

Hardheid en soortelijk gewicht vinden we terug in namen als *distheen* (di-sthenos = tweërlei hardheid) en *barium* en *bariet* (barus = zwaar). Zeer veel namen duiden voorts op kristallografische aspecten van de onderscheiden soorten. *Euklaas* geeft aan dat dit mineraal gemakkelijk splijt; *stauroliet* verwijst naar de kruisvorm van zijn tweelingkristallen; *axiniet* duidt op de scherpte van de kristalkanten (*axinè* = bijl), en *tridymiet* op het voorkomen van drielingkristallen.

De opsomming moet niet uitpuddend worden; volstaan we derhalve met nog enige namen te noemen die, soms niet zonder humor, naar willekeurige eigenaardigheden van de bijbehorende mineralen verwijzen. *Apatiet* en *phenakiet* hebben de vroegere generaties mineralogen kennelijk de nodige hoofdbreken bij de determinatie bezorgd: *apatiet* is afgeleid van het griekse *apatacin* = verwisselen en een *phenax* is een bedrieger: *phenakiet* werd namelijk nog al eens met kwarts verward. *Euxeniet* kunnen we vertalen als de "gastvrije" wegens de vele elementen die in de chemische formule vertegenwoordigd zijn. Als tegenhanger van dit laatste mineraal zij ten slotte het *kakoxeniet* vermeld, dat door de metalurgen vol wrok, als "de slechte gast" te boek werd gesteld vanwege het feit dat het tijdens het smeltproces een verderfelijke invloed op het ijzererts uitoefende.

Tot zover de afleiding van mineralennamen. Bewust werd voorbij gegaan aan benamingen die alleen gebruikt worden in het germaanse taalgebied (bijv. de diverse "blenden") of die direct of zijdelings aan de edelsteenkunde zijn ontleend, aangezien wetenschappelijk gezien deze benamingen (nog) niet algemeen zijn aanvaard. Moge het bovenstaande de mineralogen onder ons er toe brengen ook aan het "onbelangrijke" aspect van de naam eens wat meer aandacht te schenken.

Geraadpleegde literatuur:

Dr. F. Zirkel, *Elemente der Mineralogie*;

E. S. Dana, *A. Textbook of mineralogy*.

De opbouw van de aarde.

W. de Vries

De kennis omtrent de structuur van de aardbol danken we voornamelijk aan het onderzoek van trillingen, die door de aarde gestuurd worden. Deze trillingen worden opgewekt, hetzij door natuurlijke aardbevingen, hetzij kunstmatig door ontploffing van een lading dynamiet. Voor het onderzoek van diepere delen der aarde zijn alleen de aardbevingen belangrijk.

De schokgolven die ontstaan, lopen langs bepaalde banen door de aarde van de haard van de trilling tot aan een ontvangstation, dat deze trillingen registreert met behulp van een seismograaf.

Er zijn verschillende soorten golven die door de aarde gaan, nl. longitudinale golven (= 'Pressure'-golven, of P-golven), en transversale golven (= 'Shear'-golven, of S-golven). Andere soorten van golven gaan langs de oppervlakte der aarde: oppervlakte-golven: 'Love'- en 'Raleigh'-golven. De longitudinale golven lopen het snelst en komen het eerst bij een ontvangstation aan en worden ook wel primaire golven genoemd.

De transversale golven planten zich minder snel voort en komen later aan, zij worden wel secundaire golven genoemd. De oppervlakte golven komen nog later aan, de amplitude van deze golven is zeer groot.

De oppervlakte der aarde gedraagt zich als een reflector voor golven die van onder af aankomen en die dus tegen het aardoppervlak teruggekaatst worden. Het verloop van de P- en S-golven, met de aankomsttijden bij een bepaald station ziet U op fig. 1.

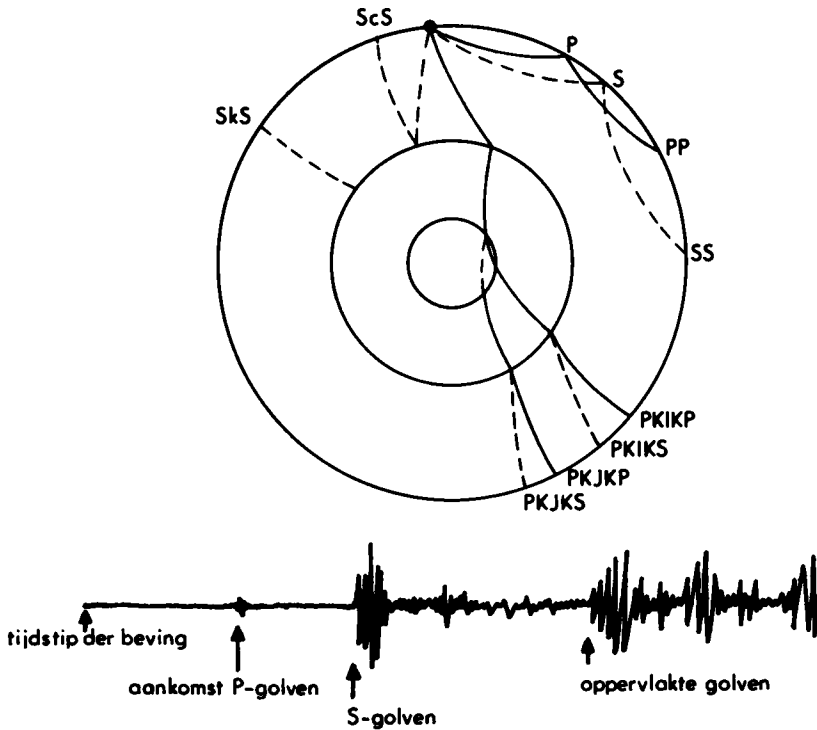


FIG. 1

Fig. 1.

P. longitudinale golf.

S. transversale golf.

PP. longitudinale golf, die één maal tegen het aardoppervlak weerkaatst.

SS. transversale golf, id.

Ook: PPP., SSS.,: twee maal weerkaatst, etc.

PKP., SKS.: longitudinale, resp. transversale golf die de aardmantel passeert.

ScS. transversale golf die teruggekaatst is tegen de kern (c = core).

PKIKP. longitudinale trilling die mantel, buitenkern en binnenkern passeert.

PKJKP. id., maar passeert in transversale toestand de binnenkern.

Deze banen zijn krommen, dit komt omdat de snelheid van trillingsgolven naar de diepte toe groter wordt door afname van de mogelijkheid van samendrukbaarheid van het gesteente bij grotere belastingdruk, d.w.z. bij groter soortelijk gewicht

op grotere diepte. De aarde nu is zeker niet opgebouwd als een homogeen geheel maar uit verschillende 'schalen' met verschillende eigenschappen. Deze verschillende eigenschappen als starheid/dichtheid/verschil in mineraalsamenstelling, geven afwijkingen in de theoretische baan. Na de bestudering van deze afwijkingen kan iets gezegd worden over veranderde fysische eigenschappen of over de mogelijke verandering in chemische samenstelling van een bepaald deel der aarde.

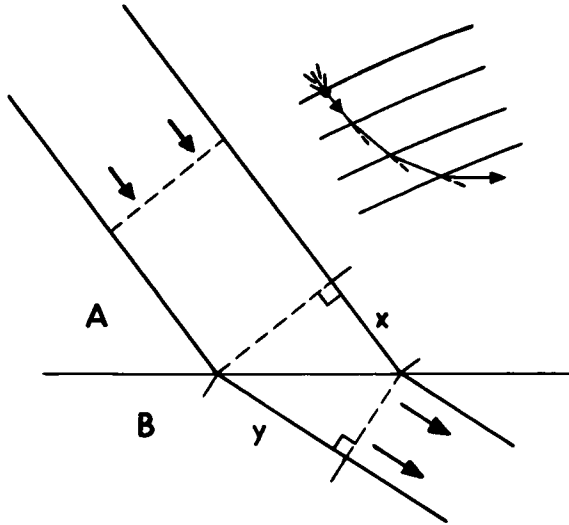


FIG. 2

Fig. 2.

Af buiging van een trillingsgolf bij het doorlopen van een grensvlak tussen materiaal van lager (A.) naar hogere dichtheid (B.). De snelheid van de golf is in milieu B. hoger dan in A. (de afstand x. en y. wordt in gelijke tijd afgelegd).

De aarde wordt ingedeeld in een aantal zones, genoemd A t/m G. Deze zones worden onderscheiden door het verschil in snelheid waarmee aardbevingsgolven passeren en de verschillende reacties op deze trillingen.

- A. — korst.
- B. — bovendeel der mantel: diepte 33-410 km. (Bullen), 33-200 km. (Gutenberg).
- C. — overgangszone: diepte 410-1000 km. (Bullen), 200-950 km. (Gutenberg).
- D. — onderste deel der mantel: 1000-2900 km. Deze zone wordt onderverdeeld in D' en D''.
- E. — buitenkern: 2900-4950 km.
- F. — overgangszone, slechts enkele tientallen km. dik.
- G. — binnenkern.

De grenzen van de verschillende zones worden beschouwd als chemische veranderingen in de samenstelling van de gesteenten of van mineralen, of een faseverschil van een bepaald mineraal (vergelijk: kwarts komt voor in verschillende modificaties als hoge en lage temperatuurkwarts en als crystobaliet en trydimiet; er zijn vele

andere mineralen met dezelfde chemische samenstelling maar met sterk verschillende eigenschappen en verschillen in wijze van voorkomen: Andalusiet, Sillimaniet, Cyaniet.).

De grens tussen korst en mantel (A. en B.) is een verandering in chemische samenstelling der gesteenten. De korst bestaat uit gesteenten van granietische en granodiorietische tot diorietische samenstelling en wordt beschouwd te zijn ontstaan uit gedifferentieerd en herverdeeld mantelmateriaal. De gesteenten van de mantel hebben een basische tot ultrabasische samenstelling (vnl. Peridotietisch).

De korst kan in tweeën verdeeld worden: het bovendeel is granodiorietisch (zuur) van samenstelling, de diepere delen hebben een basaltische (basisch) samenstelling. De bovenste laag heeft een dikte van 15-20 km., de basaltlaag 10-15 km. Tussen de twee lagen wordt een discontinuïteitsvlak gevonden: de Conrad-discontinuïteit. Deze is onder de oceanen niet aanwezig, hier wordt dus alleen de basaltische 'oceanische' korst gevonden. De granietische 'continentale' korst is onder de oceanen niet aanwezig.

Een faseverandering als grens tussen korst en mantel is niet waarschijnlijk, daar de grens te scherp is en omdat er een grote variatie in diepte der ligging van deze grens is (de 'Mohorovicic-discontinuïteit', ofwel de 'Moho'). De grens ligt onder de oceaan op ongeveer 10 km. onder zeeniveau, en onder de continenten tot op 35 km. diepte. Deze grote variatie in diepte brengt ook een grote variatie in temperatuur en druk mee op verschillende plaatsen der Moho.

De dichtheid van de gehele aarde is ongeveer 5,5, de dichtheid van de oppervlaktegesteenten ongeveer 2,8 tot 3,2 van de basaltische gesteenten.

De horizontale inhomogeniteiten die in het bovendeel van de mantel optreden kunnen veroorzaakt worden door verschillende graad van differentiatie van het mantelmateriaal. Dit mantelmateriaal zou dus gesteenten van de korst kunnen vormen maar ook weer in zich kunnen opnemen.

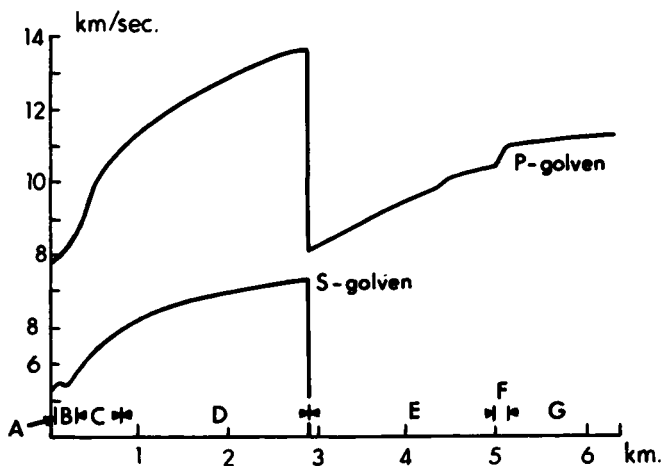


FIG. 3

Fig. 3

Snelheidsverdeling der transversale en longitudinale golven in de aarde.

In het bovendeel der mantel wordt een zogenaamd 'Low-Velocity-Layer' gevonden op een diepte van ongeveer 110 tot 140 km. Hier is de snelheid der trillingsgolven lager dan 'normaal', en houdt de toename van de snelheid der transversale golven zelfs even op (zie fig. 3.) Dit niveau van relatief lage snelheden van aardbevingsgolven wordt beschouwd als de laag waaruit de grote plateaubasalten stammen. Deze over enorme uitgestrektheden uitgevloede basalten worden gevonden oa. in India, Patagonië, IJsland, Persië en Arabië.

De condities in de C-zone geven wel aanwijzingen voor faseveranderingen.

Tussen 450 en 550 km. diepte gaan sterke veranderingen optreden in het gedrag der seismische trillingen. Hier is de toename van de snelheid van de trillingen zeer sterk. Deze verandering denkt men teweeg gebracht door overgang van Olivijn (waaruit de mantel voornamelijk is opgebouwd) naar een hoge-druk variëteit in Spinel-structuur (de chemische formule blijft Mg_2SiO_4 , de stapeling der atomen wordt nu anders, ze liggen dichter tegen elkaar aan, de verbinding neemt 'minder plaats' in, de dichtheid is groter, dus ook het soortelijk gewicht). Deze overgang van Olivijn als normaal neso-silikaat naar de Olivijn in spinel-structuur geeft een dichtheidstoename van 9%.

Ook voor de in de mantel veel voorkomende verbindingen van IJzer en Nikkel (resp.: Fe_2SiO_4 en Ni_2SiO_4) is een vergelijkbare overgang naar een andere atoomstapeling mogelijk. Deze IJzer- en Nikkelsilikaten gaan iets eerder in de spinel-structuur over dan Olivijn, daar de benodigde druk iets lager is (en wordt ongeveer 100 tot 200 km. hoger in de mantel bereikt). Hierdoor kunnen controversen tussen verschillende onderzoekers over de bepaling van de grens tussen de B.- en C.-zone verklaard worden. De overgang van de IJzer- en Nikkelsilikaten geeft een afwijking in het seismisch gedrag, dat al eigenschappen gaat vertonen van de diepere zone.

De D.-zone zou bestaan uit oxyden (= verbindingen van een metaal met zuurstof bv. Kwarts: SiO_2 ; Magnetiet: Fe_3O_4). De oxyden die in de D.-zone voorkomen zijn ontstaan uit transformatie — cq. het uiteenvallen — van de silikaten der C.-zone. De verbindingen die in de D.-zone voorkomen zijn: Periklaas: MgO ; Korund: Al_2O_3 ; Rutiel: TiO_2 ; Spinel: $MgAl_2O_4$.

Zone C. kan dus beschouwd worden als overgang tussen de zone met normale silikaten (B.) en de zone bestaande uit oxyden (D.).

Olivijn komt overeen met SiO_2 (Kwarts) plus MgO (Periklaas). Deze decompositie komt voor op ongeveer 1000 km. diepte. De SiO_2 komt daar echter niet voor in kwartsstructuur met zijn vele grote holten (hierin kunnen zeer grote ionen, zoals van Kalium, Natrium en Calcium een plaats vinden. Dit gebeurt bij vorming van de Veldspaten!), maar in een veel dichtere pakking (dichtere stapeling) zoals bv. die van Steenzout of Rutiel.

De zones die begrensd zijn door faseveranderingen, hebben logischerwijs geen scherpe grenzen door het voorkomen van vele mineralen. Niet bij ieder mineraal treedt een faseverandering of decompositie op bij eenzelfde temperatuur en druk (dus bij bepaalde diepte). Bijvoorbeeld: een mengsel van Forsteriet (de zuivere Magnesium-olivijn: Mg_2SiO_4) en een Pyroxeen: $MgSiO_3$ — Enstatiet — is stabiel tot op 400 km; door een geringe onzuiverheid wordt het omzettingsgebied gespreid tussen 300 en 800 km.

De reacties die in de D.-zone van de mantel gaan optreden zijn: $2MgSiO_3$ (Pyroxeen) $\rightarrow Mg_2SiO_4$ (samenstelling als van Olivijn, maar spinel-structuur!) plus SiO_2 (Kwarts), en ook: Mg_2SiO_4 (Olivijn) $\rightarrow Mg_2SiO_4$ in spinelstructuur. Ook is

mogelijk in plaats van de eerste reactie: MgSiO_3 (Pyroxeen) \rightarrow MgSiO_3 in Korundstructuur.

Op een diepte van 950 tot 1000 km. volgt dan de reactie: Mg_2SiO_4 in spinelstructuur \rightarrow $2\text{MgO} + \text{SiO}_2$ in rutielstructuur; en ook: $\text{Mg}_2\text{SiO}_4 \rightarrow \text{MgSiO}_3$ (in korundstructuur) + MgO .

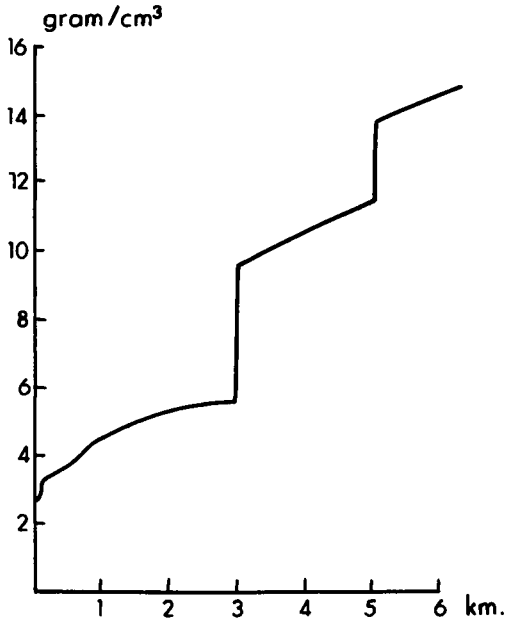


FIG. 4

Fig. 4.

Verdeling van de dichtheid (Soortelijk gewicht) in de aarde.

Veranderingen tussen verschillende zones zijn dus vrij eenvoudig te verklaren door deze faseverschillen en decomposities aan te nemen. Het is dus niet nodig om vaak zeer moeilijk te verklaren grote chemische veranderingen aan te nemen. Toch moet er zeker wel rekening gehouden worden met verschillen in chemische samenstelling van hogere en lagere delen van de mantel. Als de mantel samengesteld is uit meerdere verschillende componenten kan er een zekere 'gelaagdheid' of 'zonering' optreden door verschil in diffusie en door gravitatieve differentiatie (=zinken van zware bestanddelen zoals Olivijn, door zwaartekracht). De aanwezigheid van discontinuïteiten in de mantel is een aanwijzing voor deze mogelijkheid. Een duidelijke zonering in de mantel is echter afwezig en dit pleit voor een convectieve menging van het mantelmateriaal.

In het bovenste deel der kern kunnen transversale golven zich niet voortplanten, althans niet in die frequenties die gemeten worden aan het aardoppervlak in seismologische onderzoeken. De kern wordt daarom als vloeibaar beschouwd, hoewel metingen over de samendrukbaarheid en stijfheid geen resultaten van een normale vloeistof laten zien. De dichtheid bedraagt ongeveer 9,96 op een diepte van 2900 km. op de grens van de kern en mantel, en voor de lagere delen der buitenkern 12,47.

Aan golven die langs en door de binnenkern lopen, wordt een verschil in tijd van aankomst waargenomen en een afbuiging van de baan die door de binnenkern gaat. Aangenomen wordt dat de binnenkern zo stijf is dat hier wel transversale golven mogelijk zijn. Als dus een P.-golf op zijn weg door de kern aankomt bij de binnenkern, zou dus zowel de doorgaande P.-golf als ook een nieuwe S.-golf ontstaan. Beiden gaan dan door de kern en in de binnenkern ontstane S golf gaat dan als een P.-golf door de buitenkern. Deze twee P.-golven kunnen dan bij aankomst aan de binnenrand der mantel ook weer twee S.-golven doen ontstaan. (zie fig. 1).

Proeven genomen met materialen onder zeer hoge drukken geven een waarschijnlijk atoomnummer der kern van 23, wat overeenkomt met een samenstelling van een IJzer-Nikkel-legering met een dichtheid van 13,2 tot 14,4.

Verdere gegevens vindt U in het zeer lezenswaardige boekje van Veldkamp: Geophysics, Aula-pocket, 1965.

Biogeochemie.

H.C.G. Langemeyer

Inleiding:

De geochemische methode van prospectie is gebaseerd op systematisch onderzoek naar chemische eigenschappen van mineralen en ander in de natuur voorkomend materiaal. Als deze eigenschappen niet rechtstreeks onderzocht worden, maar wel hun invloed op nabije planten (en dieren, maar die zijn nu eenmaal niet zo aan een vaste plaats gebonden), dan spreekt men van biogeochemie. Deze nog vrij jonge wetenschap volgt het principe dat haast elke jonge wetenschap van de laatste decennia volgt: dat twee of meer oude en eerbiedwaardige enkelvoudige wetenschappen samen één nieuwe, meer gedetailleerde wetenschap vormen. In dit geval werken chemie, geologie en biologie samen en vormen aldus de biogeochemie. Een ander tijdsverschijnsel waarmee wij hier te maken hebben is het vervagen van de scheiding tussen zuivere en toegepaste wetenschap. De tegenwoordig enig overblijvende broedplaatsen van zuivere wetenschap, de Universiteiten en Hogescholen, krijgen steeds meer contact met het bedrijfsleven en de eisen daarvan. Anderzijds ondervinden de grote industrieële researchcentra — waar alle wetenschap gericht moet zijn op het bevorderen van de producten — steeds meer dat elke vinding, hoe abstract aanvankelijk ook lijkend, naderhand wel eens van groot praktisch nut zou kunnen blijken. Daarom, de Hoger-onderwijsinstellingen leggen zich meer en meer op de toepassing van hun bevindingen toe, en de industrieel geënte wetenschappen dienen meer en meer fundamenteel te zijn.

In dit licht is het duidelijk dat bovengenoemd samenspelen van drie vakgebieden niet alleen maar zuiver en ook niet alleen maar toegepast kan worden genoemd. Er heeft een voortdurende wisselwerking plaats en het ligt voor de hand om theorie en experiment, om logisch verband en tabellarische gegevens, om zuivere verba-zing over de spelingen der natuur en toepassing van het gevondene telkens van plaats te zien verwisselen.

De biogeochemie vindt zijn toepassing in de geologische exploratie naar mineralen. Het is een der vele vormen van het pogen der mensen om voor een dubbel-tje op de eerste rang te zitten. Dat wil zeggen om op goedkope wijze dure grondstoffen te