



# Onder de loep - voor jong en nieuw!

## 38 Polymorfe mineralen

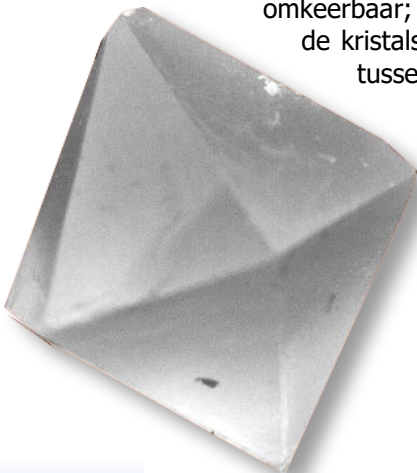
Paul Tambuyser

In een eerdere 'onder de loep' (Geonieuws 47(6) 146-148) vertelden we dat de atomen waaruit een mineraal bestaat, gerangschikt zijn volgens een bepaald ordelijk patroon; de kristalstructuur. Hoe die kristalstructuur in mekaar zit hangt van heel wat factoren af en de structuur die tijdens de kristallisatie ontstaat moet wel stabiel zijn. Nu is in sommige gevallen meer dan één stabiele kristalstructuur mogelijk. Wanneer een element of chemische verbinding in meer dan één kristalstructuur kan voorkomen, spreken we van **polymorfisme**. De respectievelijke mineralen noemen we **polymorfen**. Zo zijn diamant en grafiet **polymorfe vormen** van koolstof (C) en pyriet en marcasiet polymorfe vormen van ijzersulfide (FeS<sub>2</sub>). Enkele bekende voorbeelden van polymorfen zijn samengevat in volgende tabel.

chemische formule	polymorfe mineralen
C	diamant, grafiet
FeS <sub>2</sub>	pyriet, marcasiet
TiO <sub>2</sub>	rutil, anataas, brookiet
CaCO <sub>3</sub>	calciet, aragoniet
Al <sub>2</sub> SiO <sub>5</sub>	kyaniet, andalusiet, sillimaniet

Wanneer een element of chemische verbinding het potentieel heeft om meerdere polymorfen te vormen, betekent dit dat er verschillende mogelijke rangschikkingen van de samenstellende atomen zijn die een vergelijkbare stabiliteit hebben. Afhankelijk van de omstandigheden waaronder een mineraal wordt gevormd (temperatuur, druk, aanwezigheid van onzuiverheden, enz.), zal de polymorf ontstaan die in de betreffende omstandigheden het meest stabiel is. Dit neemt niet weg dat polymorfen toch soms op eenzelfde specimen kunnen voorkomen, bijvoorbeeld wanneer ze op verschillende tijdstippen onder verschillende omstandigheden ontstaan zijn. Dat zien we weleens op specimens waarop we zowel rutil- als anataaskristallen (polymorfen van TiO<sub>2</sub>) aantreffen.

Bij verandering van temperatuur en/of druk kan de ene polymorfe vorm in de andere overgaan. Zo zijn er bijvoorbeeld  $\alpha$ - en  $\beta$ -kwarts (alfa- en beta-kwarts, twee polymorfen van SiO<sub>2</sub>) waarbij  $\alpha$ -kwarts, de kamertemperatuurvorm van kwarts, bij 573° C overgaat in  $\beta$ -kwarts. Deze overgang is overigens omkeerbaar;  $\beta$ -kwarts ontstaat in vulkanische gesteenten maar bij afkoeling wordt de kristalstructuur van  $\beta$ -kwarts omgezet in  $\alpha$ -kwarts.  $\beta$ -kwarts is enkel stabiel tussen 573° en 870°C en komt in verzamelingen dus nooit voor.  $\alpha$ -kwarts noemen we gemakkelijkschwege gewoon kwarts.



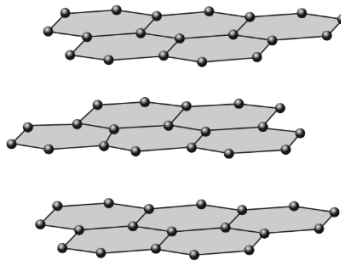
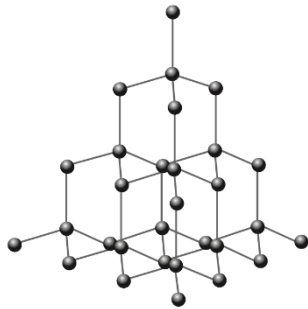
← Een dipyramidiaal 'kristal' van  $\alpha$ -kwarts pseudomorf na  $\beta$ -kwarts. Afkomstig van Dalnegorsk, Rusland. De vorm van het kristal is bewaard gebleven, maar de structuur is die van  $\alpha$ -kwarts. Foto © Throwin' Stones, USA.



'Onder de loep' verschijnt regelmatig in Geonieuws, en is vooral bedoeld voor jonge en minder jonge newbies. De beste manier om veel bij te leren is lid worden van de MKA: [www.minerant.org/MKA/lidworden.html](http://www.minerant.org/MKA/lidworden.html)

Nu lijkt de kristalstructuur van  $\beta$ -kwarts sterk op die van  $\alpha$ -kwarts, maar dan met een hogere symmetrie en ook de kristalmorfologie en de fysische kenmerken van beide polymorfen ontlopen elkaar niet erg veel. Maar bij sommige polymorfen kan het verschil in kristalstructuur tot drastische verschillen in hun eigenschappen leiden.

Het bekendste voorbeeld hebben we bij diamant en grafiet. Beide mineralen bestaan uit koolstof, maar ze hebben verschillende kristalstructuren. Diamant dat ontstaat bij hoge druk en hoge temperatuur heeft een compacte structuur waarbij de koolstofatomen door krachtige covalente bindingen bijeen worden gehouden. Bij grafiet is de structuur echter opgebouwd uit lagen koolstofatomen die via covalente bindingen met elkaar zijn verbonden terwijl de lagen zelf door de veel zwakkere van der Waals-krachten worden bijeengehouden.



←  
Structuur van diamant (links) en die van grafiet (rechts).

→  
Een paar opmerkelijke verschillen tussen diamant en grafiet

DIAMANT	GRAFJET
het hardste mineraal	een van de zachtste mineralen
meestal doorzichtig	ondoorzichtig
kleurloos met allerlei tinten	zwart
prijs gemiddeld 40 000 000 €/kg	prijs gemiddeld 1 €/kg
productie 35 ton/jaar	productie 1 000 000 ton/jaar

Die verschillen in kristalstructuur leiden tot sterke verschillen in hun eigenschappen. Zo is diamant met een hardheid 10 op de schaal van Mohs het hardste mineraal dat we kennen en heeft grafiet een hardheid van slechts 1,5. Iets gelijkaardigs geldt voor de dichtheid (diamant  $3,5 \text{ g/cm}^3$  versus grafiet  $2,2 \text{ g/cm}^3$ ) om van het uitzicht van beide mineralen maar te zwijgen. Gelukkig is diamant ook bij kamertemperatuur metastabiel wat betekent dat het enkel onder toevoeging van extra energie terug in grafiet kan worden omgezet. Met onze diamanten juwelen zit het dus wel goed.

De term polymorfisme komt van het Grieks πολυ ('poly', veel) en μορφή ('morphè', vorm) en in dit opzicht is de term misschien wel wat ongelukkig gekozen. Polymorfen kunnen inderdaad verschillende kristalvormen hebben, maar dat is niet altijd zo en het is dus ook geen noodzakelijke voorwaarde.

In het verleden maakte men ook nog gebruik van termen zoals **dimorfisme** en **trimorfisme** naargelang er 2 (di) of 3 (tri) polymorfen van een element of verbinding bekend waren. Zo was het gebruikelijk om diamant en grafiet dimorfe vormen van koolstof te noemen, maar ondertussen zijn er nog andere polymorfe vormen van koolstof, chaoiet en lonsdaleiet ontdekt en is dimorfisme dus achterhaald. Klassiek zijn ook rutiel, anatasaas en brookiet als trimorfe vormen van  $\text{TiO}_2$  maar inmiddels zijn er nog enkele andere polymorfen van  $\text{TiO}_2$  ontdekt (akaogiet, riesiet). Kortom de benamingen dimorf en trimorf zijn naar mijn gevoel achterhaald en overbodig want polymorf dekt de hele lading. Chemici kennen ook nog de term **allotropie** die verwijst naar chemische elementen die in meer dan één kristalstructuur kristalliseren; in feite niets anders dan polymorfisme bij elementen.

Tenslotte is er nog **polytypisme** een speciaal geval van polymorfisme. **Polytypen** zijn mineralen waarvan de kristalstructuren kunnen beschouwd worden als opgebouwd uit een opeenstapeling van lagen met een vrijwel identieke structuur en die enkel van elkaar verschillen in hun stapelvolgorde. Het is dus niet verwonderlijk dat we in lagenstructuren zoals bij de phyllosilicaten nogal wat polytypen tegenkomen. Polytypen van een mineraal worden niet als aparte mineraalsoorten gezien, maar als



'Onder de loep' verschijnt regelmatig in Geonieuws, en is vooral bedoeld voor jonge en minder jonge newbies. De beste manier om veel bij te leren is lid worden van de MKA: [www.minerant.org/MKA/lidworden.html](http://www.minerant.org/MKA/lidworden.html)

structurele varianten van één mineraal. In de mineralogie gebruikt men een speciale nomenclatuur voor deze varianten; zie daarvoor het paragraaf 'achtervoegsels voor structurele varianten' in de uitgebreide tekst van Ernst Burke over mineraalnamen met achtervoegsels in Geonieuws 44(6) 151-156.

## Dankwoord

We zijn dank verschuldigd aan Jordi Fabre, Harold Moritz, Paul Mestrom, Max Merlo en Gianfranco Ciccolini voor hun suggesties en foto's.

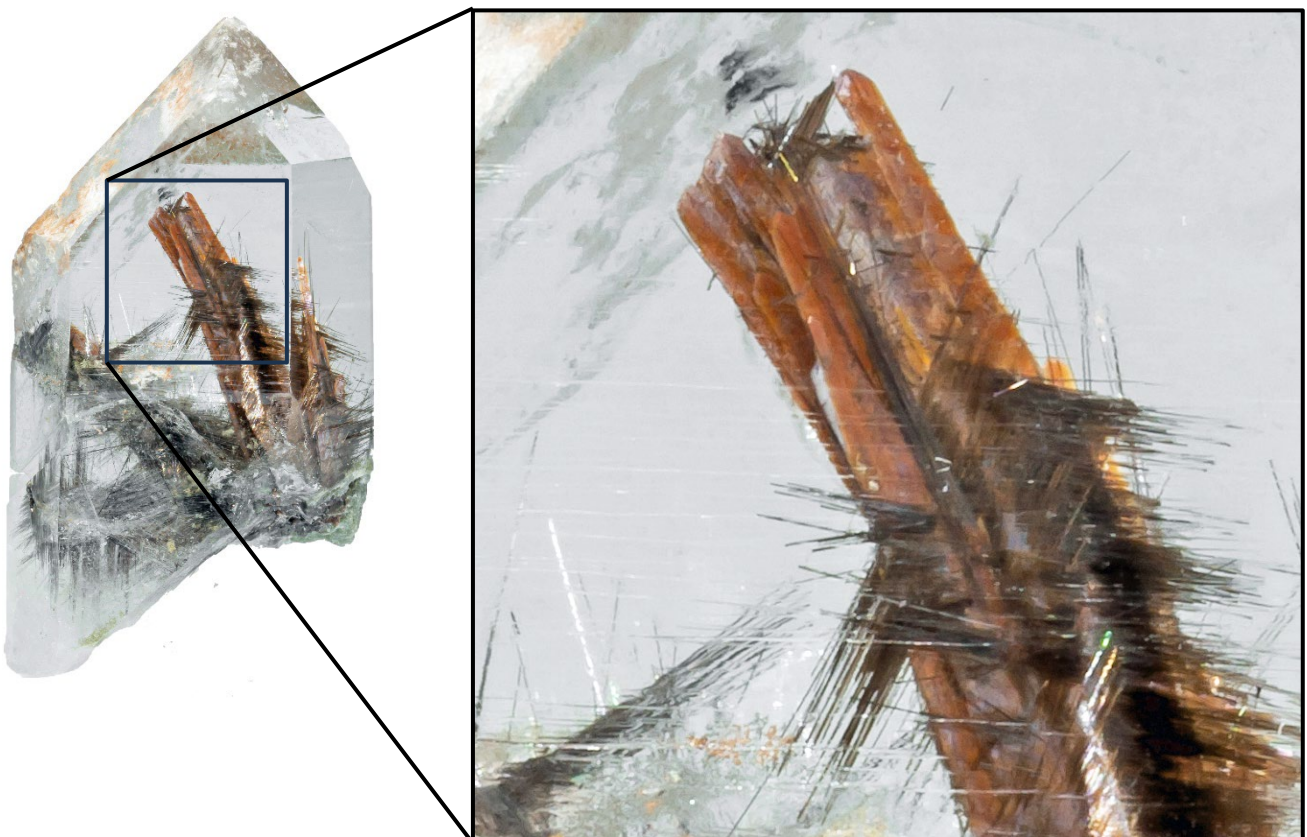
We owe sincere thanks to Jordi Fabre, Harold Moritz, Paul Mestrom, Max Merlo and Gianfranco Ciccolini for their suggestions and photos.

## Literatuur

Burke, E. (2019), 'Mineraalnamen met achtervoegsels: Levinson modifiers en andere suffixen', Geonieuws 44(6), 151-156.

**Dacht je dat verschillende polymorfen niet op één specimen konden voorkomen?  
Dan heb je met deze bijdrage alvast geleerd dat dat een misvatting is.**

## Enkele spectaculaire voorbeelden...



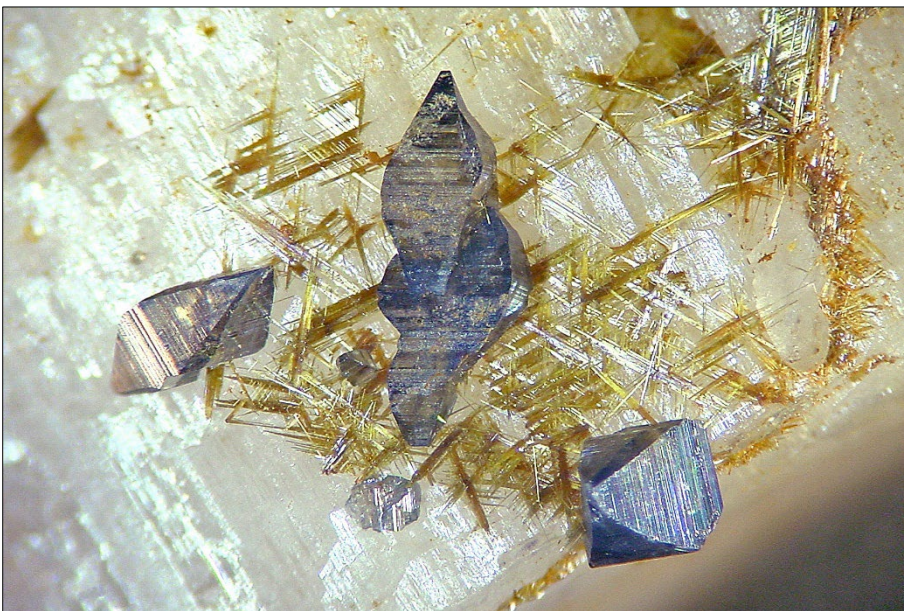
*Erg uitgerokken oranjebruine brookietkristallen met epigenetische naaldvormige rutielkristallen, het geheel ingesloten in een helder kwarskristal. Taftan, Chagal district, Bolochistan, Pakistan. Afmetingen kwarskristal: 44 X 27 X 19 mm. Verzameling en foto © #MVM (Minerals - Virtual Museum).*



**'Onder de loep' verschijnt regelmatig in Geonieuws, en is vooral bedoeld voor jonge en minder jonge newbies. De beste manier om veel bij te leren is lid worden van de MKA: [www.minerant.org/MKA/lidworden.html](http://www.minerant.org/MKA/lidworden.html)**



*Een sateetje van anataas gespiest op een rutiel-stokje. Lärcheltini, Binntal, Wallis, Zwitserland. BB 0.5 mm. Verzameling en foto © Paul Mestrom.*



*Anataas-XX en rutiel-XX, twee polymorfen op één specimen. Kriegalptal, Binntal, Wallis, Zwitserland. BB 1.5 mm. Verzameling Erik Vercaammen; foto © Paul Mestrom.*



*Drie voor de prijs van één: liefst 3 polymorfen van  $TiO_2$  op eenzelfde specimen: zwarte anataas-XX, oranjebruine brookiet-XX en naaldvormige rutiel-XX. Cava di Meitre, Bussoleno, Bassa Valle di Susa, Torino, Piemonte, Italië. BB 2.5 mm. Verzameling en foto © Gianfranco Ciccolini .*



**'Onder de loep' verschijnt regelmatig in Geonieuws, en is vooral bedoeld voor jonge en minder jonge newbies. De beste manier om veel bij te leren is lid worden van de MKA: [www.minerant.org/MKA/lidworden.html](http://www.minerant.org/MKA/lidworden.html)**