

In 1969 was nog slechts één mijn in bedrijf in Cornwall: South Crofty. Door allerlei wijzigingen in de metaalmarkt zijn er nu weer vijf of zes in werking en een aantal nieuwe concessies zijn uitgegeven. In 1973 werd er 3.500 ton tin geproduceerd, het hoogste cijfer in 55 jaar; in 1974 was de produktie weer gedaald tot iets boven 3.000 ton.

Literatuur

Algemeen over zonerings- en paragenese in ertsen: Park, C.F. and MacDiarmid, R.A. (1970): *Ore Deposits*, 2nd. Edition. W.H. Freeman and Company, San Francisco, 522 pp.
Routhier, P. (1963): *Les gisements métallifères*. Masson et Cie., Paris, 1282 pp.
Stanton, R.L. (1972): *Ore Petrology*. McGraw-Hill, New York, 713 pp.
Symposium on Problems of Postmagmatic Ore Deposition, Prague 1963: Geological Survey of Czechoslovakia; Vol. I

edited by J. Kutina (1963), 588 + 219 pp., Vol. II edited by M. Štemprok (1965), 595 pp.

In deze boeken zijn korte samenvattingen van de ertsen uit Cornwall opgenomen.

Over Cornwall:

Brons, J.-H. (1973): *Ertsen. Gea*, Vol. 6, pp. 67-70.
Edmonds, E.A., McKeown, M.C., and Williams, M. (1969): *British Regional Geology, South-West England*, 3rd. edition. Her Majesty's Stationery Office, London, 130 pp.
Hurlbut, C.S. (1973): *Mineralen voor de mens*, Hoofdstuk 18: De mijnen en mineralen van Cornwall. Uitgeverij Contact, Amsterdam, pp. 272-280.

Voor diegenen die willen verzamelen in Cornwall:

Cedric Rogers (1968): *A collector's guide to minerals, rocks and gemstones in Cornwall and Devon*, 49 pp. + aantal kaarten. Te verkrijgen bij D. Bradford Barton Ltd., 18 Frances Street, Truro, Cornwall.

Groei en kristalgroei in de organische natuur

door Dr. H.E. Coomans
Zoölogisch Museum Amsterdam

De kristalgroei in de organische natuur is slechts een onderdeel van de groei van de levende wezens in het algemeen. Het verschil tussen de levende en de levenloze natuur wordt duidelijk gedemonstreerd in de groeiprocessen. In vroeger eeuwen werd de natuur verdeeld in drie natuurrijken: plantenrijk, dierenrijk en het rijk der mineralen. Tegenwoordig spreken we liever over de levende en de niet-levende natuur. Het gebruik van de term "dode natuur" is onjuist, want de levenloze natuur is niet dood. De dood behoort bij het leven, want al wat leeft zal eens sterven. Maar wat levenloos is komt nimmer tot leven, en heeft derhalve ook geen bemoëienis met de dood.

Tussen de organische natuur, zo genoemd omdat de levende wezens zijn opgebouwd uit organen, en de anorganische natuur bestaan een aantal opmerkelijke verschillen en overeenkomsten.

Allereerst valt op dat het aantal verschillende mineralen zeer gering is vergeleken met het aantal plante- en diersoorten. De mineralogie kent ongeveer 2000 soorten mineralen, en dat getal neemt jaarlijks toe met enkele nieuwe soorten. Maar het aantal recente, dus nú levende plant- en diersoorten, overtreft verre de één miljoen, en dagelijks worden er nieuwe soorten aan deze lijst toegevoegd. De levende natuur is derhalve honderden malen rijker aan soorten dan het mineralenrijk, en daarbij hebben we de fossielen nog niet eens meegeteld.

Chemisch gezien zijn de mineralen betrekkelijk eenvoudige verbindingen, ondanks dat ze de beschikking hebben

over het gehele scala van honderd elementen. In de levende natuur treffen we zeer ingewikkelde verbindingen aan, hoofdzakelijk koolstofverbindingen, en naast koolstof (C) worden nog slechts een tiental andere elementen gebruikt, zoals zuurstof (O), waterstof (H), stikstof (N), calcium (Ca), kalium (K), natrium (Na), ijzer (Fe), magnesium (Mg), fosfor (P), mangaan (Mn) en zwavel (S).

De groei bij de mineralen is onzichtbaar omdat ze zo langzaam verloopt. We kunnen de kristalgroei wel waarnemen bij het uitkristalliseren in een oplossing, maar bij de mineralen in de natuur kunt u echt niet wachten op de groei van een kristal. Zelfs het betrekkelijk snel groeien van stalactieten en stalagmieten van CaCO_3 in een druipsteengrot is langzaam te noemen in vergelijking tot de groei van planten en dieren. (Misschien wordt daarom gesproken over een "levende" grot, waarin de druipsteenvorming nog steeds plaats vindt, in tegenstelling tot een "dode" grot waarin dit proces is opgehouden). Nu kunt u tegenwerpen dat de groei bij levende wezens ook niet zichtbaar is, maar wanneer we een jong kind enkele maanden niet gezien hebben dan is onze eerste uitroep "wat ben jij groot geworden". Ook de plantengroei in het voorjaar is onvoorstelbaar snel, hetgeen bezitters van een tuin wekelijks merken bij het gras maaien en onkruid wieden.

Het groeiproces bij de mineralen verloopt min of meer constant, wanneer de omstandigheden zich niet wijzigen; maar bij de levende wezens is er een snelle groei tijdens de jeugd, daarna neemt de groeisnelheid af en ze stopt met het bereiken van de volwassenheid. Kristallen kunnen steeds doorgroeien, theoretisch is er geen grootte-limiet. Maar elk organisme bereikt een zekere grootte, en dan komt de groei tot stilstand.

In een bestaand mineraal treden geen veranderingen meer op (tenzij de uitwendige omstandigheden wijzigen), het blijft constant en altijd bestaan. Maar het levende lichaam verandert steeds, het vernieuwt zich. Ongeveer elke zeven jaar zijn alle cellen van het menselijk lichaam, met uitzondering van de zenuwcellen, vervangen door andere cellen. Maar met deze vernieuwing treedt ook een verandering op: het proces der veroudering, dat bij de mineralen onbekend is. Wanneer u een kennis na tien jaar weer ontmoet dan staat er een geheel ander lichaam voor u, en toch zegt u (gemeend of uit beleefdheid): "je bent niets veranderd". Maar het mineraal in uw collectie is na tien jaar nog precies hetzelfde mineraal, geen molecuul is er veranderd, het kristal blijft constant en het blijft bestaan. Maar het veranderende en ouder wordende organisme blijft niet bestaan, eens zal het moeten sterven, want het levende organisme betaalt de prijs voor dat leven met de dood.

Kristallen groeien in de aarde, en zij blijven ermee verbonden, zij zitten aan hun matrix, het moedergesteente. De organismen kunnen vrij leven op de aarde, zij zijn eraan gebonden zonder ermee verbonden te zijn. Deze ongebondenheid geldt meer voor dieren dan voor planten die in de aarde hun wortels hebben. Natuurlijk zijn er ook sessiele dieren die vastzitten aan een ondergrond (sponsen, koralen, oesters, enz.).

Zowel de levende als de levenloze natuur kent het verschijnsel van de afwijkingen, maar zij zijn tevens een bewijs van het grote verschil tussen leven en levenloos. Immers, de afwijkingen bij de levenloze natuur zijn interessant, iedere verzamelaar toont vol trots de bijzonder gevormde kristallen uit zijn collectie. Bij de levende natuur zijn de afwijkingen echter minder gewenst en vaak funest voor het organisme, zeker als we denken aan de lichamelijke afwijkingen bij de mens.

Tweelingkristallen van mineralen, zoals we ze kennen van fluoriet en gips, of zelfs drielingkristallen van b.v. alexandriet, hebben geen nadelige gevolgen voor het mineraal, maar een Siamese tweeling brengt grote problemen met zich mee. Behalve de tot nu toe besproken verschillen tussen de levende wezens en de mineralen, zijn er ook opmerkelijke overeenkomsten. Op de eerste plaats is dat de eigen vorm die we kennen van planten, dieren en mineralen. Door die bepaalde vorm herkennen wij onze eigen soortgenoten maar ook de andere soorten in de natuur. Ondanks die eigen vorm zijn er toch vormvariëaties mogelijk, zowel bij mineralen als bij de levende wezens. Denken we aan calciet (CaCO_3), een zeer algemeen mineraal, waarvan een groot aantal vormvariëaties bekend

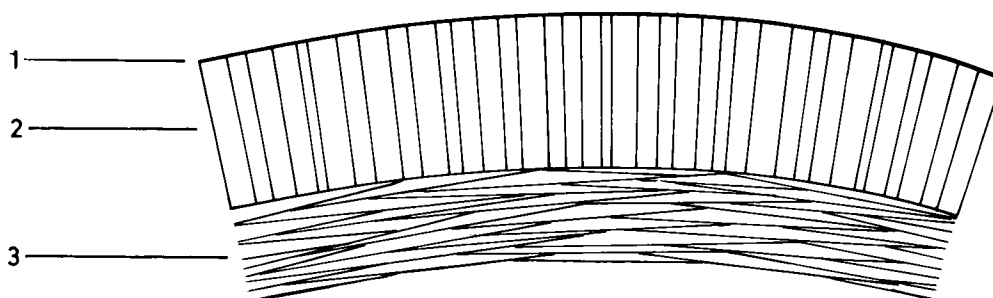
is. Ook de levende natuur kent zijn variabiliteit, het aantal honderassen is daarvan een goed voorbeeld.

Daarnaast hebben we de kleurvariëaties. Bergkristal, amethyst, citrien, rozenkwarts, rookkwarts en morion zijn kleurvariëaties van het mineraal kwarts. Bij korund kennen we o.a. robijn (rood), saffier (blauw) en padparadsja (oranje). Een zeer kleurrijk mineraal is toermalijn met de variëaties achroiet (kleurloos), rubelliet (rood), apyriet (rose), verdeliet (groen), indigoliet (blauw), siberiet (paars) en schorl (zwart). Voor de kleurvariabiliteit bij de levende wezens kunnen we wijzen op de rassen bij de mens en de kleurvariëaties bij tulpen. Het groeiproces verloopt dikwijls schoksgewijs, perioden met snelle groei worden afgewisseld door perioden van langzame groei of groeistilstand. Daardoor kunnen groeistrepen zichtbaar worden, die we als groeizônes in mineralen waarnemen, als jaarringen bij bomen en groeiringen bij schelpen.

We kunnen een mineraal vernietigen door er een harde slag op te geven, zoals een harde slag op een levend organisme de dood ten gevolge heeft. Maar een aantal mineralen zal bij een harde slag niet kapot gaan, zij vallen uiteen in enkele kleine maar gave kristallen van hetzelfde mineraal. Dat zijn de goed splijtbare mineralen, zoals fluoriet en diamant. Zo zijn er ook levende wezens die we kunnen breken zonder ze te vernietigen. De stekken van een plant groeien weer uit tot normale planten; van een in tweeën geknipte worm vormt het voorste deel weer een staartstuk, terwijl aan het achterdeel weer een kop kan groeien. Een in 5 stukken gesneden zeester levert vijf nieuwe zeesterren op. Dit totale regeneratievermogen is alleen bekend van planten en lagere dieren. De hogere dieren zijn slechts in staat tot wondheling: aan de afgehakte poot van een zoogdier groeit een nieuw dier, maar het driepotige restant zal wel herstellen al zal het zijn verdere leven met drie poten moeten doen.

Mineralen worden dikwijls gevormd onder extreme omstandigheden, zoals een zeer hoge temperatuur en een geweldige druk. Deze extreme situaties zijn voor de levende wezens onmogelijk. Eiwitten vormen een belangrijk bestanddeel in het levende organisme, en het is gebleken dat reeds een geringe temperatuursverhoging funest is voor eiwitten. Om deze redenen kunnen de meeste

Fig. 1. Schematische dwarsdoorsnede door de schelp van een weekdier. 1, de dunne buitenlaag, het periostracum; 2, de prismalaag bestaande uit calcietkristallen; 3, de parelmoerlaag bestaande uit dunne plaatjes van aragoniet.



kristallen niet in de organische natuur gevormd worden. Een ander nadeel is dat het transport van stoffen in de organismen plaats vindt in opgeloste toestand. Levende wezens kunnen dus weinig doen met kristallen in vaste vorm. Alleen voor het opslaan van reservevoedsel worden de opgeloste kristallen weer uitgekristalliseerd.

Kristallisatie in levende wezens is vaak de oorzaak van ziektes, zoals aderverkalking. Nierstenen bestaan uit kristallen van calciumoxalaat, calciumfosfaat met calciumcarbonaat, of urinezuur-uraat. Galstenen zijn gevormd uit kristalaggregaten van cholesterol, bilirubine en calciumcarbonaat. Deze vormen van abnormale kristalgroei tonen aan dat de aanwezigheid van kristallen in levende wezens niet altijd gewenst is.

Normale kristalgroei bij organismen vinden we in de vorming van harde delen, die zowel inwendig als uitwendig kan zijn. Inwendige kristalgroei, dus binnen het lichaam, treffen we aan in het skelet van de gewervelde dieren dat voornamelijk bestaat uit calciumfosfaat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), en calciumcarbonaat. Het skelet van steenkoralen bestaat eveneens uit CaCO_3 . Uitwendige kristalgroei, die dus buiten het lichaam plaats vindt, zien we o.a. bij de schelp van weekdieren (slakken, mossels, oesters, enz.). Deze schelp heeft drie lagen (fig. 1), de buitenste laag is dun en gemaakt van een hoornachtige substantie (conchioline), naar binnen toe zijn er twee lagen van CaCO_3 .

Calciumcarbonaat kan kristalliseren in twee verschillende mineralen: calciet en aragoniet. Beide mineralen worden in de schelp aangetroffen. De buitenste kalklaag bestaat meestal uit vele prismavormige kristallen van calciet die naast en tegen elkaar staan (fig. 2). Ze wordt daarom ook de prismalaag genoemd. De binnenste kalklaag van de schelp, die dus tegen het weekdier aan ligt, bestaat uit dunne platen van aragoniet. Deze platen kunnen zo dun zijn dat zij door interferentie van het licht een parelmoerkleur krijgen, deze laag heet derhalve de parelmoerlaag.

De bouw van de schelp geschiedt door de mantel van het weekdier, een dun vlies dat het weke lichaam omgeeft. Het dier neemt uit het milieu kalk op, die dan via de mantel wordt afgezet in de schelp. De weekdieren die in het water leven betrekken de kalk uit het water, de landslakken schrappen de kalk met hun rasptong van het gesteente waarop ze leven. Hieruit volgt dat weekdieren alleen kunnen leven in een milieu waar kalk aanwezig is. In kalkarm water of op een granietrots komen geen weekdieren voor.

Het zal u zijn opgevallen dat calciumcarbonaat nagenoeg het enige mineraal is dat de levende natuur maakt. Dat is niet verwonderlijk als we bedenken dat water voor het leven onmisbaar is, en CaCO_3 is een mineraal dat reeds bij lage temperatuur in water oplost. Ondanks dat in de organische natuur de koolstofchemie de boventoon heeft, zult u in levende wezens nooit een diamantkristal, dat uit zuivere koolstof bestaat, aantreffen.

De grens tussen leven en levenloos is in de 20e eeuw onscherp geworden door de ontdekking van het virus. Virussen zijn ziekteverwekkers bij plant, dier en mens. Zij bestaan niet uit cellen waaruit alle levende wezens zijn opgebouwd. Het zijn ingewikkelde eiwitten die zichzelf kunnen vermeerderen, groeien dus. De wetenschap heeft ze ook uitgekristalliseerd verkregen, dan staat de groei stil, en daarna weer opgelost kan de groei zicht voortzetten. In 1935 werd het tabaksmozaïekvirus voor het eerst als kristal verkregen. Bekende virusziekten zijn griep, pokken, mazelen en hondsdolheid.

Het virus is de schakel tussen mineralogie en biologie. Met het mineraal hebben ze gemeen de bepaalde chemische samenstelling en de kristalvorm. Met de levende wezens hebben ze gemeen dat ze zichzelf kunnen vermeerderen en muteren (veranderen). Toch vormen de virussen geen overgang van levenloos naar het leven, want ze hebben de levende wezens, waarop ze parasiteren, nodig. Maar hun aanwezigheid heeft de grens tussen mineraal en organisme wel vervaagd.

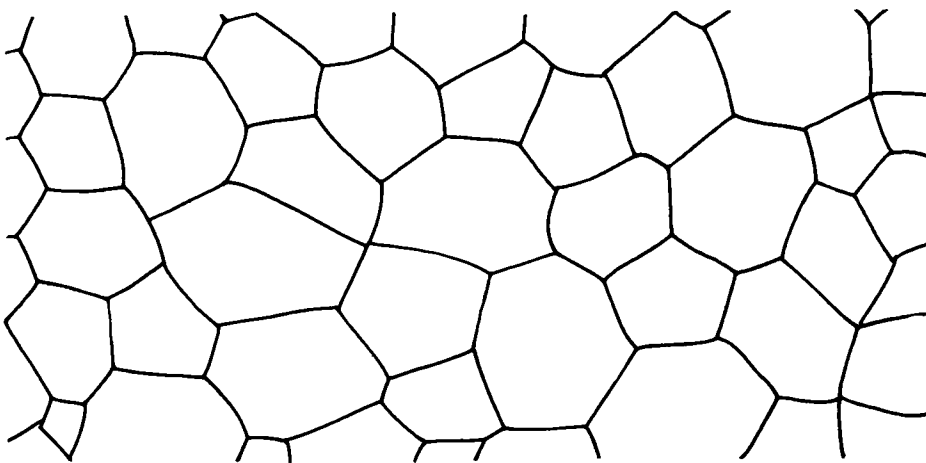


Fig. 2.
Loodrechte doorsnede door de prismalaag van fig. 1, sterker vergroot, zodat de calcietkristallen van boven te zien zijn. (Tekeningen door J. Zaagman).