleifracties, kan dan ook het best worden geformuleerd door te zeggen, dat de fijnere kleifracties voornamelijk bestaan uit glimmerachtige mineralen.

Deze mineralen komen in de gesteenten, uit de verweering waarvan ze ontstaan zijn, in den regel niet voor, behalve dan de muscoviet zelve. Ze hebben zich dus tijdens of na de verweering moeten vormen. Maar dan weten we ook, dat hun stabiliteitsgebied kan vallen binnen de omstandigheden, die zich bij processen in den grond kunnen voordoen. Zodoende moet ook bij het vormen van grond met de mogelijkheid van het ontstaan van deze glimmerachtige producten worden gerekend.

Echter, de moderne bodemkunde houdt nauwelijks rekening met een dergelijke mogelijkheid.

De klei-vorming in den grond wordt door Wiegner gezien als een wederzijdsche uitvlokking van Al_2O_3 - en SiO_2 -gelen. Het bestaan van dit meng-gel werd volgens oudere opvattingen gesteund, door het niet rationeel of constant zijn van de verhouding $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2$ in zuurextracten van den grond. We hebben reeds gezien, dat dit argument verouderd is en dat de verhouding $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2$ in verscheidene isomorpe reeksen van silikaten noch rationeel, noch constant behoeft te zijn.

Gelijk ik reeds uiteenzette, kan op geochemische gronden niet aan de bestaansmogelijkheid van het alumosilikaat-gel worden getwijfeld. Echter is het standpunt van Wiegner in dezen ongetwijfeld te eng. Het is onvermijdelijk, dat de bodemkunde voor de aanwezigheid van de glimmerachtige bestanddeelen in den grond een grotere plaats moet inruimen, dan thans het geval is en de consequenties daarvan onder de oogen moet zien.

Een ander vraagstuk, dat voor de kennis van den grond van belang is en dat mineralogische aspecten heeft, is dat van winst en verlies van materiaal, tengevolge van geologische processen. Een land als Nederland, dat het grootste gedeelte van zijn cultuurgrond op rivier- en zeewater heeft moeten veroveren, weet hiervan mee te praten. Dat de hierbij optredende vraagstukken waard zijn, niet alleen landbouwkundig en waterbouwkundig, maar ook sediment-petrologisch, dus met mineralogische methoden, te worden bestudeerd, behoeft ik hier nauwelijks uitéén te zetten.

Er bestaat echter nog een ander proces, dat tot winst of verlies van materiaal voor den grond kan leiden, en waarmee we ons even dienen bezig te houden: nl. het aeolische stoftransport.

In het groote gebeuren, dat zich in en op de aardkorst afspeelt, is dit aeolische stoftransport slechts een verschijnsel, dat nivelleerend werkt op het relief van de aarde; voor het ontstaan van bepaalde grondsoorten en voor het begrip van

landschapsvormen is het echter een zeer belangrijk proces.

Het zijn dan ook juist bodemkundigen en geographen zooals Free, Ehrenberg, Treitz, Meinardus e.a., die nauwkeurige gegevens over dit verschijnsel bijeen hebben gebracht. De onderzoekingen en overwegingen van deze auteurs leiden tot de onafwijsbare conclusie, dat de aardoppervlakte op vele plaatsen door aeolischen aanvoer van materiaal wordt opgehoogd ten koste van gebieden, die door den wind worden uitgeblazen.

Dit stof bestaat slechts voor een gedeelte uit minerogeen materiaal. Men wijst o.a. op het gehalte aan stikstofverbindingen, dat rechtstreeks bijdraagt tot de vruchtbaarheid van den grond. In het verband van onze beschouwingen willen we echter in het bijzonder nagaan het transport van de minerogene fractie van dit stof.

De gebieden, waar het verschijnsel zich het duidelijkst openbaart zijn de steppenzones van onze aarde, immers, droogte is uiteraard een factor die een transport van stof door de lucht begunstigt. De sterke klimaatwisselingen, die gedurende het Kwartair ook onze streken beïnvloedden, lieten als voornaamste resultaat van een tijdelijk droog klimaat den loess, in oorsprong een typische aeolische stofafzetting achter.

In de befaamde vruchtbaarheid van den loess culmineert een voorname bodemkundige eigenschap van het aeolisch stoftransport. Voor de plaatsen, die van dit transport profiteren, geldt niet alleen materiele, maar ook kwalitatieve winst; de grond wordt er in het algemeen beter van. Dit is geochemisch gemakkelijk in te zien. Vergelijkt men de chemische samenstelling van loessen met die van kleien en zanden eenerzijds en met de gemiddelde samenstelling der eruptiefgesteenten anderzijds, dan blijkt, dat de loessen chemisch niet passen tusschen zanden en kleien, hetgeen men op grond van de granulaire-analyse van den loess zou kunnen verwachten, maar dat de loessen in samenstelling staan tusschen de eruptiefgesteenten en de normale sedimenten.

De loess is een typisch mechanisch verweeringsproduct; de chemische uitloosing, die bij iedere humiede verweering

optreedt, is blijkens het chemisme der loessen achterwege gebleven. Zodoende bevat loess en in parallel hiermede ook het recente, uit droge gebieden afkomstige stof, nog rijkelijk elementen als K, Na, Ca en Mg, die in normale klastische sedimenten meer op den achtergrond staan.

Naast de zuiver aeolisch ontstane gronden moeten men g r o n d e n worden onderscheiden, waarvan het minerogene materiaal slechts ten deele door den wind is toegevoerd en dat overigens lokaal is. Strikt genomen moeten alle gronden als menggronden worden beschouwd. Het ijs der uitgestrekte ijskappen van de poolgebieden is bedekt met een dun laagje stof, dat niet anders dan aeolisch kan zijn toegevoerd. Men heeft het wel als kosmisch stof opgevat, maar er zijn afdoende gronden om aan te nemen, dat het althans ten deele terrestrisch is. Het geologische pendant van dit arctische stof is het terrigene gedeelte van de diepzeefzettingen, de bekende roode en groene diepzeekleien, die eveneens atmosferisch stof bevatten.

Zoo ziet men, hoe dit stof accumuleert, indien slechts andere sedimenteerende factoren plaatselijk zijn uitgeschaakeld. Er is dan ook geen reden aan te nemen, dat die afzetting op plaatsen waar andere invloeden overheerschen, niet zou plaats vinden. Het gaat er slechts om, of de aeolische stoftoevoer een merkbaren invloed heeft. Nu heeft S t a m m berekend, dat Europa gedurende de laatste 3000 jaar alleen t.g.v. stofstormen afkomstig uit de Sahara een materiaalwinst overeenkomend met een laag van ± 15 cm zou moeten hebben verkregen. Aangenomen, dat deze raming te hoog is uitgevallen, zoo mag deze factor zelfs in ons humiede klimaat als vormingsfactor van den grond niet geheel buiten beschouwing worden gelaten.

Naast dezen aanvoer van exotisch materiaal veroorzaakt de wind ook nog een meer lokale verplaatsing van de gronddeeltjes. Het duidelijkste en meest overtuigende voorbeeld van dit lokale transport zijn onze stuifduinen, waarvan het ontstaan overbekend is. De stuiving kan ook minder opvallend zijn, zoodanig, dat het resultaat niet direct kan worden opgemerkt; zoo heeft Beijerinck onlangs aan-

nemelijk gemaakt, dat het loodzand van enkele onzer heidevelden door een opstuiving van zand langzaam is geaccumuleerd. Langzaam, echter betrekkelijk nog zeer snel, vergeleken bij den aanvoer van het exotische materiaal! De omvang van het lokale transport kan uiteraard veel grooter zijn dan die van het verre transport, maar het betreft dan ook materiaal dat inheemsch is, en dat in onze streken reeds een lange ontstaans- en verweeringsgeschiedenis heeft doorgemaakt, zoodat we hier in het algemeen dus niet van een verrijking van het bodemkapitaal mogen spreken.

De eerste mineralogische consequentie van dit aeolisch stoftransport is, dat het materiaal, dat een bodemprofiel vormt, niet geheel en uitsluitend uit den ondergrond behoeft te zijn ontstaan. Dit is van belang, wanneer men, zooals in dezen tijd zeer gebruikelijk is, de verschillende horizonten van den grond afzonderlijk chemisch en physisch onderzoekt en met elkaar vergelijkt. Wanneer sprake is van toevoer van ter plaatse vreemd materiaal, dan is dat op allereenvoudigste wijze mineralogisch aan te toonen.

Zu Leiningen heeft dit reeds in 1915 gedaan voor *terra rossa* op kalksteenen van het Karstgebergte, waarin hij overvloedig vulkanisch materiaal en Saharastof kon aantoonen. Wanneer de Russische school postuleert, dat *tschernosem*-profielen op iederen ondergrond kunnen voorkomen, b.v. op loess, liasklei, graniet en bazalt, indien het klimaat slechts gunstig is, dan missen we tot op heden het bewijs, dat inderdaad de betreffende gronden het verweeringsproduct van het onderliggend gesteente zijn. Het geeft b.v. te denken, dat juist in het gebied der zwarte aarde zwarte stofwolken van honderden meters hoogte, de plaag van het land worden genoemd.

Zoo beschouwd, behoeven de gronden niet uitsluitend lokale verweeringsproducten te zijn, ze kunnen ten deele ook als sediment worden beschouwd, zoodat de methoden van de sediment-petrologie op dit aeolische gedeelte van den grond van toepassing zijn. Zoo goed als het gelukt is, in de echte sedimenten langs mineralogischen weg genetische provincies te onderscheiden, zoo goed moet het mogelijk zijn,

genetische stof-provincies te definiëren en te vervolgen. Dat daarbij duidelijke resultaten zullen kunnen worden bereikt, kan reeds uit de bestaande literatuur worden afgeleid.

Zoo werd een uit Centraal Azië afkomstige stofval in Polen van het jaar 1928 mineralogisch identiek bevonden met den Poolschen diluvialen loess. Vergelijkt men de mineraalassociatie van dezen loess b.v. met die van den Limburgschen loess, dan blijken deze associaties niets met elkaar gemeen te hebben. Hoewel beide gesteenten stof-sedimenten zijn, die een soortgelijk ontstaan hebben en een groote uiterlijke gelijkenis vertoonen, behooren de twee stofproducten tot verschillende genetische provincies. Dit voorbeeld moge illustreeren, dat mineralogisch onderzoek met het doel, de stofprovincies te onderscheiden en regionaal te omgrenzen, de hierbij optredende vraagstukken op ongedwongen wijze zal kunnen benaderen.

Vatten we thans de mineralogische vraagstukken, die zich bij de studie van den grond voordoen, samen, dan zien we, hoe verschillende processen der bodemvorming zich mede openbaren in de lotgevallen van het minerogene bestanddeel van den grond. Het uitgangsmateriaal voor de bodemvorming bestaat uit mineralen; de verweeringsgeschiedenis van die mineralen en de vorming van nieuwe producten vormen mineralogische vraagstukken, terwijl ten slotte de winst- en verliesrekening van den grond een mineralogische behandelingswijze noodzakelijk maakt.

De bodemkunde is reeds lang het stadium ontgroeid, waarin ze als een onderdeel van de geologie werd beschouwd. De rollen zijn omgekeerd. Thans ziet men dat gedeelte van de geologie en mineralogie, hetwelk voor den grond en zijn cultuur van belang is, de agrogeologie, als een onderdeel van de bodemkunde.

Van deze agrogeologie vormt de thans besproken mineralogie van den grond slechts een klein onderdeel. Echter betreft het hier een kernvraagstuk der bodemkunde, dat waard is bestudeerd te worden en waarvan de beantwoording ingrijpt in allerlei bodemkundige discussies. Dat het thans nog niet mogelijk is, een afdoend antwoord op alle vragen te

geven, heeft ten gevolge, dat de bodemkunde voorloopig in haar onvolkomen mineralogischen grondslag zal moeten berusten.

Ik meen echter te hebben aangetoond, dat de moderne mineralogie in staat is, enkele der besproken vraagstukken thans reeds nader tot hun oplossing te brengen. Het komt er slechts op aan de vraagstukken inderdaad met moderne methoden in studie te nemen. Ik beschouw dit als één der wetenschappelijke verplichtingen, die een Geologisch Laboratorium eener Landbouwhoogeschool op zich kan nemen.

Aan het slot mijner beschouwingen gekomen, wil ik eindigen met het uitspreken van de verwachting, dat het mogelijk zal blijken deze en andere vraagstukken aan de Landbouwhoogeschool te Wageningen te benaderen, ter bevordering van de Landbouwwetenschap in het algemeen en van de bodemkunde in het bijzonder.

Mijne Heeren Curatoren dezer Hoogeschool.

Ik ben mij diep bewust van de groote verantwoordelijkheid die mij tengevolge van mijn benoeming tot hoogleeraar aan de Landbouwhoogeschool is opgelegd. Niet alleen werd mij een breede onderwijstaak opgedragen, bovendien brengt de uitvoering van mijn leeropdracht met zich mede, de noodzaak van omvangrijk wetenschappelijk en practisch werk op het gebied der agrogeologie zoowel in het laboratorium als in het terrein. Ik stel er prijs op hier te verklaren, dat mij geen moeite teveel zal zijn om het bereikbare in mijn werk inderdaad te bereiken.

Mijne Heeren Professoren, Lectoren en Docenten aan deze Hoogeschool.

Het aanzienlijke verschil in leeftijd, dat tusschen de meesten Uwer en mij bestaat, noopt mij, een beroep te doen op Uw grootere levenservaring voor die gevallen, waarin de mijne te kort zal schieten. Het is mij reeds gebleken, dat de Wageningsche Hoogeschool wordt gekenmerkt door een

eigen coloriet, een gebondenheid, veroorzaakt door het gemeenschappelijke doel, dat allen vereenigt: het dienen van den Landbouw in de meest uitgebreide beteekenis van het woord. Deze bijzondere sfeer zal ik mij slechts eigen kunnen maken met Uw hulp, temeer waar ik mij vroeger nooit speciaal in landbouwkundige vraagstukken heb verdiept.

Ik hoop, dat met name de practici onder U mij den zoo noodigen steun niet zullen onthouden.

Met eerbied gedenk ik hier den persoon van mijn ambtsvoorganger wijlen Van Baren. Van Baren heeft gedurende zijn langdurige werkzaamheid te Wageningen de geheele ontwikkeling van de moderne bodemkunde meege maakt. Die ontwikkeling stuwde de bodemkunde steeds meer in de chemische richting. In deze periode, waarin de bodemkundigen een sterken voorkeur voor de chemische aspecten van hun wetenschap vertoonden, was het uiteraard zeer moeilijk, belangstelling te wekken voor een geheel andere beschouwingswijze. Van Baren is er in geslaagd deze moeilijkheden te overwinnen, zoodat thans het belang der agrogeologie in Nederland algemeen wordt ingezien. Het is mij een voorrecht op dezen door Van Baren ingeslagen weg verder te kunnen gaan.

De langdurige ambtsperiode van Van Baren heeft als het ware een traditie in het leven geroepen, dat in Wageningen gewerkt wordt aan de Kwartair-geologie van Nederland en aan de studie van Nederlandsche sedimenten. Waar mijn vroegere werkzaamheid mede op de genoemde onderzoekingsgebieden betrekking had, hoop ik ook deze door Van Baren geschapen traditie in eere te kunnen houden.

Collega Hudig,

Mijn leeropdracht grenst zoo nauw aan de Uwe, dat onze interessen elkaar voortdurend zullen raken. Ik hoop van harte, dat U mij zult willen laten profiteeren van Uw rijke ervaring op bodemkundig gebied en dat een vruchtbare samenwerking mogelijk zal blijken.

Collega Jeswiet,

Uw belangstelling voor het verband tusschen plantensociologie en bodemvorming maakt het zeer waarschijnlijk, dat wij ons herhaaldelijk met dezelfde vraagstukken zullen bezighouden. Ik wil hier de hoop uitspreken, dat de oplossing van onze gemeenschappelijke problemen door nauwe samenwerking zal worden bevorderd.

Collega Brouwer.

In de loop van de jaren ben ik van leerling eerst Uw medewerker en thans collega geworden. Deze evolueerende verhouding heeft niets veranderd aan de gevoelens van eerbied, die ik tegenover U koester. Het verheugt mij zeer, U vanaf deze plaats als mijn vroegeren leermeester en chef mijn dank te betuigen voor het vele, dat ik van U heb mogen leeren en voor de vele moeite, die U zich voor mij hebt getroost.

Hooggeachte Van der Linden.

U bent in de jaren, waarin ik als sediment-petrograaf voor de Bataafsche Petroleum Maatschappij werkzaam was, mijn mentor geweest voor het praktische bedrijfsleven. U hebt mij geleerd, hoe de wetenschap den practijk kan dienen. Thans zal ik die ervaringen gaan toepassen op een geheel andere tak van menschelijke activiteit. Ik stel er prijs op thans te verklaren, dat het contact met Uw persoon voor mij van vèr dragende betekenis is geweest.

Mijne Heeren assistenten en medewerkers van het Geologisch Laboratorium.

De mij opgedragen taak, zoowel wat betreft het onderwijs als het onderzoek, deel ik met U. Dat Uw aandeel in dat werk niet gering is, hebt U reeds kunnen ervaren. Ik hoop, dat ons Laboratorium zal worden een milieu, waarin ieder van U naar eigen aanleg werk zal kunnen verrichten, dat

niet alleen vruchten zal afwerpen voor wetenschap en practijk, maar bovendien ook voor Uw toekomst en Uw levensgeluk.

Dames en Heeren Studenten dezer Hoogeschool.

Ik ben er volkomen van overtuigd, dat Uw studie niet alleen mag bestaan in het opnemen van gedoeerde kennis. Voor de vorming van Uw persoonlijkheid is het noodzakelijk, Uw gezichtskring ook in andere richtingen te verruimen.

Op dit punt zult U er wellicht den voorkeur aan geven, U te richten naar menschen, die reeds een welbesteed leven achter zich hebben en niet naar iemand, zoals ik, die pas aan het begin van zijn loopbaan staat.

Eén enkel Uwer vraagstukken echter ligt mij, juist als jongere, zeer na aan het hart en dat is de erkenning van het feit, dat al Uw bekwaamheden, Uw geestdrift, Uw toewijding doelloos zijn, wanneer het practische leven U later niet in de gelegenheid stelt, Uw kunnen te toonen. Ik geloof, dat er voor ieder Uwer slechts één oplossing voor dit vraagstuk bestaat, nl. om U nog intenser voor te bereiden dan voorheen gebruikelijk was. U zult in staat moeten zijn, prestaties te leveren van zoo goede qualiteit, dat Uw werk zelfs in deze tijden voor Uw opdrachtgever voordeelen kan afwerpen, en dus gevraagd zal worden.

Zoo stellen de tijdsomstandigheden U voor een taak, aanzienlijk zwaarder dan die, waarmede vorige generaties zich tevreden konden stellen.

Ik wensch U toe, dat U de geestkracht zult verwerven, noodig, om U aan te passen aan de moeilijke tijdsomstandigheden. Mijn werk zal er steeds op gericht zijn, U te steunen in Uw streven om in de wereld vooruit te komen, door die wereld te dienen en ik zal niet rusten voor het door mij te doceeren leervak agrogeologie daadwerkelijk daartoe zal kunnen bijdragen.

Ik heb gezegd.