

*Mijne Heren Voorzitter, Secretaris en Leden van het College van Herstel,
Mijne Heren Hoogleraren,
Dames en Heren Lectoren, Docenten, Assistenten en Studenten,
En Gij allen, die deze plechtigheid met Uwe tegenwoordigheid vereert,*

Zeer geachte Toehoorders,

Het onderwerp dat ik vanmiddag met U ga behandelen, lijkt op het eerste gezicht eenvoudig, nl. de ontwikkeling van de kennis van grind, zand en klei. Dit zijn namen waarvan iedereen zich een voorstelling heeft gemaakt. Ik zeg speciaal: een voorstelling heeft gemaakt. Want wetenschappelijk zijn we het nog lang niet eens over al deze namen. Voor de grovere producten gaat dat nog wel.

De korrelgrootte van grind ligt tussen 2 cm en 2 mm. Gesteentestukken groter dan 2 cm noemt men stenen. De diameter van zandkorrels ligt tussen 2 en 0,100 mm. Het materiaal tussen 0,100 en 0,005 mm levert echter moeilijkheden op. In Amerika noemt men dit „silt”, in Frankrijk „poussière” en in Duitsland „Staub”. In Nederland heeft deze fractie in de volksmond echter geen naam gekregen en dit is voor de geleerden een gereede aanleiding om te kibbelen. En dat doen ze dan ook. De ondergrens van deze fractie ligt bovendien niet vast, wat ook een reden is om van mening te verschillen. Dus onder 0.016, 0.010, 0.005 of 0.002 mm begint de fijnste fractie, welke de eigenlijke klei-eigenschappen aan een sediment geeft en die Prof. MOHR met „lutum” aanduidt, een term, die gelukkig ingang vindt. We zouden deze fijnste delen ook klei kunnen noemen, maar klei is een gesteente en bevat niet uitsluitend deeltjes kleiner dan 0.016 mm. Hier is dus een nieuwe naam op haar plaats.

Deze inleiding dient om U duidelijk te maken, waarover ik ga praten en U te laten zien, dat zelfs de eenvoudigste, dagelijkse begrippen nog tot wetenschappelijk gekrakeel aanleiding geven.

De namen stenen, grind, zand en klei zijn al heel oud en behalve voor het vastleggen van bepaalde korrelgrootte-klassen van weinig wetenschappelijke interesse.

De eerste vraag, die zich in wetenschappelijke kringen dan ook heeft voorgedaan, betrefte de samenstelling van deze stoffen. De RÉAUMUR beschrijft in 1718 uit zanden van Rijn en Rhône saffieren,

robijnen en smaragd. Het is echter niet alles goud, wat er blinkt en uit later onderzoek is gebleken, dat de mineralen zirkoon, granaat, epidoot en hoornblende voor deze edelstenen zijn aangezien. Het is echter de eerste poging tot een mineralogische beschrijving en een zeer vroege voorganger, want eerst ruim 80 jaar later, in 1801, noemt HAÜY in zijn *Traité de Minéralogie* weer mineralen van afzettingsgesteenten. In de volgende jaren gaat het wetenschappelijk onderzoek nog langzaam, daarna echter in steeds sneller tempo.

Daar zanden veelal voor 99 % uit kwarts, veldspaat, glimmer en calciet bestaan, zijn er niet veel factoren voor een indeling. Het onderzoek van de accessorische mineralen, welke een classificatie mogelijk moesten maken, leverde nogal bezwaren op. De invoering van het gebruik van vloeistoffen met een hoog s.g., waarin de accessorische mineralen geconcentreerd konden worden, maakt tussen 1880 en 1930 een snelle ontwikkeling mogelijk.

In Italië worden alle kustafzettingen onderzocht. THOULET, SUDRY, LACROIX en later vooral CAYEUX onderzoeken de sedimenten van Frankrijk en koloniën. Engeland staat spoedig met een groot aantal onderzoekers waaronder later vooral BOSWELL opvalt, aan de spits. In Nederland leveren RETGERS en SCHROEDER VAN DER KOLK in 1895 belangrijke bijdragen.

Bijna al deze onderzoeken zijn mineralogisch. Het is een sport mineralen te vinden. In 1925 zijn bijna alle formaties in Engeland op zware mineralen onderzocht. Om de herkomst te leren kennen, werden ook de mineralen van stollingsgesteenten onderzocht en de verbreiding daarvan in sedimenten nagegaan. Daarna sterft de school BOSWELL uit. In Frankrijk blijft het sedimentonderzoek praktisch beperkt tot CAYEUX, die het onderzoek der Franse sedimenten in 5 lijvige delen publiceerde. Ook hij heeft geen leerlingen, die actief doorgaan. Daarmede worden 40 jaren van grote activiteit afgesloten.

Ze zijn echter niet voor niets geweest. Het staat vast, dat boven elkaar voorkomende aardlagen verschillende mineralogische samenstellingen hebben. Daar zandige lagen weinig of geen fossielen bevatten, kan de mineralogische samenstelling als kenmerk voor deze lagen in aanmerking komen.

Voorals in de petroleumindustrie, waar in boringen vele lagen doorboord worden, zijn kenmerkende eigenschappen van groot belang. En we zien dan ook tussen 1930 en 1940 vele publicaties over de oliegebieden verschijnen. Hierdoor ontstaat de mogelijkheid de horizontale en verticale verspreiding van de mineralen meer regionaal te overzien.

Onmiddellijk stellen zich twee meningen tegenover elkaar, nl. die waarbij de mineralen een regelmatige en die waarbij ze een zeer chaotische verspreiding zouden hebben, zowel horizontaal als verticaal. Het zal blijken, dat beide juist zijn. De regelmatige en verwarde

verspreidingen staan in een zeker verband tot elkaar.

In 1931 wijst EDELMAN op de bloedverwantschap van sedimenten in een bepaald gebied. Al het losse puin, dat een rivier langs zijn stroomloop kan opnemen en vervoeren, wordt in de benedenloop, op de delta en in zee afgezet. De verspreiding van dit puin is afhankelijk van de stroomsterkte en de stroomrichting. Op deze wijze wordt het materiaal van een rivier over een bepaald gebied verspreid. Een andere rivier, welke een andere oorsprong heeft, zal meestal een enigszins andere mineraal associatie aanvoeren en dit puin zal zich eveneens in een bepaald gebied afzetten. EDELMAN heeft een dergelijk gebied, waarin zich op een gegeven ogenblik materiaal van een bepaalde herkomst heeft afgezet, een sediment-petrologische provincie genoemd. Binnen zo'n provincie is de mineralogische samenstelling vrijwel constant. In het grensgebied tussen twee provincies treedt echter menging op van de van twee of meer zijden aangevoerde mineraalassociaties. In de loop der tijden hebben er bovendien grensverschuivingen plaats gehad, waarbij nu eens de ene dan weer de andere provincie zich ten koste van haar buurman uitbreidde.

U ziet, dat zelfs in de zogenaamde dode materie van het mineraalrijk wordt gevochten om de heerschappij. En dit is de oorzaak van de schijnbaar chaotische verspreiding der mineraalassociaties in bepaalde gebieden. Deze komt nl. steeds voor in de grensgebieden der sediment-petrologische provincies. Binnen de provincies zelf is de mineralogische samenstelling vrij homogeen.

Onderzoekingen van BAAK en van F. A. VAN BAREN tonen aan, dat sediment-petrologische provincies grote oppervlakten kunnen beslaan. In de Noordzee vond BAAK een provincie van meer dan 60.000 km². VAN BAREN toonde mij een bodemkaart van de Javazee, waaruit blijkt, dat hier o.a. een mineraalprovincie van 200.000 km² voorkomt. Het onderzoek van VAN BAREN is nog niet gepubliceerd. De bodems van de zeeën, welke grenzen aan Nederland en Indonesië zijn echter onderzocht. BAAK nam de Noordzee voor zijn rekening. NEEB onderzocht de bekkens in de Molukken en VAN BAREN de Javazee. Nederland staat met deze onderzoekingen ver vooraan.

Slechts in Frankrijk en de Ver. Staten werden soortgelijke onderzoekingen uitgevoerd. Reeds in 1912 onderzocht THOULET de bodem van de Golfe du Lion. CHEVALLIER breidde dit later uit. Enkele recente onderzoekingen van BERTHOIS, over de shelf ten zuidwesten van het Kanaal, sluiten aan op het onderzoek van BAAK. In Amerika werden slechts een vijftigtal monsters rond de Mississippidelta onderzocht.

Nu moet U zich niet voorstellen, dat binnen een sediment-petrologische provincie alles zo regelmatig is. Plaatselijk kan de mineralogische samenstelling vrij sterk van het gemiddelde afwijken. Veelal gaat dit samen met variaties in korrelgrootte. Zo bevatten de kleien van de Rijn hoge percentages zirkoon en rutiel, grove zanden daarentegen veel augiet en saussuriet. Ten dele is dit een gevolg van de

schifting van het materiaal door het stromende water; voor een belangrijk deel onstaat het echter door verschillen in grootte van de verschillende mineralen in de gesteenten van het oorsprongsgebied. Komt in deze gesteenten uitsluitend grove augiet voor en is de transportweg te kort om het mineraal te vergruizen, dan zal dit mineraal alleen optreden in grove zanden. De zirkoon en rutiel, die in diepten en metamorphe gesteenten steeds een geringe grootte hebben, komen in de fijne sedimenten in hogere percentages voor.

Bij de methode EDELMAN worden zowel zanden als kleien onderzocht. De grenzen van de zandfractie worden daar gelegd, waar het microscoop het eist. Korrels groter dan 0.5 mm zijn vaak ondoorzichtig en die kleiner dan 0.03 mm te klein voor microscopische determinatie. Ook in de fractie van 500 tot 30 micron treden echter nog variaties ten gevolge van de korrelgrootte op en tegen deze ruime begrenzing is dan ook van vele zijden bezwaar gemaakt. Men wilde slechts de fractie 0.2 tot 0.1 mm onderzoeken om zodoende gesteenten binnen een provincie beter te kunnen vergelijken. Men maakt zo echter de samenstelling kunstmatig homogeen. De mineralen augiet en saussuriet, welke twee fasen van de Rijntoevoer karakteriseren, komen in de fractie van 0.2 tot 0.1 mm practisch niet meer voor en het onderscheid tussen pleistocene en holocene Rijnafzettingen zou geheel wegvallen. Ik zal niet dieper op dit verschijnsel ingaan. Zojuist verscheen hierover een publicatie van ZONNEVELD, die voorstelt een gefractioneerde analyse te maken, d.w.z. de samenstelling van alle korrelgrootte fracties van het zand apart te bepalen. Dit brengt ongeveer zes maal zoveel werk met zich mede en daar de methode EDELMAN reeds een onderzoek van vele monsters eist, zou dit het onderzoek practisch onuitvoerbaar maken. De normale methode EDELMAN zal dus de basis voor het onderzoek blijven. Daarnaast zal echter de gefractioneerde analyse gebruikt moeten worden om variaties binnen de provincies te verklaren.

Voor ik de bespreking van het mineralogisch onderzoek afsluit is het interessant even stil te staan bij het mineralogisch sedimentonderzoek in het algemeen. Tot nu toe hebben we ons uitsluitend bezig gehouden met het „zware” mineralenonderzoek en in de praktijk komt het hierop neer, omdat het „lichte” fractieonderzoek zeer vermoeiend en tijdrovend is. De „zware” fractie is echter meestal minder dan 1 % van het totale sediment. Een sediment mineralogisch te classificeren op 1 % van het samenstellende materiaal is natuurlijk onjuist. Lichte en zware fractie van een bepaald sediment zijn echter afkomstig van dezelfde oorspronggesteenten en variaties in de zware fractie vindt men meestal terug in de lichte fractie. Het onderzoek van de lichte fractie kan daarom meestal achterwege gelaten worden. Anders is het echter gesteld met de stenen, grind- en kleifracties van één afzetting. Het grind, dat in een zand aanwezig is, kan een geheel andere herkomst hebben en ook voor de kleifractie geldt dit.

Een mooi voorbeeld geeft BATURIN in zijn studie van de olie-voerende lagen van het Apscheron schiereiland. Het Pliocéen van de olievelden bij Baku bevat conglomeraten, waarin de stenen van de Kaukasus afkomstig zijn. Men nam dan ook tot 1930 aan, dat het zand van dezelfde herkomst was. Het mineralogisch onderzoek toonde echter aan, dat de zware mineralen niet in de Kaukasus voorkwamen. Een regionaal onderzoek bracht aan het licht dat de zandfractie tijdens de pliocene periode door de Wolga uit centraal Rusland was aangevoerd. Het noordelijk deel van de Caspische zee lag in die periode droog en de delta van de Wolga bevond zich bij Baku. Even ten noorden van Baku nam de Wolga enkele zijrivieren op uit de Kaukasus. Deze voerden stenen, grind en zand aan. De geringe hoeveelheid zand van deze zijrivieren ging geheel verloren in de grote massa zand, welke de Wolga zelf vervoerde. Daar de Wolga echter geen grind transporteerde, bestonden de grindbanken in de rivier en op de delta geheel uit Kaukasus-materiaal.

Voor de klei kunnen we ons voorbeeld dichterbij huis zoeken. Het bodemmateriaal van de Rijn bestaat volgens het zandonderzoek, dat door EDELMAN werd uitgevoerd, uit materiaal, dat uit de Eiffel en het Leisteen gebergte wordt aangevoerd. Bovendien wordt plaatselijk steeds materiaal van de bodem van het rivierbed opgewerkt. Volgens de bestaande opvattingen wordt geen of zeer weinig zand uit Zwitserland naar hier gevoerd. Anders is dit met de klei. Ir VAN BENDEGOM van de Studiedienst van de Directie Bovenrivieren der Rijkswaterstaat vertelde mij, dat bij hoog water in Zwitserland, sterk troebel, dus kleihoudend water, dat bij Basel wordt waargenomen, 3 weken later Arnhem passeert. We hebben hier dus een plotselinge invasie van Zwitsers slib, dat tendele naar zee gevoerd wordt, voor een deel echter zich in Nederland afzet naast en gemengd met het Duits-Nederlandse zand.

In het algemeen moet men er rekening mee houden, dat een grote steen in een rivier zeer langzaam wordt voortbewogen en vaak blijft stilliggen. De fijne kleideeltjes worden in enkele weken honderden kilometers vervoerd.

In Zuid-Limburg vindt men in oude rivierafzettingen hier en daar kleilaagjes, waarin stenen van 10 cm voorkomen. De klei van deze lagen heeft zeker een andere herkomst dan de stenen. Grind en zand nemen een intermediare plaats in. Naarmate de korrelgrootte afneemt, wordt het materiaal sneller vervoerd en het uiteindelijke sediment bevat dus materiaal, dat verschillende tijden onderweg, of van verschillende herkomst is.

Onderzoekingen van ZEUNER en VAN STRAATEN tonen aan, dat ook in grind de verschillende korrelgrootte-fracties andere gesteente- of mineraalassociaties bevatten.

De „zeer grove stenen“-fractie bevat altijd gesteenten. De grove grindfractie heeft daarentegen vaak een hoog percentage gangkwarts en de fijne grindfractie bevat al vrij veel mineralen en nog slechts fijnkorrelige gesteenteresten. De mineralen van deze fractie zijn de resten van de tijdens de verwerking en het transport vergruisde, grofkorrelige oorsprongsgesteenten. In deze fractie kunnen grofkorrelige gesteenten niet meer voorkomen, omdat de mineralen welke deze gesteenten samenstellen, even groot zijn als de fijne grindkorrels.

U ziet hier duidelijk de invloed van de samenstelling van het oorsprongsgesteente en de korrelgrootte van zijn mineralen. De variatie in de samenstelling der verschillende korrelgrootte fracties heeft weinig te maken met de differentiatie door het transporterende medium. Deze veroorzaakt slechts het verschil in korrelgrootte. Het verschil in samenstelling der fracties is een gevolg van de oorsprongsgesteenten en haar verweringsproducten.

Ook in de lutumfractie hebben de verschillende korrelgrootte fracties andere mineralogische samenstellingen. Uit onderzoeken van FAVEJEE blijkt, dat de fractie $16-2 \mu$ naast de kleimineralen nog veel kwarts, veldspaat en glimmer kan bevatten. De fractie van $2-0.5 \mu$ heeft nog slechts kwarts, terwijl de fractie kleiner dan 0.5μ vaak uitsluitend uit kleimineralen bestaat. Dit moet een gevolg zijn van de samenstelling der verweringsproducten, want de fracties kleiner dan 16μ vormen in stromend water een suspensie, die slechts bezinkt, als de stroming geheel ophoudt. Differentiatie door de stroming treedt bij deze fijne fracties niet meer op.

De afhankelijkheid van de samenstelling en de verwerking van de oorsprongsgesteenten maakt een bepaalde fractie-indeling ten behoeve van het mineralogisch onderzoek onmogelijk. Daar sedimenten bovendien zijn samengesteld uit materiaal van zeer verschillende oorsprongsgesteenten, dus een mengsel vormen, is het niet mogelijk op grond van de analyse van enkele sedimenten te bepalen, welke fractieindeling men voor een bepaald onderzoek moet kiezen. Eerst moet men een overzicht van de voorkomende variaties verkrijgen, voordat men gedetailleerde analyses gaat maken.

Een fractionering is echter om technische redenen noodzakelijk. Men kan nl. stenen, zand en klei niet op één en dezelfde wijze onderzoeken. Stenen kunnen niet zoals zand onder het microscoop gelegd worden en klei evenmin. Voor het bepalen van de kleimineralen maakt men gebruik van röntgen- of thermische analyses, die weer niet mogelijk zijn voor zand en grind.

Overziet men de determinatiemogelijkheden der verschillende gesteentefracties dan komt men tot de volgende indeling:

1. Een fractie groter dan 2 cm diameter, welke men slechts in het veld kan determineren, daar het gewicht van een representatief monster te zwaar wordt om naar het laboratorium te transporteren.

Deze fractie kan met het blote oog gedetermineerd worden of men kan stukjes van de stenen meenemen om in de vorm van slijpplaatjes microscopisch te determineren.

2. De grind- en „grof zand” fractie van 20–0.5 mm. Deze is nog te grof om onder het microscoop bepaald te worden. De binoculaire loupe is hier hulpmiddel naast het gebruik van slijpplaatjes. Het is echter wel mogelijk om representatieve monsters voor quantitative analyse naar het laboratorium te vervoeren. Dit is de fractie, welke VAN STRAATEN onderzocht heeft bij zijn onderzoek van de grindafzettingen der Limburgse terrassen.

3. de zandfractie van 0.5–0.05 mm. Deze kan onder het microscoop onderzocht worden en wordt ook voor het zware mineralenonderzoek gebruikt.

4. de siltfractie, die tussen 0.05–0.005 mm ligt. Deze werd door CROMMELIN uit monsters van de Groningse wadden onderzocht. Het onderzoek is zeer tijdrovend en vermoeiend en vraagt veel ervaring.

5. de lutumfractie welke men slechts röntgenografisch kan onderzoeken.

Het sediment-petrografisch onderzoek eist dus een scheiding in 5 fracties, die elk op hun eigen wijze onderzocht worden. De grenzen dezer fracties liggen bij 20, 0.5, 0.05 en 0.005 mm. Een opgave van de gewichtspercentages van alle bestanddelen van een sediment is onmogelijk. De samenstelling van de lutumfractie kan slechts geschat worden uit de zwarting van de lijnen op de röntgenfoto. Ook van de bestanddelen der overige fracties is het bepalen van gewichtspercentages in serieonderzoek practisch niet mogelijk. Voor de fracties tussen 20 en 0.005 mm moet men volstaan met korreltellingen. Van de fractie groter dan 20 mm is ook dit practisch onmogelijk, omdat men niet voldoende zeer grote stenen kan verzamelen. Hier blijft het onderzoek in het kwalitatieve stadium steken.

Van de fracties onder 20 mm zelf kan men echter de gewichtspercentages bepalen door te zeven en te slijben. Korreltelling is hier weer niet mogelijk door de fijnheid van de deeltjes van de lutumfractie.

De korrelgrootte analyse.

En hiermede zijn we eigenlijk reeds van het mineralogisch onderzoek naar het korrelgrootte onderzoek overgegaan. We vragen ons af: wat kunnen we leren uit de verhouding van de gewichtspercentages der verschillende korrelgrootte fracties van een sediment. Zowel in de geologische als in de agrogeologische litteratuur vindt men duizenden korrelgrootte-analysen. Men zou die niet gemaakt hebben als ze geen nut hadden.

Voor de bodemkunde is het doel duidelijk genoeg, als men beseft, dat het gehalte aan kleimineralen een der belangrijkste factoren is

voor het bepalen van de waarde van de bodem als voedselreservoir. De lutumfractie houdt het water vast en voorkomt dus snelle uitdroging van de grond. Bovendien worden allerlei elementen o.a. kali, in zo'n toestand aan de kleideeltjes geadsorbeerd dat ze gemakkelijk door de plant kunnen worden opgenomen.

Een te grote lutumfractie is echter weer niet goed omdat de grond dan te zwaar bewerkbaar wordt.

In de bodemkunde ligt de waarde van de korrelgrootte-analyse tot nu toe dan ook hoofdzakelijk bij de bepaling van het lutumgehalte. Daarnaast dient ze voor classificatie, zoals blijkt a.o. uit de samenvatting over de granulaire samenstelling van Nederlandse gronden door O. DE VRIES.

In de geologie is dit echter anders. De geoloog is op zoek naar kenmerken, die hem een reconstructie van de omstandigheden, welke tijdens het ontstaan van een bepaalde afzetting heersen, mogelijk maken. Hij wil weten of de afzetting plaats vond in een rivier, een meer, aan het strand, in zee of door de wind.

Reeds lang weet men, dat het voorkomen van stenen wijst op een grote stroomsnelheid. Men vindt ze in het stroombed van rivieren en op het strand in de brandingszône. Daarnaast komen ze voor in glaciële afzettingen en op puinhellingen.

Een grote lutumfractie wijst daarentegen op afzetting in stilstaand water, daar deeltjes onder 0.025 mm bij de geringste beweging in het water nog blijven zweven. We vinden een groot gedeelte van deze fractie dus in afzettingen in meren, op stroomstille plaatsen langs rivieren, in lagunen en baaien en in de diepzee. In lucht is klei moeilijk in suspensie te brengen onder natuurlijke omstandigheden en aeolische afzettingen bevatten, ook als ze fijnkorrelig zijn, slechts een geringe lutumfractie. De afwisseling van stenen, grind, zand en klei geeft den geoloog in grote lijnen dus al een beeld van de omstandigheden, waaronder het sediment gevormd werd. Fossielen echter geven veel nauwkeuriger aanwijzingen, maar in zand- en grindafzettingen ontbreken ze echter vaak en is men aangewezen op petrologische kenmerken. Alle hoop was daarbij steeds gevestigd op de korrelgrootte-analyse. Ondanks vele bepalingen waren de resultaten tot voor kort echter van geen betekenis. Duidelijk blijkt dit uit een publicatie van WENTWORTH, waarin 1000 analyses van allerlei afzettingen uit de gehele Verenigde Staten worden gegeven zonder verder commentaar. De variatie van de korrelgrootte-verdeling in een bepaalde afzetting is te groot om deze op grond van enkele analyses te determineren.

Waterloopkundige onderzoekingen helpen ons weinig. De waterloopkundige ingenieurs stellen zich tevreden met een correlatie van de gemiddelde korrelgrootte van het bodemmonster met de gemiddelde stroomsnelheid of gemiddelde afvoer.

U begrijpt, dat de afzetting op of achter een zandbank sterk zal afwijken van het gemiddelde zand en dat een slibafzetting langs de

rivier niets te maken heeft met de gemiddelde stroomsnelheid of afvoer.

Daar de korrelgrootteverdeling van een enkel monster geen resultaat opleverde, trachtte men vooral in Amerika, maar ook in Europa, deze door enkele cijfers statistisch vast te leggen. Naast het gemiddelde en de mediaan bepaalt men kwartielen, scheefheid en hogere momenten van de verdeling en hoopt op grond van de verkregen waarden tot een indeling in typen van afzetting te kunnen komen.

Bij deze berekeningen vergelijkt men de korrelgrootteverdeling met een of andere symmetrische verdelingskromme, bij voorkeur de waarschijnlijkheidsverdeling. Men bepaalt de afwijking ten opzichte van deze verdeling, aannemende, dat de waarschijnlijkheidsverdeling de norm is voor de korrelgrootteverdeling van het ideale sediment en dat de afwijkingen ervan karakteristiek zijn voor de omstandigheden, waaronder het sediment zich afzet.

Hoe voorzichtig men moet zijn bij het toepassen van statistische waarden als men niet beseft of weet, welke factoren van invloed zijn, zal ik U trachten duidelijk te maken.

Een sediment ontstaat als het materiaal, dat in een stroom getransporteerd wordt, geheel of gedeeltelijk bezinkt. Nemen we aan, dat in snelstromend water op een gegeven ogenblik al dit materiaal bezinkt, omdat de stroom plotseling ophoudt.

De korrelgrootteverdeling is dan gelijk aan die van het in transport zijnde materiaal. Dit bestaat uit grof materiaal, dat over de bodem gerold wordt, zand, dat springend bewogen wordt en fijn slib, dat zweeft.

In het begin van deze voordracht heb ik de snelheid, waarmee stenen, grind, zand en slib zich in een stroom verplaatsen, reeds behandeld. Stenen bewegen langzaam, slib wordt bijna even snel voortbewogen als het water.

De verhouding van de hoeveelheden stenen, grind, zand en slib in het getransporteerde puin is niet slechts afhankelijk van het transportvermogen van de stroom ter plaatse, maar ook van het eroderend vermogen en van de aanwezigheid van los puin langs het gehele stroomstelsel. De aanwezigheid van veel slib in de Rijn bij Arnhem is niet een gevolg van de stroomsnelheid en afvoer bij Arnhem maar van condities in Zwitserland, Duitsland, België of Frankrijk. Het op een gegeven ogenblik vervoerde zand en grind is echter afhankelijk van omstandigheden ter plaatse.

Het getransporteerde materiaal is dus een mengsel en de verhouding van de componenten is afhankelijk van factoren, die sterk wisselen.

De korrelgrootteverdeling van het in een stroom getransporteerde materiaal zal dus slechts bij toeval een symmetrische verdeling benaderen. Het is bovendien de verdeling van een mengsel, waarop normale statistische berekeningen niet mogen worden toegepast. Voor afzettingen in stilstaand water gaan de statistische berekeningen

dus niet op. Blijft nog de toepassing voor afzettingen in stromend water.

Onderzoekingen uitgevoerd in het laboratorium van de N.V. de Bataafsche Petroleum Maatschappij hebben bewezen, dat voor afzettingen in stromend water vooral de maximale en minimale grootte van een sediment kenmerkend zijn, bovendien echter de maximale en minimale grootte van die fracties, waarvan grote hoeveelheden voorkomen. In het algemeen zijn dit vijf grootheden, waarvan alleen de ondergrens, zijnde 0 mm vastligt, plus de gewichtspercentages van de, door deze grootheden begrensde, vier fracties. Deze negen waarden karakteriseren een afzetting volkomen. Daar echter 8 waarden niet vastliggen, is het onmogelijk ze statistisch te verwerken.

Het onderzoek toonde verder aan dat de korrelgrootteverdeling van een afzetting een gevolg is van de stroomsnelheidsverdeling ter plaatse. Hiermede staat vast, dat als puin van allerlei grootten aanwezig is, de korrelgrootteverdeling van een sediment de omstandigheden ter plaatse karakteriseert. Daarbij moeten we echter met de korrelgrootte van het getransporteerde puin rekening houden. Dit bleek o.a. bij het onderzoek van de Nederlandse strandzanden. De korrelgrootteverdelingen hiervan zijn zeker niet karakteristiek voor de sterkte van de branding en de op het strand lopende brandingsgolf. Bakstenen worden langs ons strand voortbewogen en dat onze stranden uit zand bestaan, is een gevolg van de afwezigheid van grover puin. De maximale grootte is hier dus niet kenmerkend, de minimale echter misschien wel.

Nu blijkt bij beschouwing van analyses van sedimenten uit allerlei afzettingsmilieu's, dat bepaalde korrelgrootteverdelingen overal optreden. Dit is logisch als men bedenkt, dat zowel in fluviatiele als mariene milieu's plaatselijk gelijksoortige stroomcondities kunnen optreden.

Beschouwt men echter vele monsters uit elk afzettingsgebied, dan blijkt, dat bepaalde korrelgrootteverdelingen, welke b.v. in rivierafzettingen overheersen, in mariene afzettingen slechts sporadisch optreden en die welke in het mariene milieu veelvuldig zijn, in fluviatiele sedimenten weinig voorkomen.

Elk sedimentatiemilieu zal een bepaalde variatie aan korrelgrootteverdelingen opleveren, welke op zichzelf kenmerkend is voor dit milieu. Onderzoek van vele monsters uit vele sedimentatiemilieu's in verschillende delen der wereld zal er tenslotte toe moeten leiden, dat voor elk gebied, waarschijnlijk ook de gemiddelde korrelgrootteverdeling van vele monsters, willekeurig over het geheele gebied genomen, kenmerkend zal zijn. Slechts het onderzoek van vele monsters uit recente afzettingsgebieden, waar men zeker is, dat de onderzochte sedimenten even oud zijn, kan tot resultaten leiden. In oude afzettingen is het moeilijk, zo niet onmogelijk een bepaalde laag regionaal terug te vinden, vooral als deze horizontaal b.v. van zand in klei overgaat.

Systematisch zullen jonge afzettingen langs de boven-, midden- en benedenloop van rivieren, afzettingen in meren, van delta's en estuariën, glaciale afzettingen, duinzanden en andere aeolische sedimenten en mariene afzettingen op korrelgrootte onderzocht moeten worden. Ook hierbij zal men terdege moeten oppassen materiaal te verzamelen op plaatsen, waar inderdaad sedimentatie optreedt. Vooral bij de mariene afzettingen is dit van belang, omdat nog steeds twijfel bestaat over de ouderdom van vele grovere afzettingen in randzeeën en op de shelf langs de continenten.

Enkelen nemen aan dat deze recent gevormd worden, anderen echter dat ze in een vroegere periode werden afgezet.

Uit de onderzoekingen van BAAK, F. A. VAN BAREN en BERTHOIS blijkt echter duidelijk, dat veel van deze afzettingen reeds in het oud-kwartair gevormd zijn. Het onderzoek van bodemmonsters van de Javazee door MOHR toont aan, dat het slib van de Javaanse rivieren in een zône van 10 km breedte voor de kust bezinkt. Daarbuiten liggen zandige pleistocene sedimenten, waarvan de herkomst in Borneo ligt.

De mineraalprovincies, welke BAAK in de Noordzee onderscheidt, geven aan, dat sinds het Pleistoceen weinig verandering is opgetreden. Slechts in de kustzône zijn verschuivingen waarneembaar. Vooral duidelijk is dit langs de Friese en Groningse waddeneilanden. Hier vormt de Saussuriet provincie, welke ten westen van de Noord- en Zuid-Hollandse kust ligt, een lange, smalle uitstulping, welke te wijten moet zijn aan de stroming en de golfwerking, die het materiaal van vanaf den Helder noord en oostwaarts verplaatst hebben.

BERTHOIS komt op grond van granulaire en mineralogische analyses tot de conclusie, dat het bodemmateriaal op het diepere deel van de shelf ten Zuidwesten van het Kanaal niet recent afgezet kan zijn. Transport van grind en grof zand tussen de 100 en 200 m dieptelijn kan tegenwoordig niet meer plaats hebben.

Het korrelgrootteonderzoek van de recente mariene afzettingen moet dus zorgvuldig worden voorbereid en gesteund worden door een regionaal mineralogisch onderzoek, dat de herkomst en de verspreiding van het materiaal aantoont.

Ook moet men voorzichtig zijn niet voorbarig algemene conclusies te trekken. Het onderzoek van waddenafzettingen toont aan, dat hier een bepaalde korrelgrootteverdeling sterk overheerst en men is geneigd deze verdeling als wadde-type aan te geven. Temeer omdat het onderzoek van de Noord-Duitse wadden aantoont, dat deze een zeer kenmerkende structuur bezitten.

Uit onderzoekingen van THOULET blijkt echter, dat bodemsedimenten van de Golfe du Lion, welke tussen het strand en het fijne slib op grotere diepte voorkomen, een zelfde korrelgrootteverdeling hebben.

Er liggen dus allerlei voetangels en klemmen, welke slechts na een

ruim onderzoek van alle sedimentatiemilieu's kan worden voorkomen.

Het is echter bewezen dat de korrelgrootte verdeling van sedimenten aanwijzingen geeft over de omstandigheden welke tijdens de afzetting bestonden. Hierop kunnen we voortbouwen.

De korrelvorm en de afronding.

Naast de korrelgrootte zijn er nog enkele kenmerken van de zandkorrels en stenen welke ons inlichtingen kunnen geven over het ontstaan. Hiertoe behoren de korrelvorm en de afronding. De korrelvorm van rolstenen en zandkorrels is zeer afhankelijk van de oorspronkelijke vorm der verweringsproducten en geeft op zichzelf geen belangrijke gegevens. De verandering van de vorm langs de stroomloop levert ons een inzicht in de stroomsterkte.

Belangrijker is de afronding. Deze is eveneens afhankelijk van de wijze van vertering. Ze is echter een gevolg van de wijze waarop het puin vervoerd wordt. Iedereen kent het onderscheid tussen scherp rivierzand en het minder scherpe en eenigszins meer afgeronde duinzand. In het algemeen zijn rivierzanden minder afgerond dan zanden uit andere facies. Het aantal quantitative onderzoeken is echter gering en verschillen in afronding mogen nog niet gebruikt worden voor onderscheid tussen verschillende typen van afzetting.

In de bovenloop van rivieren worden hoekige brokstukken van gesteenten snel afgerond, veelal binnen een afstand van enkele tientallen kilometers. Daarna is de verandering echter gering. De opvatting van vele waterloopkundigen dat de hoekigheid van rivierzand te wijten is aan het vergruizen van de zandkorrels, is niet juist. Volgens RUSSELL en TAYLOR neemt de korrelgrootte van het Mississippizand over een afstand van 1200 km niet af. Dit zou wel het geval zijn als de korrels vergruisd werden. Slechts als grover materiaal aanwezig is, treedt vergruizing op. Afronding van zand gaat slechts zeer langzaam. Nader onderzoek is in dit verband dringend noodzakelijk.

In woestijnzanden vindt men vele afgeronde, matte korrels. Dit feit bracht A. CAILLEUX ertoe de invloed van de wind op het oppervlak van zandkorrels na te gaan. Uit zijn onderzoeken blijkt, dat tijdens het Pleistoceen de wind een belangrijke factor bij het transport van sedimentair materiaal was. In de afzettingen uit de laatste IJstijd worden vele matte, afgeronde korrels gevonden, wat wijst op een aeolisch transport.

De gelaagdheid.

Tenslotte nog enige opmerkingen over de gelaagdheid. Het korrelgrootte-onderzoek toonde aan dat niet zoozeer de vorm van de korrelgrootte-verdeling zelf, als wel de variatie van de korrelgrootte-verdelingen kenmerkend is voor een bepaald afzettingsmilieu. Daar de spreiding van de korrelgrootte in sommige milieus groot, in andere klein is, bestaat de kans, dat men de variaties, als ze eenmaal

goed bekend zijn, ook zonder analyse in het laboratorium, dus in het veld, reeds kan herkennen.

De gelaagdheid, welke men in een sedimentair pakket ziet, is veelal een gevolg van verschillen in korrelgrootte der boven elkaar liggende sedimenten. Een bepaalde afwisseling van meer zandige met kleihoudende of grindhoudende lagen is voor een bepaald milieu eveneens kenmerkend. De geoloog heeft dergelijke kenmerken reeds lang gebruikt voor de vaststelling van de facies, d.w.z. de omstandigheden, waaronder het sediment ontstaan is. Zodra men echter deze kenmerken serieus wil gaan toepassen, dan blijkt hieraan nog veel te ontbreken. In vele gevallen geeft in oudere formaties de fossiele fauna de doorslag bij het bepalen van de facies en werd de petrologische facies hieraan getoetst. Hierbij moet men oppassen voor voorbarige en weinig gefundeerde conclusies. Uitgebreide onderzoekingen van fauna's in recente zeeën zijn nog weinig gedaan. En deze toch moeten de basis vormen voor onze kennis van de fossiele facies. Wel bestaan de fauna's uit vroegere perioden uit geheel andere species en genera. Een systematisch terugwerken van de recente fauna's en hun regionale verspreidingen naar de even oudere pleistocene en verder van het Pleistoceen naar het Pliocene, van het Pliocene naar het Mioceen en oudere formaties, zal vele nieuwe gezichtspunten naar voren brengen. Vooral omdat men tegenwoordig nog te veel aan verschillende fauna's een verschillende ouderdom toeschrijft en dus aanneemt, dat de lagen, waarin ze gevonden worden, boven elkaar voorkomen.

Uit recente onderzoekingen van LOWMAN in de Golf van Mexico blijkt, dat vanaf de kust tot een diepte van 100 m minstens 3 fauna's in zônes parallel aan de kust voorkomen terwijl ook evenwijdig aan de kust veranderingen optreden. Het petrographisch onderzoek van de recente afzettingen zou hand in hand moeten gaan met een faunistisch onderzoek.

In hoeverre de petrologische structuur (waaronder ik hier de gelaagdheid en verwante kenmerken versta) de palaeontologische kan vervangen als fossielen geheel ontbreken, moet worden afgewacht. Evenals bij het korrelgrootte-onderzoek zal een revisie van de mega- en micro-structurele eigenschappen van afzettingen veel nieuwe gezichtspunten naar voren brengen en ik hoop aan deze studies de komende jaren te kunnen wijden.

Mijne Heren Leden van het College van Herstel van de Landbouwhogeschool,

De taak, waarvoor U mij waardig gekeurd hebt, is niet eenvoudig. De wijze, waarop Prof. EDELMAN het deel van het onderwijs, dat ik van hem overneem, heeft uitgevoerd, is moeilijk te evenaren. Daarnaast verwacht U van mij wetenschappelijk werk en ook daarin zie ik mij geplaatst naast iemand, die op dit gebied reeds vele sporen heeft verdiend.

Ik kan U echter verzekeren, dat ik de mij opgedragen taak met

alles wat mij mogelijk is, zal trachten uit te voeren. Ik hoop daarbij op Uw steun en medewerking te mogen rekenen.

Mevrouw en mijne Heren Professoren, Lectoren en Docenten,

Het is een grote onderscheiding voor mij in Uw kring te worden opgenomen. Tot nu toe heb ik nog weinig gelegenheid gehad, met U in aanraking te komen. Werkzaamheden op het laboratorium en de voorbereiding voor de colleges namen al mijn tijd in beslag. De sediment-petrologie brengt mij echter in aanraking met vele aanverwante vakken, waarvan ik slechts een geringe kennis heb kunnen vergaren. Ik hoop, dat U mij in deze met raad en daad ter zijde zult staan. Zelf ben ik ten alle tijde bereid, mijn kennis met U te delen.

Hooggeleerde Edelman,

Het is mij bijna onmogelijk, je hier met hooggeleerde aan te spreken. Te lang hebben we reeds samengewerkt om niet door vriendschapsbanden gebonden te zijn. Wat mijn werkzaamheden hier betreft, bestaat er voor mij geen enkele twijfel, dat hieruit een zeer vruchtbare en prettige samenwerking zal ontstaan. Ik ben me er diep van bewust, wat de vele gesprekken die we gevoerd hebben, voor mijn ontwikkeling betekend hebben en ik verheug me, dat het contact van nu af zo veel nauwer is geworden.

Hooggeachte Professor Escher,

Het verheugt mij zeer, U van deze plaats dank te mogen brengen voor het vele, dat ik van U heb mogen leren. Vooral in deze betrekking als lector herinner ik mij zo duidelijk de heldere wijze, waarop U Uw colleges gaf. Uw behandeling van de kristaloptica is voor mij een voorbeeld bij de voorbereiding van mijn colleges.

Hooggeachte Professor van der Vlerk,

De richting, welke ik tenslotte gekozen heb, is schijnbaar in tegenstelling met de plannen, welke ik bij het beëindigen van mijn studie had. De sediment-petrologie lijkt vaak een concurrent van de palaeontologie. Uit mijn voordracht hebt U echter kunnen opmaken, dat dit niet het geval is. Beide vakken streven naar een gezamenlijk doel: de bepaling van de facies. Steeds ben ik dankbaar geweest, dat U mij als een der eersten heeft weten over te halen tot de studie der foraminiferen en ostracoden. Ik heb van deze lessen een nuttig gebruik kunnen maken en ik hoop, dat ik in de toekomst in nauwe samenwerking met U aan de oplossing van het faciesprobleem zal kunnen werken.

Hooggeachte Dr Schürmann,

Dat ik de afgelopen tien jaren onder Uw leiding heb mogen werken, vervult mij met grote dankbaarheid. De vaak lange gesprekken, die ik met U mocht voeren, zijn mij, zowel wat de praktijk als de wetenschap

betreft, van groot nut geweest. Vele ervaringen uit Uw leven dienen mij steeds als voorbeeld. De kennis, onder Uw leiding verworven, hier aan jongere generaties te kunnen overdragen, zal mij steeds voor ogen staan.

Zeër erkentelijk ben ik mijn collega's en het personeel van de N.V. de Bataafsche Petroleum Maatschappij voor de toewijding en de vriendschap, waardoor mijn werk zoveel verlicht werd. Een speciaal woord van dank wil ik brengen aan het personeel van de sediment-petrografische afdeling, in het bijzonder aan mejuffrouw VAN DER BAAN. Door haar toewijding was het mogelijk zoveel belangrijke, wetenschappelijke gegevens te verzamelen.

Dames en Heren Assistenten en Personeel van het Geologisch en Fysisch Laboratorium,

Tot U richt ik een woord van dank voor de medewerking, die U allen getoond hebt bij mijn komst op het laboratorium. Steeds zal het in mijn bedoeling liggen op Duivendaal 2 een sfeer van wederzijdse hulpvaardigheid te scheppen. Slechts door samenwerking en goede verstandhouding kunnen belangrijke resultaten bereikt worden.

Dames en Heren Studenten,

De overgang van chef van een laboratorium naar een docerende loopbaan is groot. Mijn kennis en gedachten onder woorden te brengen, was niet mijn gewoonte en U zult enig geduld moeten oefenen. Het zal tijd kosten voor ik mij in de collegezaal werkelijk op mijn gemak zal voelen.

Ik ben me bewust van het feit, dat het propaedeutisch examen een zware taak voor U is en ben van plan die niet onnodig te verzwaren door U zaken te leren, die later van geen belang meer zijn. Het hoofddoel moet zijn, dat U leert, wat grond is. Daar heeft U later allen mee te maken. Om de samenstelling en de eigenschappen van de bodem te kunnen begrijpen moet U de grondbeginselen van de geologie, mineralogie en petrologie onder de knie hebben. Uit mijn rede kunt U zien, dat mijn eigen liefhebberij de studie van zand en klei is. Ik hoop Uw studie zo te kunnen richten, dat het niet slechts een vak voor het examen is, maar later in de praktijk voor U van nut zal zijn.

Ik heb gezegd.