

## De aardkorst beweegt ons\*

door *A. A. Manten*

### SUMMARY

A brief review is given of present-day knowledge on submarine ridges and rises, magnetic properties of rock samples from the continents and sea floor, and convection currents. It is shown how researches on these subjects led to the development of the concept of sea-floor spreading. Reference is made to the view expressed by J. Tuzo Wilson that this concept may open up the avenue to an important break-through in the solid-earth sciences.

Een van de belangrijkste ontdekkingen die in de aardwetenschappen gedurende de laatste jaren is gedaan is die van de spreiding van de zeebodem, als we het Engelse „sea-floor spreading” zo mogen vertalen. Het is de moeite waard ook op deze plaats even bij dit verschijnsel stil te staan. Dit te meer omdat het op den duur wel eens de sleutel zou kunnen vormen tot het begrijpen van veel nu nog omstrede of raadselachtige gedragingen van onze planeet. Om precies uit te leggen waar het om gaat moeten echter eerst een aantal schijnbaar nogal uiteenlopende zaken worden besproken.

### ONDERZEESE RUGGEN

Door de oceanen heen lopen enorme verhevenheden, onderzeese ruggen, die de oceanen verdelen in twee of meer bekkens. We merken daar niet zo veel van omdat bijna alles onder de zeespiegel ligt. Zelfs de hoogste punten van de onderzeese ruggen bevinden zich veelal meer dan 1000 m onder de zeeoppervlakte. Maar de hoogte van die ruggen, ten opzichte van de oceaانبodem aan beide kanten ervan, is niet gering. Gemiddeld is die hoogte enkele kilometers. Een ander belangrijk kenmerk is de breedte van die ruggen, die gewoonlijk tussen de 2000 en 4500 km ligt. We kunnen rustig stellen dat als we niet door de aanwezigheid van water werden gehinderd, en bijvoorbeeld uit een vliegtuig het oppervlak van de aarde overal even gemakkelijk konden bekijken, deze ruggen beslist tot de meest opmerkelijke verhevenheden van het aardoppervlak verklaard zouden worden.

Een van de bekendste, en ook eerst ontdekte onderzeese ruggen is de Midden-Atlantische Rug. Het leggen van de eerste transatlantische telegraafkabel, zo'n eeuw geleden, vormde de aanleiding tot die ontdekking. Vandaar ook dat in het noorden van de Midden-Atlantische Rug, ten noorden van het Azorenplateau, een gedeelte van de rug nog steeds het Telegraafplateau heet. Toen men de samenhang tussen verschillende verhevenheden zag, ging men het geheel de Noordatlantische Drempel noemen. Onderzoekingen in deze eeuw toonden aan

\* Dit artikel berust op de tekst van een voordracht gehouden voor de Radio Volks-Universiteit op 9 juni 1969.

dat deze verhevenheid op de Atlantische Oceaanbodern veel verder blijkt door te lopen dan lange tijd werd gedacht.

Ook in andere oceanen werden waarnemingen gedaan die de aanwezigheid van onderzeese ruggen aantoonde. Vooral Amerikaanse geologen en oceanografen hebben zich sterk met dit verschijnsel bezig gehouden, en wel met name onderzoekers van het Lamont Geologisch Observatorium onder leiding van Maurice Ewing. Ten tijde van het Internationaal Geofysisch Jaar werd duidelijk dat de ruggen tesamen één groot wereldomspannend netwerk vormen. De Midden-Atlantische Rug blijkt ten zuiden van Afrika verbonden te zijn met een rug in de Indische Oceaan, die zich noordwaarts uitstrekt in de richting van India. Daar buigt een tak westwaarts naar het Afrikaanse continent, waar hij enerzijds, naar het noorden, in verbinding staat met de Rode Zee en het Jordaandal, en anderzijds, naar het zuiden, met de Oost-Afrikaanse breukzones. Ook blijkt er een verbinding te bestaan, ten zuiden van Australië langs, tussen de rug in de Indische Oceaan en een vergelijkbare opwelling in de Stille Oceaan. De rug in de laatstgenoemde oceaan splitst zich noordwaarts, waarbij de oostelijkste van de twee takken met een boog naar Noord Amerika toe loopt en daar aansluit bij het seismisch actieve breukensysteem in Californië, met de beroemde San Andreas breuk ter lengte van meer dan 1350 km.

In 1953 deed de „Discovery II” expeditie een belangwekkende ontdekking. Werkend boven de Midden-Atlantische Rug ten noorden van de Azoren, stelde men vast dat de rug daar een dubbele kam had, met daartussenin een diep dal met steile wanden. Iets soortgelijks kende men reeds eerder te land van de Oost-Afrikaanse breukzone. De overeenkomst in dwarsdoorsnede was vrij treffend. Spoedig daarna namen geologen van het Lamont Geologisch Observatorium, vanuit hun onderzoekschip de „Vema” waar dat ook ten zuiden van de Azoren deze spleet in het midden van de rug zich voortzet. Met een vakterm noemt men het een „slenk”. Nog verdere voortzettingen van het onderzoek, met name ook weer tijdens het Internationaal Geofysisch Jaar, wezen uit dat overal in de grote onderzeese ruggen een dergelijke diepe slenkzone aanwezig is, vaak als één opvallend centraal fenomeen, in andere gevallen opgedeeld in een aantal evenwijdige ruggen en dalen.

Evenals dat voor de Oost-Afrikaanse breukzone en het Californische breukensysteem geldt, is ook de door breuklijnen begrensde centrale slenk van de onderzeese ruggen een onrustig deel van de aardkorst. Er is een grote seismische activiteit, d.w.z. dat er zich regelmatig zeebevingen voordoen, waarbij aan elkaar grenzende, door een breuk gescheiden delen van de aardkorst zich langs elkaar verplaatsen.

Reeds eerder had men vastgesteld dat de onderzeese ruggen een aantal vulkanische eruptiepunten dragen. Bij de Midden-Atlantische Rug behoren bijvoorbeeld IJsland en de Azoren.

Al met al is het duidelijk dat er bij die onderzeese ruggen iets met onze aarde aan de hand is. Maar voordat we daar verder op ingaan moeten eerst nog enkele andere onderwerpen worden aangehaald.

## PALAEOMAGNETISME

Een belangrijke tak van het naoorlogse aardwetenschappelijk onderzoek is de studie van het palaeomagnetisme. Wat magnetisme is, weet U. Evenzo dat het

inwendige van de aarde zich gedraagt als een reusachtige magneet. Daaromheen bevindt zich een magneetveld; dat is een ruimte, waar men in ieder punt een magnetische kracht waarneemt. Het voorvoegsel „palaeo” bij het woord „palaeomagnetisme” is een voorvoegsel dat men veel in de geologie aantreft en dat „oud” betekent. Kortweg houdt „palaeomagnetisme” in het gedrag van het aardmagnetisme in het geologisch verleden.

Gegevens over dit palaeomagnetisme haalt men uit de gesteenten. Bijna alle gesteenten bevatten wat men zou kunnen noemen „fossiele magneetjes”. Dat zijn mineralen die ijzermoleculen bevatten. Toen het gesteente dat men wil onderzoeken werd gevormd, konden die mineralen zich vaak min of meer vrij bewegen en zij richtten zich daarbij dan naar het magnetisch veld van de aarde. Zodra het gesteente verstarde, bijv. doordat lava stolde, werden die „fossiele magneetjes” voor een deel in de richting van het toenmalige aardmagnetisme vastgelegd. Met zeer gevoelige instrumenten en onder het in acht nemen van allerlei voorzorgen kan men de overheersende magnetisatierichting van een gesteente meten en daaruit gegevens afleiden over het toenmalige aardmagnetische veld. Op andere wijze kan men een inzicht krijgen in de ouderdom van het betreffende gesteente. Door deze gegevens te combineren en de waarnemingen aan heel veel gesteentemonsters van allerlei plaatsen op aarde te herhalen, heeft men een beeld kunnen opbouwen van het gedrag van het aardmagnetisme in de loop van de lange geschiedenis van de aarde.

In dit gedrag is er één ding dat met name opvalt. Dat is dat de richting van het aardmagnetische veld niet altijd dezelfde is geweest. We onderscheiden aan de tegenwoordige aarde een magnetische noordpool en een magnetische zuidpool. Maar er zijn tijden geweest dat die twee elkaars plaats innamen. Met andere woorden, een magneetnaald wees toen precies de andere kant op, niet naar het noorden maar naar wat wij nu het zuiden noemen. Proefnemingen van fysici en geofysici met behulp van dynamo's hebben duidelijk gemaakt dat zulke „ompolingen” van het magnetisme mogelijk zijn bij een lichaam als de aarde. Betrekkelijk kleine veranderingen in het systeem van stromingsbewegingen in de aardkern kunnen het tweepolige magnetische veld, het zgn. dipoolveld, soms laten verdwijnen, om het daarna in tegengestelde richting weer te laten aangroeien. Daardoor verwisselen dan zuid- en noordpool van plaats.

Een van de eersten die aan de hand van duidelijke feiten heeft aangetoond dat zich zulke „ompolingen” in de loop van de geschiedenis van de aarde voorgedaan hebben, is onze landgenoot Hospers geweest, thans hoogleraar aan de Universiteit van Amsterdam. Hij bestudeerde lavastromen in IJsland. Daarbij bleek dat de magnetisatierichting die in de jongste lavastromen kon worden gemeten in overeenstemming is met het beeld dat wij van het tegenwoordige aardmagnetische veld hebben. In sommige oudere lagen werd echter een tegenovergestelde richting gemeten.

Andere onderzoekers hebben zich ook met dit verschijnsel bezig gehouden. Het resultaat is dat wij thans weten dat er gedurende de laatste 4 miljoen jaar een dozijn omkeringen in het aardmagnetische veld opgetreden zijn. Overal ter wereld vindt men voor die „ompolingen” dezelfde tijdstippen, d.w.z. we hebben echt wel te doen met een eigenschap van onze planeet als geheel. Ook uit het oudere verleden van de aarde, meer dan 4 miljoen jaar geleden, kent men „ompolingen”, zelfs tot uit het Precambrium, dat 600 miljoen en meer jaren achter ons ligt.

## DE ZEEBODEM

Denken we nu nog weer even aan de lavalagen in IJsland. Iedere nieuwe laag breidde zich daar uit op een ondergrond van oudere lava. Zo ontstond een opeenvolging van lagen met de oudste onder en de jongste boven. De volgorde waarin de lagen boven elkaar worden aangetroffen is een weerspiegeling van de volgorde waarin daar ter plaatse vulkanische uitbarstingen in de tijd op elkaar zijn gevolgd. Wanneer we voor ieder van de lagen de magnetisatie-richting meten, dan weerspiegelt de volgorde waarin de lagen op elkaar liggen dus ook de volgorde waarin veranderingen in de richting van het magnetisch veld van de aarde in de loop van de tijd opgetreden zijn.

Omdat de „ompoling” van het aardmagnetische veld steeds een verschijnsel was dat de hele aarde betrof, hebben alle gesteenten van dezelfde ouderdom een zelfde magnetisatie-richting. De tegenwoordige tijd is daarvan het duidelijkste voorbeeld: overal waar men op aarde een kompas neerlegt zal de naald van dat kompas naar het noorden wijzen.

Deze twee dingen moeten we even heel goed in gedachten houden. Tussen gesteentemonsters die men uit bovenop elkaar liggende lagen neemt kunnen verschillen bestaan, maar gesteentemonsters die men naast elkaar neemt uit dezelfde laag hebben dezelfde magnetisatie-richting.

De zee is een klassiek voorbeeld van een omgeving waar nieuw gesteente wordt afgezet. Op het land heeft afbraak plaats. Allerlei factoren, zoals het weer en stromend water, tasten de gesteenten aan. Stromend water veegt het afbraakmateriaal bij elkaar in rivieren en deze nemen het mee op hun weg naar de zee. De lichtere en kleinste deeltjes worden het verst meegevoerd en een flink deel daarvan komt uiteindelijk in de zeeën en oceanen terecht, waar het bezinkt en op de bodem blijft liggen. Stof dat door de wind in de richting van de oceanen is geblazen voegt zich daarbij. Ook dieren die in het water leven dragen het hunne bij, bijvoorbeeld in de vorm van schelpresten, en scheikundige processen veroorzaken eveneens dat bepaalde stoffen zich afzetten. De zeebodem is dus een plaats waar steeds weer een nieuwe gesteentelaag zich vormt, die, zo werd aangenomen, dikker is in de buurt van de werelddelen dan midden in de diepzee.

Ook de oceanen bieden dus een mogelijkheid om het gedrag van het aardse magnetisme te onderzoeken. Men kan een lang monster uit de zeebodem nemen op een enigszins vergelijkbare manier als men een appel te lijf gaat met een appelboor. Zoals de uit de appel genomen kern eerst de neus bevat, dan de schil, het vruchtvlies en ten slotte het klokhuis, zo kan een diepzeekern delen van verschillende lagen van de diepzeebodem bevatten. Meet men het zwakke magnetisme van die opeenvolgende monsters, dan vindt men hetzelfde beeld als eerder op het land werd vastgesteld: tussen lagen met een gewone magnetisatie-richting treft men ook lagen aan waar die richting precies omgekeerd is.

Doordat op de zeebodem een ononderbroken afzetting van gesteente heeft plaatsgevonden kon men echter nog een stapje verder gaan. Men kon de dikte gaan meten van het gedeelte van de diepzeekern waarin de magnetisatie-richting gewoon was, evenzo de dikte van het deel daaronder met een omgekeerde richting, daarna weer de dikte met een normale richting, enzovoort, over de hele lengte van de kern.

Toen men dit deed voor een groot aantal diepzeekernen van verschillende plaatsen bemerkte men dat er meermalen een zelfde vaste verhouding is tussen de diepten waarop omkeringen van de magnetisatie-richting zich voordeden. Deze verhouding is weer een afspiegeling van de faktor tijd.

Nog een andere, belangwekkende ontdekking werd gedaan in de oceanbodem in verband met het magnetisch veld. Men vond namelijk afwijkingen daarin, in een patroon van banden evenwijdig aan de kammen van de eerder genoemde grote onderzeese ruggen, en wel op overeenkomstige manier, maar in spiegelbeeld, aan beide kanten van deze ruggen. In 1963 voorspelden de Amerikanen Vine en Matthews dat de verhouding tussen de breedtes van de verschillende naast elkaar liggende banden wel eens dezelfde zou kunnen zijn als die tussen de diktes in de verticale diepzeekernen, en dus óók een tijdsverhouding zou zijn. Twee jaar later wisten Vine en Wilson dat vermoeden te bewijzen. De breedtes van de verschillende zones is niet op alle plaatsen dezelfde, maar de verhouding ertussen wel. Om het met een eenvoudig voorbeeld te verduidelijken: Op een bepaalde plaats is een van de banden 2 km breed en die er direct naast 4 km. Op een andere plaats is die eerstgenoemde band niet 2 maar 3 km breed. Men vindt dan dat die ernaast ook anderhalf maal zo breed is, dus niet 4 maar 6 km. De verhouding is zodoende dezelfde, want 2:4 en 3:6 zijn in vereenvoudigde vorm beide 1:2.

Als we nu nog weer even terugdenken aan de voor de continenten gevonden regel dat monsters uit eenzelfde vlak genomen dezelfde magnetisatie-richting vertonen, dan is duidelijk dat in de oceanen op die regel een belangrijke uitzondering gevonden is.

Wat betekent nu de ontdekking dat er aan weerszijden van de onderzeese ruggen evenwijdige zones voorkomen met afwisselend omgekeerde magnetisatie-richtingen? Ondubbelzinnig was eerder al duidelijk gemaakt dat het aardmagnetisch veld in de loop van de aardgeschiedenis verscheidene malen werd „omgepoold” volgens een vaste en voor de hele aarde geleidelijk eensluitend vastgestelde tijdschaal. Wat we kennen als een opeenvolging in de tijd doet zich nu rond de onderzeese ruggen ineens voor als een opeenvolging over subhorizontale afstanden. Wat men bovenop iets zou verwachten ligt nu op enige afstand ervan ongeveer er naast. Dat kan niets anders betekenen dan een verplaatsing in de loop van de tijd, een verplaatsing van de zeebodem van de transoceanische ruggen vandaan. Bij deze ruggen wordt dus nieuwe zeebodem gevormd. Terwijl dit gebeurt leggen magnetische deeltjes de richting van het aardmagnetische veld vast. Door het beschikbaar komen van steeds maar nieuw materiaal wordt het zo gevormde nieuwe stukje zeebodem opzij geduwd, en zo maar door, in een vermoedelijk niet ophoudend proces.

Hier zijn we dan bij het begrip „zeebodemspreiding” waar we het in het begin over hadden. De nieuwvorming van zeebodem bij de grote onderzeese ruggen en het langzaam maar gestaag bewegen van die bodem weg van de ruggen. De snelheid waarmee de zeebodem zich verplaatst ligt mogelijk in de orde van grootte van enkele centimeters per jaar, verschillend in de verschillende oceanen, en is in ieder geval gedurende de laatste miljoenen jaren steeds dezelfde geweest.

## AFKOELINGSSTROMINGEN

Het mechanisme dat de aardoppervlakte rond de onderzeese ruggen aan het be-

wegen zet is hoogstwaarschijnlijk het opwellen en naar opzij wegstromen van materiaal dat bij die ruggen uit de diepte omhoog komt door middel van zogenaamde convectiestromen. Het was onze beroemde landgenoot Vening Meinesz die destijds dit idee van de langzame convectiestromen lanceerde. Hij kwam op dit idee omdat hij grote verschillen vond in de door de aarde uitgeoefende zwaartekracht en verklaarde er onder meer gebergtevorming mee. Maar de theorie heeft in de loop der tijd ook allerlei andere dingen helpen verklaren.

De convectiestromen vinden hun oorzaak in temperatuurverschillen in de plastische, hete aardmantel. Ze brengen warmer en daardoor lichter materiaal naar boven en elders kouder en zwaarder materiaal omlaag. Het hele proces is vergelijkbaar met de circulatie die waar te nemen valt in een pan kokend water.

De bovengrens van die plastische, withete aardmantel ligt op een diepte van rond de 50 km. Daarboven ligt de koelere, brosse steenschaal waarvan de aardkorst (behalve de diepe wortels van gebergtegordels) en een beetje van de allerbovenste aardmantel deel uitmaken.

Zoals reeds gezegd, bewegen die afkoelingsstromen zich ook weer ergens naar beneden. Evenzo moeten er, als er steeds nieuwe aardoppervlakte wordt gevormd en zich van de plaatsen van vorming weg beweegt, elders plaatsen zijn waar de in beweging zijnde steenschaal van de aarde van verschillende kanten op elkaar stoot en samengedrukt en naar beneden afgebogen wordt. Hier schuift de zaak over elkaar en vormt zo de aanleg voor een diepe oceaantrog en een nieuwe gebergteketen.

## CONTINENTEN OP DRIFT

Mogelijk hebben sommigen van U, bij het lezen van dit alles, reeds gedacht aan het bewegen van de continenten. Hoewel al veel eerder gedachten waren gepubliceerd over het feit dat de verdeling van land en zee in het verleden van de aarde niet steeds geweest is zoals nu, was het vooral Wegener die in de jaren 1912-1914 een dergelijke opvatting met kracht verdedigde. Hij onderstelde dat alle werelddelen van het noordelijk zowel als het zuidelijk halfrond vroeger in één oercontinent verenigd zijn geweest. Dit scheurde op een gegeven ogenblik en sindsdien zouden de vastelanden zich als reusachtige gesteenteschollen door de bodem van de oceanen hebben voortbewogen.

De theorie vond zowel bijval als scherpe bestrijding. De tegenstanders concentreerden zich vooral op de onvoorstelbaarheid van de door Wegener voorgestelde wijze van verplaatsing van de werelddelen. Om een continent zich door de oceaانبodem heen te laten voortploegen is een enorme kracht nodig. Niemand kon verklaren waar die kracht dan wel vandaan zou moeten komen. Evenmin hoe de continenten bij dat alles er dan nog in slaagden hun vorm te behouden in plaats van te worden ineengeperst. Daardoor schenen de tegenstanders van de theorie der drijvende continenten het op een gegeven ogenblik te zullen gaan winnen.

Het is met name de reeds eerder genoemde bestudering van het palaeomagnetisme geweest dat duidelijk heeft gemaakt dat er in het verleden van de aarde toch echt wel grootse dingen zijn gebeurd, die onverklaarbaar blijven als men niet bereid is te denken aan sterke verplaatsingen van de continenten. Het verklaren van het hoe van die continentverschuivingen bleef een probleem. De theorie van de con-

vectiestromingen, met de daarin aangenomen grootscheepse materiaalverplaatsingen in de aarde, scheen een sleutel tot de oplossing van dit vraagstuk in te houden. Geheel bevredigen deed het echter nog niet.

Nu is daar dan de ontdekking van de spreiding van de oceaanbodem bij gekomen. Dit is een geweldige stap vooruit. Nu wordt volledig duidelijk dat we niet moeten denken aan continenten die zich moeizaam door de oceaanbodem voortploegen. Het is veel simpeler. Ze laten zich gewoon als enorme blokken, die ingebed liggen in de oceaanbodem, met een zelf in beweging zijnde zeebodem mee drijven. Het h oe van de continentverplaatsing is ineens begrijpelijk geworden.

## STAAN DE AARDWETENSCHAPPEN VOOR EEN BELANGRIJKE „DOORBRAAK”?

Langzaam maar zeker vordert zo ons inzicht in het gedrag van de aarde, die zo lang raadselachtige planeet waarop wij mogen wonen. De inzichten die thans aan het doorbreken zijn bij geologen die werken in de frontlijn van hun wetenschap, dragen niet onaanzienlijk bij tot de groei van een steeds beter en duidelijker totaalbeeld. Dit geeft hoop dat de aardwetenschappen werkelijk begonnen zijn fundamentele aspecten van de aarde te doorzien en misschien niet zo ver meer verwijderd zijn van het moment dat men dit zal weten samen te brengen in een frame, dat heel die welhaast onoverzienbare hoeveelheid detailwerk die verricht is en wordt, in een groots perspectief zet. Dat zou een enorme stap vooruit kunnen betekenen. Zoals de ontwikkeling van de natuur- en scheikunde als echte wetenschappen enorm werd beïnvloed door de onderkenning van de fysische en chemische natuurwetten, en de biologie ineens perspectief kreeg door de herkenning van het proces der organische evolutie, zou ook de geologie ongekende nieuwe impulsen kunnen krijgen door de presentatie van een samenhangend totaalbeeld van wat het wezen van de aarde uitmaakt. De Canadese geoloog Tuzo Wilson heeft daar onlangs in het tijdschrift „Geotimes” behartigenswaardige dingen over gezegd.

Tot besluit van deze bijdrage wil ik daar graag iets van doorgeven. Tuzo Wilson onderscheidt in de ontwikkeling van een natuurwetenschap vier hoofdfasen. Dat zijn: (1) het verzamelen van gegevens, (2) de ontdekking van een sluitende, op feiten gebaseerde theorie, (3) het doen van wetenschappelijke voorspellingen op basis van die theorie, en (4) het controleren van de juistheid van die voorspellingen. Door deze cyclus steeds weer te herhalen wordt de theorie voortdurend verder bijgeschaafd en ontstaat een steeds betrouwbaarder en bruikbaarere totaalbeeld.

De moeilijkheid met de aardwetenschappen is steeds geweest dat het onderwerp van studie zo enorm uitgebreid is en de problemen waarvoor men wordt gesteld zo gecompliceerd zijn dat men in feite nooit verder is gekomen dan het eerste stadium.

Deze stelling behoeft, mijns inziens, wat nader gepreciseerd te worden. Er zijn wel allerlei theorieën ontwikkeld, maar slechts in gespecialiseerde deelgebieden. Waar het aan ontbreekt is het overkoepelende totaalbeeld. Daardoor werd er steeds door de vele specialisten veel te veel langs elkaar heen gewerkt zonder voldoende besef van de onderlinge verhoudingen tussen het detailwerk dat een ieder deed.

Zelfs waar een duidelijke behoefte bestond en bestaat aan het met redelijke kans op succes kunnen voorspellen van nog niet ontdekte wetenschappelijke feiten, zoals in de opsporing van aardolie en ertsen, kon men, door gebrek aan fundamenteel inzicht in algemene principes, niet aan die behoefte voldoen. Daarom stelde men zich ook daar maar tevreden met het verzamelen van zoveel mogelijk gegevens en het vervolmaken van de daarbij gebruikte methoden. Dit voerde eveneens tot zekere successen. Met als gevolg dat zelfs vanuit de olie- en ertsmaatschappijen de belangstelling voor de ontwikkeling van een fundamenteel totaalbeeld ging tanen. De wens tot snelle resultaten leidde tot een eenzijdigheid, die het inzicht verdrong dat, door het weliswaar tijd- en kapitaalintensief speuren naar de algemene grondslagen van het aards gedrag, op de wat langere duur een veel beter rendement van het opsporingswerk naar olie en ertsen mag worden verwacht. De wetenschappelijke instellingen hielden zich haast in nóg sterkere mate met detailwerk bezig, ieder op hun eigen specialistische voorkeuronderwerpen. Dat er toch steeds weer kleine aantallen mensen zijn geweest die probeerden althans voor bepaalde deelgebieden de beschikbare kennis tot een samenhangende theorie te integreren was veelal meer ondanks dan dankzij het door de instituten en maatschappijen gevoerde wetenschapsbeleid. Door het vaak pionierende werk van deze denkers, gevoegd bij de snel groeiende hoeveelheid feitenkennis, begint de ontwikkeling van het gewenste algehele totaalbeeld thans tot de mogelijkheden te behoren. Het wachten is, dacht ik, voornamelijk op het samengaan van een aantal briljante en breed georiënteerde denkers uit de verschillende aardwetenschappelijke vakgebieden. Want dat één man het geheel nog voldoende kan overzien is met de tegenwoordige overvloed aan vakgebieden, specialisaties en feitenmateriaal welhaast uitgesloten te achten.