

Afb. 39. Krab *Coeloma rupeliensis*, met scharen, van boven gezien; 6 x 7,5 cm; gevonden in PMB, verspoeld uit KvB.

Dankbetuiging en verantwoording

Dr. P.A.M. Gaemers en M. van den Bosch worden van harte bedankt voor hun bereidwillige hulp bij het tot stand komen van dit artikel. Drs. S. de Jager verschaftte waardevolle en zeer gewaardeerde gegevens over morfologie en gedrag van recente haaien.

De beschreven vinstanden en andere fossiele resten zijn uit de collectie van de auteur. Ze zijn alle te Kallo gevonden. Het tekenwerk werd uitgevoerd door de schrijver. In enkele gevallen, waar Kallo-materiaal voor een afbeelding

te veel was afgesleten, werd gebruik gemaakt van materiaal uit lokaties in de omgeving van dezelfde ouderdom.

Literatuur

- Bigelow, H.B., & W.C. Schroeder, 1948. Fishes of the western North Atlantic. Sharks. — Memoir Sears Found. Mar. Res., 1 (1).
 Id. 1953. Sawfishes, guitarfishes, skates and rays. — Memoir Sears Found. Mar. Res., 1 (2).
 Bosch, M. van den, 1969. Het Mioceen van Delden. Publ. Natuurh. Gen., 19 (1-2).
 Bosch, M. van den, 1984. Oligocene to recent Cetorhinidae (Vertebrata, Basking Sharks); problematical finds of teeth, dermal scales and gill-rakers. Meded. Werkgr. Tert. Kwart. Geol. 21 (4), p.p. 205-232.
 Ceuster, J. de, 1976. Stratigrafische interpretatie van Jong-Cenozoïsche afzettingen bij Rumst (België, prov. Antwerpen) en beschrijving van de in een post-Mioceen basisgrind aangetroffen vissenfauna; II. Systematische beschrijving en conclusies, Meded. Werkgr. Tert. Kwart. Geol. 13, 119-172.
 Gaemers, P.A.M. en Schwarzahans, 1973. Fisch-Otolithen aus dem Pliozän von Antwerpen (Belgien) und Ouwerkerk (Niederlande) und aus dem Plio-Pleistozän der Westerschelde (Niederlande); Leidse Geologische Mededelingen 49, p.p. 207-257.
 Gaemers, P.A.M., 1975. Enkele paleo-ecologische opmerkingen over de pliocene afzettingen in de tunnelput nabij Kallo, België, provincie Oost-Vlaanderen, deel 1. — Meded. Werkgr. Tert. Kwart. Geol., 12 (1): 25-37. Ib idem, deel 2, 12 (2): 43-49.
 Gaemers, P.A.M., 1983. New Otoliths from the Syltian (late Miocene) of the Morsum Cliff island of Sylt (Fed. Rep. of Germ.) and the Palaeogeography of the North Sea basin during and after the Syltian. — Meded. Werkgr. Tert. Kwart. Geol. 20 (2): p.p. 67-91.
 Herman, J., 1974. Quelques restes de Sélaciens récoltés dans les sables du Kattendijk à Kallo, I. Selachii — Euselachii. — Bull. Soc. belg. Géol., 83 (1): 15-32.
 Leriche, M., 1910. Les poissons Oligocènes de la Belgique; Mém. Mus. roy. Hist. Nat. de Belgique, 20.
 Leriche, M., 1926. Les poissons Néogènes de la Belgique, Mem. Mus. roy. Hist. Nat. de Belgique, 32: p.p. 367-472.
 Romer, A.S. (1970). The vertebrate body, 4th ed.
 Saunders, Philadelphia. In het Nederlands verschenen als De gewervelde dieren I en II, Aula boek 466-467. Het Spectrum Utrecht/Antwerpen, 1971.

Epitaxie

door Drs. E.A.J. Burke
 Instituut voor Aardwetenschappen
 Vrije Universiteit, Amsterdam

Inleiding

Als mineralen onbelemmerd kunnen groeien, vormen zij **kristallen** met hun eigen karakteristieke vorm: idiomorfe of euhedrische kristallen.

Als kristallen tegen elkaar aan groeien, ontstaan er **aggregaten**. Kristallen kunnen dan **willekeurig**, zonder enige ordening, met elkaar vergroeid zijn, of **wetmatig**: de kristallen zijn dan volgens bepaalde richtingen met elkaar vergroeid.

Als de wetmatige vergroeiing bestaat uit kristallen van **eenzelfde** mineraal, dan noemt men de vergroeiing **tweelingen** of veelingen; zijn daarentegen kristallen van **verschillende** mineralen wetmatig met elkaar verbonden, dan spreekt men van **epitaxie** of **syntaxie**.

Tweelingkristallen zijn eerder uitgebreid behandeld in *Gea*, vol. 15, (1982) nr. 4, pag. 116-121.

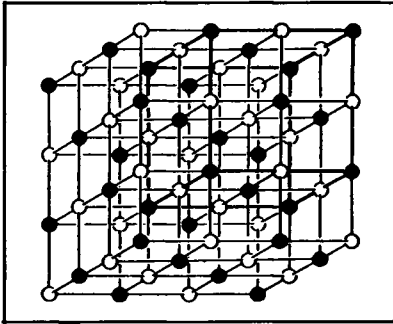
Oorzaken van epitaxie

Mineralen hebben bijna altijd een geordende kristalstructuur: de samenstellende atomen en/of ionen zijn in drie

dimensies regelmatig gestapeld (afb. 1). Deze ordelijke rangschikking is een voorwaarde voor een zo hoog mogelijke stabiliteit van kristallen. In een kristalstructuur worden de atomen en/of ionen in een regelmatige afwisseling omringd door andere atomen en/of ionen. In het geval van ionen (wat bij 90% van de mineralen van toepassing is) omringen tegengesteld geladen ionen elkaar om een zo laag mogelijke potentiële energie te bereiken: afstoting en aantrekking van kationen en anionen, respectievelijk positief en negatief geladen, zijn in evenwicht.

Ionen die zich op de grensvlakken van een kristalstructuur bevinden zijn niet ideaal omringd (afb. 1), en deze ionen vergroten daarom in belangrijke mate de potentiële energie van een kristal. Hogere potentiële energie van een kristalstructuur betekent echter dat de stabiliteit van dit kristal lager wordt. Kristallen streven altijd naar een zo hoog mogelijke stabiliteit, en dat kunnen zij op verschillende manieren doen.

De eerste manier is gewoon groter worden. In grote kristallen is namelijk de verhouding oppervlak/volume lager dan in kleine kristallen: grote kristallen hebben een relatief kleiner oppervlak dan kleine kristallen. Dat betekent dat er zich in grote kristallen relatief minder

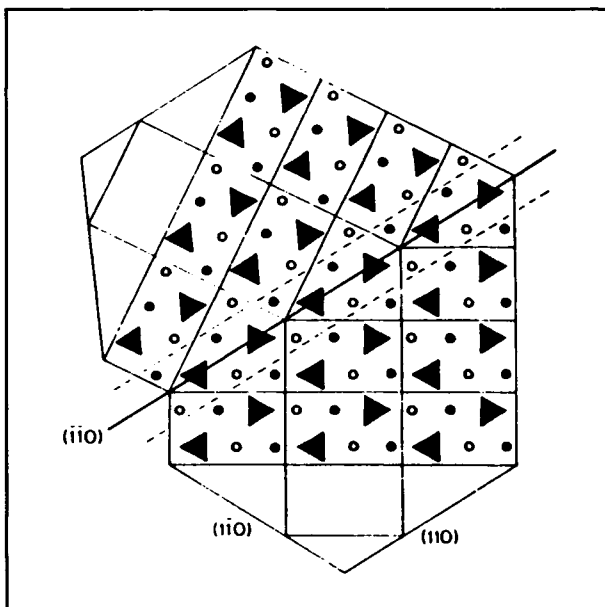


Afb. 1. Een kristalstructuur is een ordelijke rangschikking in drie dimensies van atomen en/of ionen. In de structuur van het mineraal haliet (NaCl) is er een regelmatige afwisseling van positieve natrium-ionen (open cirkels) en negatieve chloor-ionen (zwarte cirkels). In het inwendige van deze structuur is ieder natrium-ion omringd door zes chloor-ionen, en omgekeerd. Op de begrenzingen van een kristalstructuur (vlakken, ribben, punten) ontbreekt de ideale omgeving: de zich daar bevindende ionen hebben een hoge potentiële energie.

ionen aan het oppervlak bevinden dan in kleine kristallen: grote kristallen zijn dus stabiel dan kleine kristallen van hetzelfde mineraal.

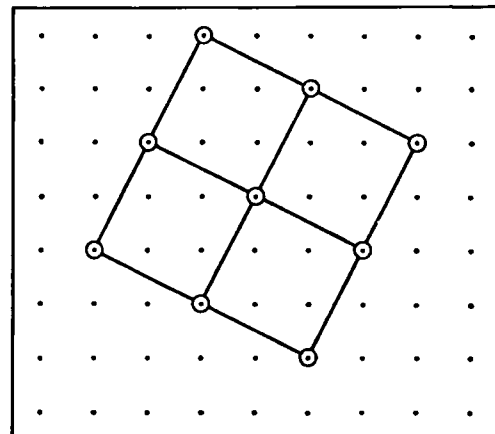
Een tweede mogelijkheid van een kristal om het aantal slecht omringde ionen op de grensvlakken te verkleinen is om te vergroeiën met andere kristallen van hetzelfde mineraal: het oppervlak wordt dan gewoon kleiner. De

Afb. 2. Tweelingkristal van aragoniet (CaCO_3), doorsnede loodrecht op de verticale *c*-as. De kleine open en zwarte cirkeltjes stellen de Ca-atomen in de kristalstructuur voor, en de zwarte driehoekjes de CO_3 -groepen. In de beide gedeelten van de tweeling is er een regelmatige rangschikking van de Ca-atomen en van de CO_3 -groepen. De rangschikking van Ca en CO_3 in het gebied tussen de gestreepte lijnen komt overeen met de rangschikking van ieder van de twee afzonderlijke kristallen. Dit fenomeen kan zich alleen voordoen als de twee individuen onder een welbepaalde, wetmatige hoek met elkaar vergroeiën.

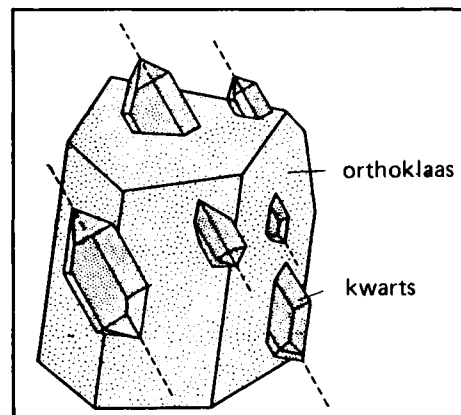


meest voorkomende vergroeiing is uiteraard de willekeurige in een aggregaat. Een vergroeiing die meer bijdraagt aan de stabiliteit van het mineraal is die waarbij de ionen van de afzonderlijke kristallen op het grensvlak toch een ideale omringing krijgen (afb. 2). In een dergelijke vergroeiing (tweelingen of veelingen) wordt de oriëntatie van de twee samenstellende kristallen voorgeschreven door de inwendige rangschikking van de ionen: de vergroeiing is wetmatig, verloopt via welbepaalde richtingen. Lang niet alle mineralen kunnen tweelingen vormen: de interne structuur moet er zich wel voor lenen.

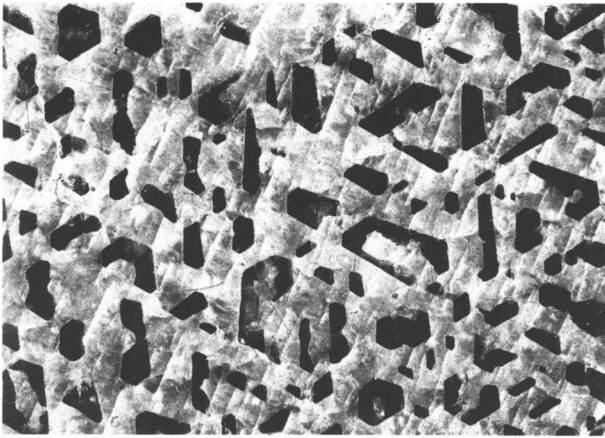
Er is een derde mogelijkheid voor het verkleinen van grensvlakken: een vergroeiing met kristallen van andere mineralen, zowel willekeurig als georiënteerd. Ook hier geeft de laatste manier een grotere stabiliteit. In afb. 3 wordt weergegeven hoe twee verschillende stapelingen van ionen in een bepaalde oriëntatie goed op elkaar passen, zodat in het contactvlak de ideale omringing van ionen groter is dan in afzonderlijke losse kristallen.



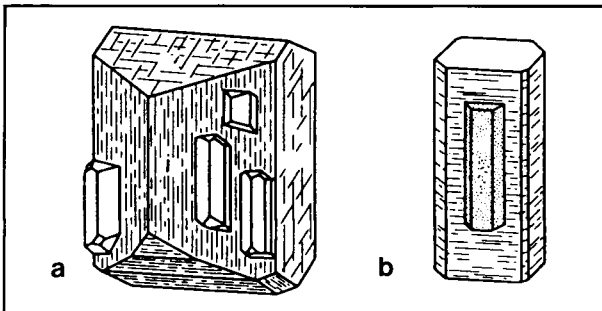
Afb. 3. Twee verschillende kristalstructuren van twee verschillende mineralen kunnen in een bepaalde oriëntatie goed op elkaar aansluiten. In dit voorbeeld zijn twee vierkante roosters getekend. Door de gemeenschappelijke aanhechtingspunten in het contactvlak van de beide mineralen wordt de ideale omringing van de ionen voortgezet.



Afb. 4. Epitaxie van kwarts en orthoklaas in schiftgraniet: de kwartskristallen zijn in één bepaalde richting met orthoklaas vergroeid.



Afb. 5. *Schriftgraniet: georiënteerde vergroeiing van kwarts en kaliveldspaat, nagenoeg loodrecht op het basisvlak van de kwarts kristallen aangezaagd. Herkomst: omgeving Evje (Noorwegen); vergroting circa 2 x.*



Afb. 6. *Epitaxiale vergroeiingen: a. albit op kaliveldspaat; b. stauroliet op kyaniet.*

De georiënteerde vergroeiing van kristallen van twee verschillende mineralen werd voor het eerst in 1817 door Germar beschreven: de wetmatige vergroeiing tussen stauroliet en kyaniet (distheen). Thans zijn er honderden, zo niet duizenden voorbeelden van dergelijke energetisch voordelige vergroeiingen bekend.

Epitaxie en syntaxie

Er is enige verwarring, ook in de wetenschappelijke literatuur, omtrent het gebruik van beide termen. De term **epitaxie** is ingevoerd door Royer, die daarmee in 1928 een vergroeiing aanduidde van twee kristallen van verschillende mineralen, en wel een vergroeiing van het ene kristal **op** het andere: het woord epitaxie is afgeleid van de Griekse woorden **epi** = op, en **taxis** = rangschikking. In de oorspronkelijke omschrijving is epitaxie dus een **twee**-dimensionale vergroeiing: twee kristallen hebben slechts één grensvlak gemeenschappelijk.

De term **syntaxie** is afkomstig van Ungemach, die daarmee in 1935 een **drie**-dimensionale, ruimtelijke vergroeiing van twee polymorfe mineralen bedoelde (dus twee mineralen met dezelfde chemische samenstelling). Het Griekse woord **syn** betekent samen, met elkaar.

De beide termen epitaxie en syntaxie zijn later in meer uitgebreide zin gebruikt. In 1949 beschreven Trillat & Laloef hoe men kunstmatige sneeuw of regen kon maken door kristalletjes van zilverjodide (AgI) in wolken te verspreiden; zij gebruikten voor het fenomeen van de vorming van ijskristallen op AgI het woord epitaxie, terwijl het in werkelijkheid een driedimensionale vergroeiing is. De term syntaxie werd in 1953 door Donnay & Donnay ook voor driedimensionaal georiënteerde vergroeiingen van chemisch verschillende stoffen ingevoerd.

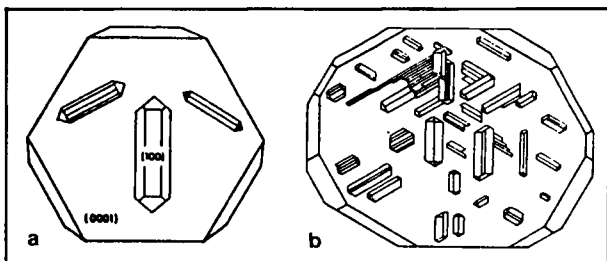
Tegenwoordig neigt men ernaar om alle georiënteerde vergroeiingen van verschillende mineralen onder de naam epitaxie samen te vatten.

Enige voorbeelden

De qua hoeveelheid meest voorkomende epitaxiale vergroeiing is waarschijnlijk die tussen veldspaat en kwarts in **schriftgraniet**. In afb. 4 is weergegeven hoe in deze vergroeiing alle kwartskristallen met onderling evenwijdige lange assen in een bepaalde richting liggen van een kristal van orthoklaas (een kali-veldspaat). In een doorsnede van een dergelijke vergroeiing (afb. 5), loodrecht op de lange as van de kwartskristallen, ziet men de zeshoekige omtrek van de kwartskristallen, en dan is het ook duidelijk waarom men deze vergroeiing met de naam schriftgraniet aanduidt.

Afb. 7. *Epitaxie van kyaniet (lichtblauw) en stauroliet (bruin) in paragonietschist. Herkomst: Pizzo Forno, Tessin, Zw.; lengte: circa 20 mm.*





Afb. 8. Epitaxie van rutiel op hematiet. a. De 0-0 afstand van de (100)-vlakken van rutiel komt overeen met de 0-0 afstand in drie richtingen van het (0001)-vlak van hematiet. b. Benadering van de werkelijkheid: in die drie richtingen groeien talloze kleine rutielkristalletjes.

Orthoklaas vormt ook epitaxiale vergroeiingen met de Na-veldspaat albiet (afb. 6a). De eerder als primeur genoemde vergroeiing van stauroliet en kyaniet is in afb. 6b weergegeven; beroemde handstukken van deze fraaie en kleurige vergroeiing komen van Pizzo Forno in Tessin (afb. 7).

Wat minder bekende epitaxiale vergroeiingen zijn: xenotiem op zirkoon; amfibool op pyroxeen; biotiet op augiet.

Bij de voorplaat

Een van de meest bekende epitaxiale vergroeiingen is die tussen de mineralen hematiet (Fe_2O_3) en rutiel (TiO_2), met name die van het Cavadri-dal in Tujetsch/Tavetsch (Graubünden, Zwitserland).

In de Alpen komt hematiet vaak voor als platte, plaatvormige, zeshoekige kristallen. In drie richtingen van het grote (0001)-vlak is de afstand tussen twee zuurstof-ionen in de interne structuur van hematiet $2,9 \text{ \AA}$. De afstand tussen twee zuurstof-ionen in het (100)-vlak in de richting van de lange as van rutiel-kristallen is praktisch gelijk: $2,96 \text{ \AA}$. Omwille van een grotere stabiliteit groeien er dus rutielkristallen in drie richtingen op het basisvlak van hematiet (afb. 8a en b, voorplaat).

De combinatie van de complexe georiënteerde vergroeiing en het opvallende kleurcontrast tussen de zwartglanzende hematiet en de bloedrode rutiel maakt van deze epitaxie een gewild verzamelaarsobject.

Titanium en titaanmineralen

door drs. W.R. Moorer

Uit de vereniging van hemelgod Uranus en van Gea, Moeder Aarde, groeide het geslacht der Titanen: verrukkelijke en machtige wezens, die Gea zouden voorzien van rivieren, bergen en zeeën in geordende wetmatigheid. Na ernstige conflicten met vader Uranus, die zich verminkt en ontsteld afwendde, werd de wereldheerschappij overgenomen door de jongste der Titanen. Deze werd op zijn beurt verdrongen door zijn jongste zoon, Zeus. Maar toen Zeus zich had genesteld op de Olympus, zich omringde met goden, en de Titanen alle macht ontnam, ontbrandde een geweldige strijd tussen de Olympiërs en de Titanen. De verbitterde maar ongelijke strijd (de Olympiërs kregen steun van de verschrikkelijke Cyclopen) werd tijdelijk beslecht toen de Titanen de onderwereld in werden gejaagd: "zo diep in de aarde, als de afstand bedraagt die een aambeeld aflegt dat na negen dagen vallen eerst op de tiende dag aankomt". Aldus, zeer verkort, de Griekse mythologie over de Titanenstrijd.

Gregor en Klaproth

De Engelse geestelijke William Gregor was ook actief als amateur-mineraloog. Omstreeks het jaar 1791 was hij bezig met de bestudering van een zwart mineraal, afkomstig uit het Menaccan- of Menachin-dal, Cornwall. Hij meende daarin een tot dan toe onbekend metaaloxide te hebben gevonden en noemde het nieuwe metaal naar de vindplaats: "menachine". Het bewuste mineraal werd later beschreven als ilmeniet.

De befaamde apotheker, chemicus en mineraloog Martin Heinrich Klaproth onderzocht een roodachtig mineraal

(dat later rutiel bleek te zijn) en besloot – in 1795 – dat het mineraal een oxide moest zijn van een tot dan toe nog niet beschreven metaal. Hij noemde dit metaal "titanium". Het waarom van die naam was, volgens Klaproth zelf, een negatieve: "Omdat zich, gezien de eigenschappen van het nieuwe metaal, geen typische naam laat vinden houd ik het voor het beste een benaming uit te zoeken die op zich niets zegt. En daarom dus ook niet tot een onjuist begrip aanleiding kan geven. De naam van de nieuwe metallische substantie wil ik daarom, net zoals bij uranium, ontleen aan de mythologie, en wel aan de oerzonen der aarde: de Titanen."

Hoewel in 1797 bleek dat Gregors menachine en Klaproths titanium identiek waren, werd de naam titanium ingevoerd. Pas in 1887 werd een redelijk zuiver preparaat van titanium bereid. Het pure metaal kent men pas sinds 1910.

Voorkomen

Titanium is aanwezig in de zon en de sterren waarin het via de analyse van het uitgestraalde licht (spectroscopie) kan worden aangetoond. Ook meteorieten bevatten titanium. Diegenen die denken dat titanium een zeldzaam of exotisch metaal is moeten bedenken dat de aardkorst in feite zeer veel titanium bevat. De meest voorkomende gesteenten bevatten, in de vorm van vooral de mineralen rutiel, ilmeniet en titaniet, ongeveer 0,5% titanium. De aardkorst-als-geheel 0,58! ; waarmee titanium de negende plaats inneemt op de ranglijst van elementen in de aardkorst. Het is dus werkelijk **een algemeen voorkomend**