

# Bijzondere mineralen toegelicht

## Deel 2: Epitaxie \*)

door Erik Vercammen  
erikvercammen49@gmail.com

Mineralen komen dikwijls samen voor, naast en op elkaar gegroeid, maar af en toe zijn ze op een wetmatige manier samengegroeid. Aan dat verschijnsel is dit artikel gewijd.

### Over epitaxie

Combinaties van mineralen kunnen heel mooi zijn, bijvoorbeeld glasachtig blinkende kwarts met ernaast zwart-metalige wolframiet, of een handstuk met kristallen van donkerbruine sfaleriet en daarop goudgele chalkopyrietjes. In het bijzonder onder een spotlamp kunnen sommige mineralen geweldig glanzen en spiegelen, op het verblindende af. Maar af en toe valt er iets bijzonders waar te nemen bij de laatstgenoemde combinatie: een groot aantal kristalletjes spiegelt tegelijk en niet elk afzonderlijk, zoals dat gewoonlijk het geval is. Dat betekent dat al die kristallen gelijk georiënteerd moeten zijn, want anders is het onmogelijk dat zij tegelijk spiegelen. Die evenwijdige groei is er niet zomaar gekomen, maar wel omdat de gezamenlijk oplichtende kristalletjes van chalkopyriet allemaal gegroeid zijn op hetzelfde onderliggende kristal van sfaleriet. Door overeenkomsten in de interne structuur van beide mineralen groeien de kristalletjes van chalkopyriet allemaal in dezelfde richtingen ten opzichte van het sfalerietkristal. Door deze gelijke oriëntatie wordt een optimale stabiliteit bereikt.

Het verschijnsel waarbij twee mineralen op een wetmatige manier met elkaar vergroeid zijn, heet epitaxie (epi = op; taxis = rangschikking). Deze georiënteerde vergroeiing wordt veroorzaakt door overeenkomsten in (ten minste een deel van) hun kristalstructuur. Bij sfaleriet en chalkopyriet werkt dit als volgt: Sfaleriet heeft als formule  $ZnS$  (zinksulfide); het kristalliseert in het kubische stelsel. Chalkopyriet heeft als formule  $CuFeS_2$  (koperijzerdisulfide), wat vergeleken kan worden met  $ZnZnS_2$ . De structuur daarvan is dezelfde als die van sfaleriet, maar de plaats van elk zinkatoom wordt afwisselend ingenomen door een ijzer- en een koperatoom.

Dat maakt dat chalkopyriet tot het tetragonale stelsel behoort; de basisstructuur blijft echter wel dezelfde en daardoor kunnen de kristallen vergroeiën op een geordende, wetmatige wijze. Het kan daarbij gaan om grote sfaleriet met vele kleine chalkopyrietjes erop gegroeid zoals hier beschre-



A. Kristalletjes van chalkopyriet op sfaleriet, Tri-State District, VS.

ven, maar ook kan het een dik kristal van chalkopyriet zijn met daarop een 'mantel' van epitaxiale sfaleriet. In al deze gevallen is de wetmatige vergroeiing te herkennen aan het gelijktijdig weerspiegelen van licht door de vlakken van de opgegroeide mineraalkristallen en soms zelfs van beide betreffende mineralen. Afb. A.

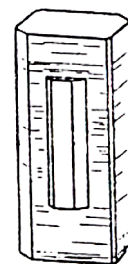
Een andere groep mineralen waarvan de structuur erg lijkt op die van sfaleriet zijn de 'vaaltesen', een groep van kubische mineralen die hoofdzakelijk koper, zilver, zwavel en arseen of antimoon bevatten. Het hoeft dan ook niet te verbazen dat er epitaxie kan optreden met zowel sfaleriet als chalkopyriet.

### Stauroliet op kyaniet

In de metamorfe gesteenten op de Pizzo Forno in het Zwitserse kanton Ticino is een ander klassiek voorbeeld van epitaxie te vinden. Het is de klassieke vindplaats van blauwe, plaatvormige kristallen van kyaniet, die daar mooi afsteken tegen het bleke moedergesteente. Tussen de kyaniet zit ook roodbruine stauroliet, die daarbij altijd staafvormige monokristallen vormt. (Dit is in tegenstelling tot de meeste andere voorkomens van stauroliet, waar dit mineraal optreedt als kruisvormige tweelingen. Dit heeft geleid tot de naam, die 'kruis-steen' betekent.) Maar op de Pizzo Forno zijn vaak vergroeiingen van stauroliet op kyaniet te vinden, die nog geaccentueerd worden door de kleurencombinatie. Een eigen vondst daarvan is echt een aanwinst voor een mineralenverzameling (zie afb. B en C).



B. Stauroliet (bruin) en kyaniet, grootste combinatie 20 mm, Pizzi Forno, Zwitserland.

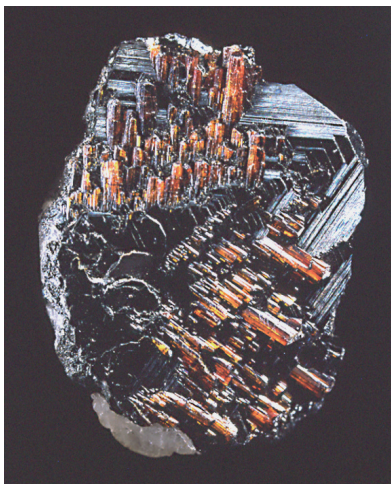


C. Stauroliet op kyaniet.

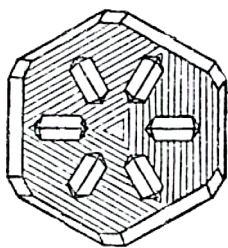
### Rutiel op hematiet en ilmeniet

Een ander klassiek voorbeeld van epitaxie in Zwitserland is in de Cavradi-schlucht in Graubunden, ten westen van Tavetsch. In alpiene spleten in de schist komt daar hematiet voor, een ijzeroxide ( $Fe_2O_3$ ) met een zwarte kleur en metaalglans. Het vormt op deze locatie geen hematietrozen, maar wel dikke plaatjes tot enkele centimeters groot met meestal een driezijdige streping. Plat daarop gegroeid zitten roodbruine, gestreepte naaldjes van rutiel, het titaniumoxide  $TiO_2$ .

In overeenstemming met de driezijdige symmetrie van de hematietkristallen zijn die rutielkristalletjes in drie richtingen georiënteerd, die  $120^\circ$  van elkaar verschillen. Specimens van deze vindplaats zijn grote klassiekers, zowel van mineralen uit de Alpen als van epitaxie. Ze staan afgebeeld in bijna alle handboeken over mineralen. Afb. D en E.



D. Bruine rutielkristallen op hematiet, 12 x 15 mm, Cavradi-schlucht, Zwitserland.



E. Rutiel op hematiet.

In Brazilië, rond Novo Horizonte in de deelstaat Bahia, komen ook dergelijke hematietkristallen met epitaxiale rutiel voor. De rutielkristallen zijn er veel talrijker maar ook dunne en ze hebben hier een strogele kleur. Soms steken ze zelfs buiten de hematiet uit, wat een heel speciaal beeld oplevert. Regelmatig wordt dit materiaal op beurzen aangeboden. Veel minder bekend is dat dezelfde verschijningsvorm ook in Noorwegen voorkomt. Afb. F. Van het mineraal ilmeniet ( $\text{FeTiO}_3$ ) is de kristalstructuur weliswaar niet helemaal dezelfde als die van hematiet, maar toch wel nauw verwant. Het ligt dus voor de hand dat ook op ilmeniet epitaxie van rutiel kan optreden en dat gebeurt in de natuur



F. Gele rutiel-naalden op hematiet, beeldbr. 7 mm, Oppland, Noorwegen.

inderdaad. Maar er is nog een ander interessant verschijnsel mogelijk: indien ilmeniet na de vorming opnieuw aan heet water blootgesteld wordt, kan het titanium hierdoor selectief uit de kristalstructuur verdwijnen; het kristal wordt zodoende omgezet in hematiet terwijl het titanium rutielnaaldjes op het hematietkristal zal vormen. Uit Zambia, met name uit het Mwinilunga District in het noordwesten, komen hiervan prachtige specimens voor tot meer dan tien centimeter groot bij slechts een centimeter dik. Waarschijnlijk is heel wat hematiet met epitaxiaal gegroeide rutiel op deze wijze gevormd en waarschijnlijk kan dit ook gebeuren bij sterk titaniumhoudende hematiet.

### Rutiel met korund

Het mineraal korund heeft dezelfde structuur als hematiet, maar aluminium neemt daarbij de plaats van ijzer in. Het hoeft daarom niet te verbazen dat er korundkristallen gevonden worden met daarop naaldjes van hematiet gegroeid. Maar het kan zelfs nog mooier: bij hoge temperatuur kan titanium opgenomen worden in de structuur van een groeiend korundkristal. Bij afkoeling is dat echter niet stabiel. Het titaanoxide zal ontmengen: d.w.z. zich afzonderen van de korundstructuur en rutielnaaldjes vormen. Door de structuur van korund kunnen die ingesloten naaldjes alleen

in drie bepaalde kristallografische richtingen groeien, weer  $120^\circ$  gedraaid ten opzichte van elkaar. Als nu een dergelijk korundkristal geslepen wordt als een halve bol, loodrecht op het vlak van die rutielnaaldjes, dan zal er op die naaldjes licht weerkaatsen zodat er een zesstralige ster oplicht.

Dit komt met name voor bij robijn, de door chroom donkerrode variant van korund. Zo'n steen heet een sterrobijn. Deze georiënteerde ontmenging wordt asterisme genoemd. Ook in blaadjes van mica (of kleurloze glimmer) kunnen bij afkoeling naaldjes van rutiel ontstaan die in bepaalde richtingen georiënteerd zijn.

### Albiet op mikroklien

Ook in de veldspatengroep treedt veelvuldig epitaxie op, zowel tussen de veldspaten onderling als met kwarts. Dat is vooral het geval bij grote kristallen van de kaliveldspaat mikroklien, die gevormd worden bij vrij lage temperatuur ( $< 500^\circ\text{C}$ ) in pegmatieten. Die kristallen zijn gewoonlijk rozig tot bruinachtig (zeldzaam ook blauwig groen bij de variëteit 'amazoniet'). In heel wat gevallen zijn daarop kleine witte plaatjes gegroeid: kristalletjes van de natriumveldspaat albiet. Die staan niet willekeurig maar wel epitaxiaal, zoals te zien is door het gezamenlijk spiegelen. Afb. G. Daarbij is de albiet dikwijls alleen op sommige vlakken van het mikroklienkristal gegroeid, wat het belang van de kristalstructuur aantoont.

G. Albiet op mikroklien, New Mexico, VS.

### Schriftgraniet

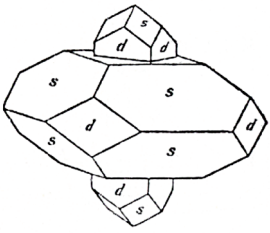
Kaliveldspaat kan ook een epitaxie vormen met kwarts: dat gebeurt in een laat stadium van de stolling van een pegmatitisch magma, waarin de grondstoffen voor beide mineralen nog aanwezig zijn. Bij een bepaalde temperatuur en druk kristalliseren die tegelijk uit; de kwartskristallen oriënteren zich daarbij in bepaalde richtingen van het omringende mikroklienkristal. Dikwijls is de kwarts skeletachtig gegroeid: in een doorgebroken stuk van een dergelijk gesteente zijn dan allerlei vreemde tekens van kwarts te zien. Die doen soms aan runen of Hebreeuwse schrifttekens denken, vandaar de naam 'schriftgraniet' voor deze vergroeiing. Afb. H, hier met amazoniet en kwarts. In holtes van zo'n pegmatiet groeien soms goedgevormde kwartskristallen evenwijdig uit de veldspaat.

### Voorbeelden uit de literatuur

Dolomiet is een trigonaal mineraal met de formule  $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$ .



H. Schriftgraniet: kwarts op mikroklien (variëteit amazoniet), bb 64 mm, Tørdal, Noorwegen.



I. Xenotiem op zirkoon.

In de literatuur is een hele lijst van mineralen te vinden die epitaxiaal op dolomietkristallen kunnen groeien, zoals de nauw ermee verwante trigonale carbonaten sideriet, rhodochrosiet, calciet en smithsoniet, maar ook de silicaten chloriet en antigoriet.

Epitaxie is ook bij de zeolieten-groep een veel voorkomend verschijnsel. Die mineralen hebben

een open silicaatstructuur, die is opgebouwd uit moleculen in de vorm van ringen, kanalen en kooien. Verschillende leden van die groep hebben één of meer van die 'bouwelementen' gemeen en er is dus gemakkelijk aanleiding tot wetmatige vergroeiing: ofretiet en het verwante eryoniet op levyn; natroliet - mesoliet - skoleziet. Maar dikwijls is epitaxie bij deze mineralen moeilijk waar te nemen: ze zijn allemaal wit tot kleurloos, de vergroeiing kan op een heel fijne schaal zijn, en ook is het later gevormde mineraal soms volledig over en rond het eerste gegroeid zodat dit niet zichtbaar is.

In de mineralogische literatuur wordt, naast de epitaxie van rutiel op hematiet en stauroliet op kyaniet, als klassiek voorbeeld ook altijd verwezen naar de epitaxie van xenotiem op zirkoon (afb. I). Het eerste mineraal is een fosfaat en het tweede een silicaat, zodat epitaxie hier niet voor de hand ligt. Maar vergelijking van de formules toont de gelijkenis:  $YPO_4$  tegenover  $ZrSiO_4$ ; ook zijn ze beide tetragonaal en hebben ze dezelfde vorm.

Nog een speciaal geval uit de literatuur is de epitaxie van markasiet op pyriet. Deze mineralen delen de formule  $FeS_2$  maar pyriet is kubisch en markasiet is orthorhombisch. Op elk vlak van een pyrietkubus is een tweelingkristal van markasiet gegroeid, in V-vorm. Die tweelingen zijn telkens anders georiënteerd, overeenkomstig de streping van die kubusvlakken.

### Zoek in eigen verzameling!

Er zijn nog veel meer voorbeelden van epitaxie en mogelijk zijn die zelfs in uw eigen verzameling te vinden. Als een aantal opgegroeide kristallen tegelijk spiegelt, is de kans op epitaxie erg groot. Afb. J toont titaniëtkristallen op een amfibool. Zie ook de voorplaat van dit nummer met epitaxie van nefelien op hematiet uit de vulkanische Eifel.

In mijn verzameling heb ik ook een paar gevallen van epitaxie gevonden:

- carrolliet op chalkosien, allebei mineralen met koper en zwavel;
- masutomiliet op (waarschijnlijk) muskoviet: dit zijn allebei glimmers, die eenzelfde (of heel erg gelijkende) silicaatstructuur hebben;
- pseudoboleiet op boleiet: allebei ingewikkelde chlorides met o.a. koper en lood. Op de vlakken van een boleietkubus zijn platte kristallen van pseudoboleiet gegroeid, met inspruingen evenwijdig aan de ribben van de kubus. Zie voor een foto [www.mindat.org/photo-516962.html](http://www.mindat.org/photo-516962.html).

Tot slot nog dit: van epitaxie is sprake als het twee duidelijk onderscheiden mineralen betreft. Er bestaan ook gezoneerde kristallen, bijvoorbeeld bij de toermalijnen, waarbij ijzer geleidelijk vervangen wordt door magnesium, zodat de zwarte schor geleidelijk overgaat in de bruine draviet. Dit is niet te beschouwen als epitaxie. Ook ontmengde kristallen vallen niet onder epitaxie.

\*) Deel 1 verscheen in *Gea*, december 2014

Foto's: Afb. A, G: Erik Ver-cammen; afb. B, D, F, H: Piet Stemvers; afb. J en de voorplaat: Fred Kruijen

### Bronnen:

- Epitaxie, door E.A.J. Burke, *Gea* 1985, nr. 4.
- Website [www.mindat.org](http://www.mindat.org).
- Eigen verzameling en waarnemingen.
- Afbeeldingen van kristallen uit de DVD gemaakt door Mindat van de 'Atlas der Krystallformen' door Victor Goldschmidt.



J. Titaniëtkristallen op amfibool, 2,2 mm hoog, Wannenköpfe, Eifel, D.