

Alpiene kwartskristallen: kristalgroei en morfologie

door Paul Tambuysen

uit: GEA 1984, vol. 17, nr. 1

Inleiding

Spreekt men als mineralenverzamelaar over de Alpen, dan denkt men onvermijdelijk aan bergkristal. Alpiene kwartskristalgroepen zijn de pronkstukken van vele verzamelingen. Hoe die mooie kristallen ontstaan, is het onderwerp van deze korte uiteenzetting.

Tot ver na de Middeleeuwen, tot rond 1700, dacht men dat bergkristal niets anders was dan ijs dat zo fel was bevroren dat het onmogelijk nog kon ontdooien. Deze veronderstelling stamt uit de klassieke oudheid; de Grieken gaven aan kwarts de naam "krystallos", wat "ijs" betekent en de Romein Plinius schreef dat bergkristal ontstond uit zuivere sneeuw.

We weten ondertussen al lang dat kwarts niets anders is dan vrij zuiver SiO_2 (siliciumdioxide), dat in de Alpen o.a. in holten in het gesteente voorkomt. Deze holten noemt men rekspleten (in de Duitstalige literatuur spreekt men van "Zerrkluff" of kortweg "Kluff"). Zo'n rekspleet is schematisch voorgesteld in afb. 1.

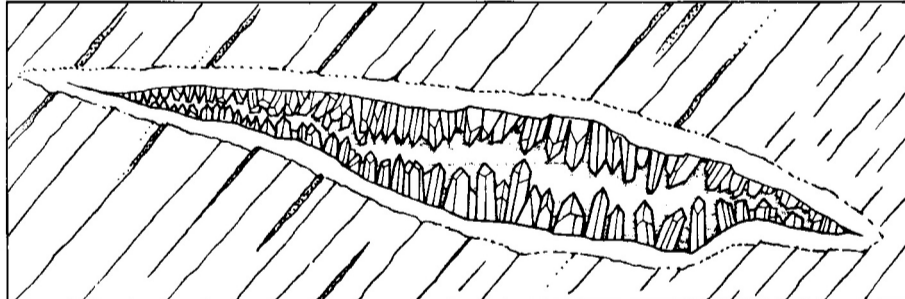
Alpiene rekspleten

Rekspleten zijn ontstaan in de eindfase van de Alpiene orogenese en zijn geologisch gezien dan ook vrij jonge afzettingen. Radiometrische ouderdomsbepalingen aan rekspleetmineralen zoals biotiet, muscoviet en adulaar geven ouderdommen in de grootte-orde van 18 tot 12 miljoen jaar.

Mineraalhoudende spleten komen niet regelmatig verspreid over de Alpen voor. Meestal wisselen mineraalrijke en mineraalarme gebieden elkaar af. De mineraalrijke gebieden zijn zones die op het einde van de Alpiene gebergtevorming een drukontlasting ondervonden en daardoor opgestuwd werden. Diep in het gebergte ontstonden scheuren die zich langzaam tot grote spleten openden.

Afhankelijk van het gesteente namen deze rekspleten bepaalde vormen aan. Meestal bestaat de rekspleet uit twee licht gebogen vlakken die in het algemeen bijna loodrecht op de gelaagdheid van het metamorfe gesteente

Afb. 1. Schematische voorstelling van een Alpiene rekspleet (naar C.M. Gramaccioli, 1978).

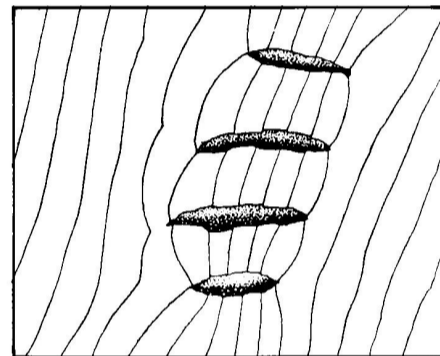


staan (afb. 2). In de autochtone massieven met verticale gelaagdheid liggen deze spleten dan ook min of meer horizontaal. In het Penninisch gebied liggen ze daarentegen vrijwel verticaal. De afmetingen van de Alpiene rekspleten lopen sterk uiteen en kunnen variëren van enkele cm tot meer dan 20 meter lengte.

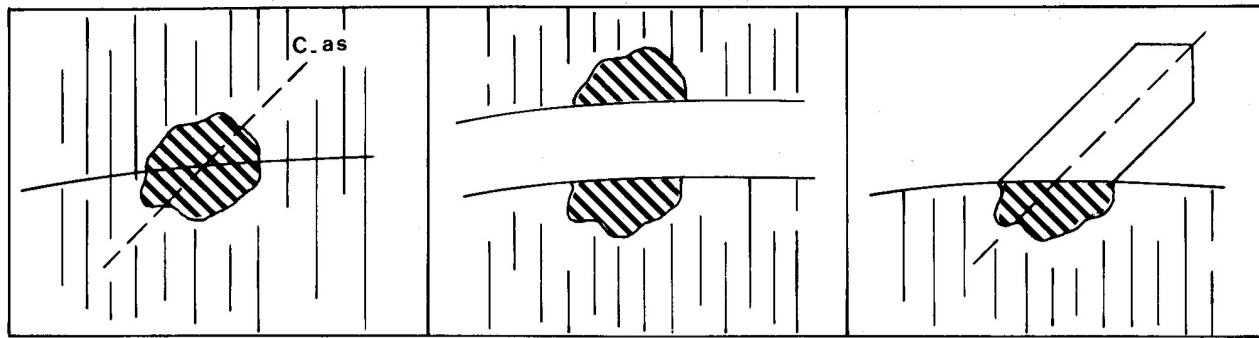
Tijdens het openscheuren van de rekspleet werd deze gevuld met hydrothermale oplossingen. Resten van deze oplossingen vindt men nu nog als, meestal microscopische, vloeistofinsluitels in kwartskristallen. Aan de hand van chemische analyses van die vloeistof kon aangetoond worden dat het hier gaat om waterige oplossingen die NaCl, KCl, opgeloste silicaten en CO_2 bevatten. Het CO_2 kan men onder de microscoop meestal als gasbelletjes in de vloeistofinsluitels waarnemen. De temperatuur van de hydrothermale oplossingen moet aanvankelijk rond de $300\text{-}500^\circ\text{C}$ gelegen hebben en dat bij een druk tussen 2 en 3 kbar (1 kbar = 1000 bar, 1 bar = ± 1 atm.).

Deze hydrothermale vloeistof reageerde met het nevengeesteente, met als gevolg dat bepaalde mineralen selectief in oplossing gingen. In de onmiddellijke nabijheid van een rekspleet is het gesteente meestal lichter van kleur, het is poreuzer en bevat minder kwarts.

Naarmate het gesteente opgestuwd werd, nam de druk af en daalde de temperatuur. Uit de op dat ogenblik verzadigde oplossingen begonnen mineralen, en in het bijzonder kwarts, uit te kristalliseren.



Afb. 2. Een stel rekspleten, met hun vlakken loodrecht op de verticale gelaagdheid van het gesteente (naar C.M. Gramaccioli, 1978).



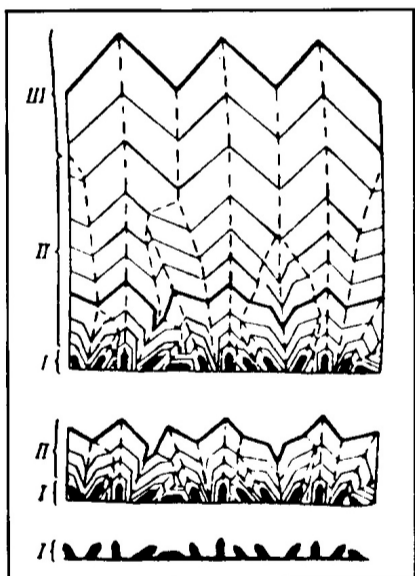
Afb. 3. Een kwartskorreltje in het nevengesteente doet dienst als kristalkiem. Het groeiende kristal volgt de oorspronkelijke oriëntatie van het kwartskorreltje.

Nucleatie en groei van Alpiene kwarts kristallen

Wanneer een oplossing oververzadigd wordt, dan ontstaan er kristalkiemen die door stoftoevoer tot macroscopische kristallen aangroeien. In de Alpiene rekspleten was deze spontane kiemvorming eerder een zeldzaam verschijnsel; de in de rekspleetwand aanwezige kwartskorreltjes fungeerden in dit geval als kristalkiemen. Dit heeft tot gevolg dat de groeiende kwarts kristallen de oriëntatie van de in het gesteente aanwezige kwartskorrels overnemen (afb. 3). Nu zijn die kwartskorrels preferentieel georiënteerd in het nevengesteente, namelijk met hun c-as (dit is tevens de snelste groeirichting van kwarts kristallen) vrijwel evenwijdig aan het rekspleetoppervlak. Met andere woorden: slechts een beperkt aantal kwarts kristallen, die de in het gesteente aanwezige kwartskorrels als kiem hebben, ligt met de c-as (dus met de lengterichting) min of meer loodrecht op het rekspleetoppervlak.

De in beginsel microscopische kristalletjes groeien verder tot ze tegen elkaar aangroeien. Bij een verdere groei blijven alleen die kristallen over, waarvan de snelste groeirichting vrijwel loodrecht op het groeioppervlak ligt.

Afb. 4. Stadia van geometrische selectie bij kwarts kristallen met willekeuriggeoriënteerde kiemen (naar Grigoriev, 1965). Opm.: bij de hier beschreven Alpiene kwartsen is de oriëntatie niet willekeurig.



Voor kristallen waarvan de kiemen willekeurig georiënteerd zijn, leidt dit tot een situatie zoals schematisch in afb. 4 is voorgesteld. Men noemt deze wetmatigheid het principe der geometrische selectie. Aangezien bij de Alpiene rekspleten meestal slechts een beperkt aantal kwarts kristalkiemen met hun c-as bijna loodrecht op het spleetoppervlak ligt, zijn er maar een beperkt aantal kristallen die de geometrische selectie overleven. Deze groeien dan ook uit tot vrij grote kristallen. Vandaar het grote verschil tussen de Alpiene kwarts kristal groepen met hun mooie, grote kristallen en de kwartsgroepen van vindplaatsen als bv. Idar Oberstein, die uit kleinere, aan elkaar aansluitende kristallen bestaan en die in totaal andere omstandigheden gevormd zijn.

Voornaamste kristalvormen van Alpiene kwartsen

De Alpiene kwarts kristal groepen met hun meestal grote, los van elkaar ontwikkelde kristallen leveren interessante voorbeelden van de kristalvormen van dit mineraal. Kwarts (of om precies te zijn: alfa-kwarts of laag-kwarts) behoort tot de trigonaal trapezoëdrische kristal klasse.

Deze klasse wordt gekenmerkt door een drietallige, verticale c-as met loodrecht daarop drie polaire tweetallige a-assen, waarvan de positieve uiteinden hoeken van 120° met elkaar vormen (afb. 5 en 6). Omdat een symmetriecentrum en symmetrievlakken ontbreken, komen in deze kristal klasse enantiomorfe kristallen voor. Dit betekent dat er zogenoemde rechtsdraaiende en linksdraaiende kristallen voorkomen die elkaars spiegelbeeld zijn. Deze "rechtse" en "linkse" kristallen kan men gemakkelijk herkennen aan de ligging van bepaalde vlakken aan het kristal. In de natuur komt evenveel rechts- als links-kwarts voor.

De voornaamste kristalvormen van Alpiene kwarts zijn:

hexagonaal prisma

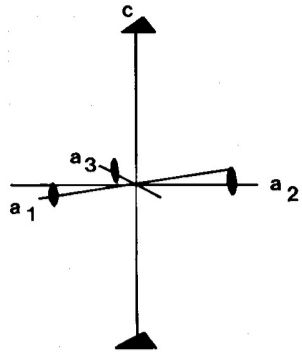
Het hexagonaal prisma, $\{10\bar{1}0\}$, symbool m, is de dominante vorm bij Alpiene kwarts (afb. 7). Deze vlakken zijn niet alleen sterk ontwikkeld maar, op uitzonderingen na, altijd aanwezig. Veelal komt typische striatie (de "streping") loodrecht op de c-as voor. Zie afb. 7a en de voorplaat.

hoofdrhomboëdervlakken

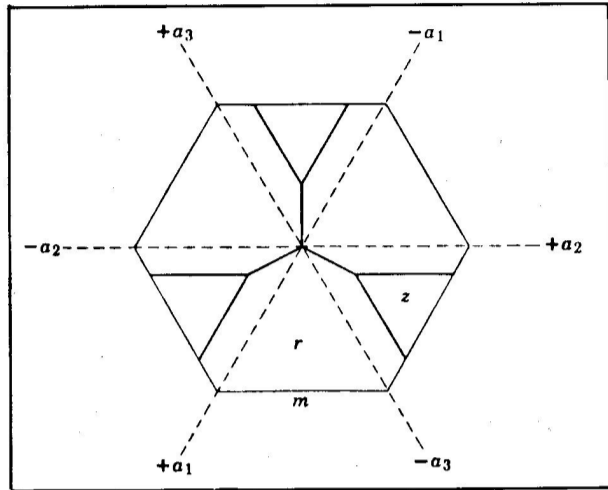
Deze vlakken vormen de "punt" van het kristal (afb. 7a). Men onderscheidt positieve en negatieve hoofdrhomboëdervlakken:

positief $\{10\bar{1}1\}$ symbool r
negatief $\{01\bar{1}1\}$ symbool z

Gewoonlijk is de positieve rhomboëder r groter dan de negatieve z (afb. 7b), en deze laatste kan soms geheel ontbreken (afb. 7c).



Afb. 5. De symmetrie-elementen van kwarts: één drietalige en drie tweetallige assen.



Afb. 6. De ligging van een kwarskristal to. v. de kristallografische assen van afb. 5 (naar C. Frondel, 1962).

Dikwijls glanzen de positieve rhomboëdervlakken sterker dan de negatieve omdat de laatstgenoemde minder weerstand bieden aan etsende oplossingen, die soms na de kristalgroei in de rekspleet terecht komen.

steile rhomboëdervlakken

Diverse steile rhomboëdervlakken kunnen voorkomen tussen hoofdrhomboëdervlakken en prismavlakken (afb. 8 en voorplaat!) De meest voorkomende steile rhomboëders bij Alpiene kwartsen zijn: M, T (tau) en Φ (fi) (positief) en $-M$, $-T$ en $-\Phi$ (negatief).

Steile rhomboëders zijn meestal erg smal en soms als striatie op de prismavlakken aanwezig.

dipyramidevlakken

De dipyramide(of bipyramide-)vlakjes komen tussen de hoofdrhomboëdervlakken en prismavlakken voor en hebben meestal de vorm van een parallellogram. Men onderscheidt rechtse $\{11\bar{2}1\}$, s', en linkse $\{2\bar{1}\bar{1}1\}$, s, dipyramidevlakjes, die te herkennen zijn aan hun ligging to.v. het vlak r: s' ligt rechts onder r, 's daarentegen links onder (afb. 9).

Aan de hand van deze dipyramidevlakjes kan men rechtse en linkse kwarskristallen onderscheiden. Dikwijls hebben s-vlakjes een striatie evenwijdig aan r. Deze striatie laat identificatie van de rhomboëders r en z toe wanneer deze

even groot ontwikkeld zijn; de striatie wijst altijd naar de negatieve rhomboëder (z).

trapezoëdervlakken

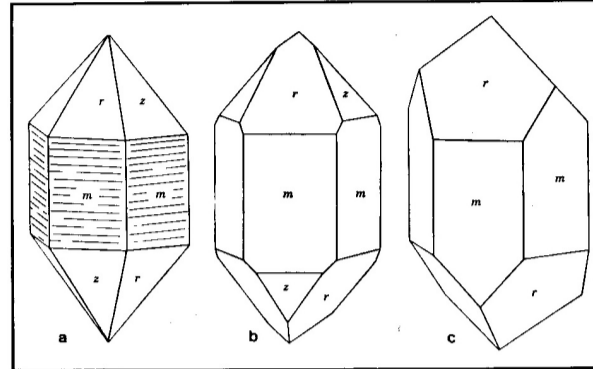
Er komen zowel positieve als negatieve, rechtse als linkse trapezoëdervlakken voor.

Negatieve vormen zijn zeldzaam. De trapezoëdervlakken knotten de prismavlakken af en raken de rhomboëdervlakken zoals weergegeven in afb. 10. De voornaamste vorm is: x' (positief rechts); x (positief links).

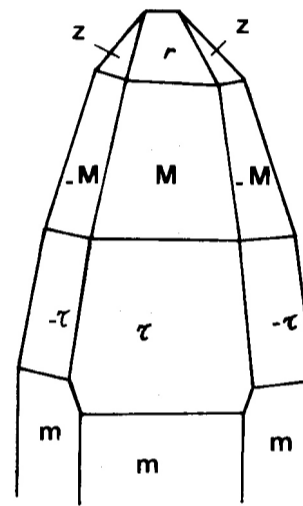
Andere, minder frekwente, positieve vormen zijn u' en 'u, y' en 'y.

De aanwezigheid van trapezoëdervlakjes laat toe, rechtse en linkse kwarskristallen met zekerheid te identificeren.

In een rechts kristal liggen de trapezoëdervlakjes steeds rechts onder de positieve hoofdrhomboëdervlakken r, in een links kristal liggen ze links onder r (afb. 10).



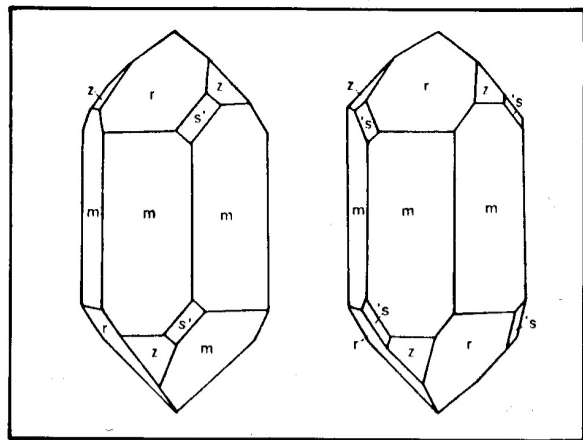
Afb. 7. Eenvoudige kwarskristallen. Het linker exemplaar vertoont "streping" (naar C. F. Frondel, 1962).



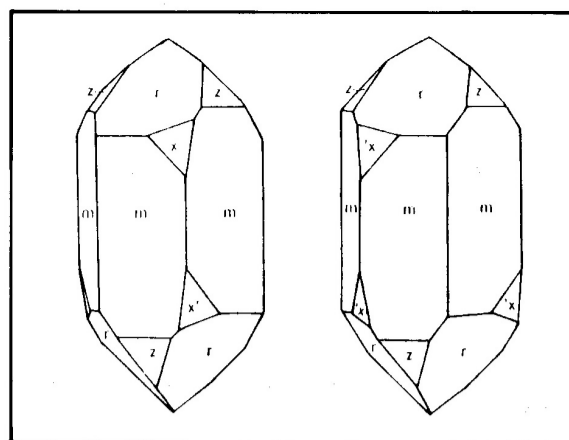
Afb. 8. Kwarskristal met steile rhomboëdervlakken (naar Rykart, 1977).

Vormingsomstandigheden en morfologie

De vormingsomstandigheden van Alpiene kwartsen hebben een belangrijke invloed op de morfologie van deze kristallen. In de vorige paragraaf werden de voornaamste vormen reeds besproken. Andere morfologische kenmer-



Afb. 9. Rechtse en linkse kwarts kristallen met dipyramidevlakjes (naar Rykart, 1977).



Afb. 10. Rechts en links kwarts kristal met trapezoëdervlakken (naar Rykart, 1977).

ken zoals het samen voorkomen van een aantal kristalvormen in een kristal (de combinatie van vormen) en de relatieve ontwikkeling van de verschillende kristalvormen (de habitus) worden door de groeiomstandigheden beïnvloed.

Deze **invloeden van chemische en fysische aard** worden hier in het kort behandeld.

De chemische samenstelling van het nevengeesteente is de meest bepalende factor voor de mineraalinhoud van een rekspleet. Niet alleen het aandeel van kwarts, maar tevens het voorkomen van andere mineralen wordt erdoor bepaald. De invloed van de chemische samenstelling van het nevengeesteente op de morfologie van de kwarts kristallen is onduidelijk.

De chemische samenstelling van de primaire hydrothermale oplossing heeft eveneens een bepalende invloed op de paragenese. Zo zal bijvoorbeeld bij lage CO₂-partieeldruk, het mineraal calciet als enige carbonaat in de rekspleet uitkristalliseren terwijl bij hogere CO₂-partieeldrukken tevens dolomiet-ankeriet en sideriet-magnesium gevormd kunnen worden.

Niet alleen de paragenese, maar tevens de morfologie van de kwarts kristallen wordt door de samenstelling van de hydrothermale oplossing bepaald. Zo werd aangetoond dat zich bij hoge CO₂-partieeldrukken slechts eenvoudige kwarts kristallen ontwikkelden waarbij dipyramide- en trapezoëdervlakken volkomen ontbreken.

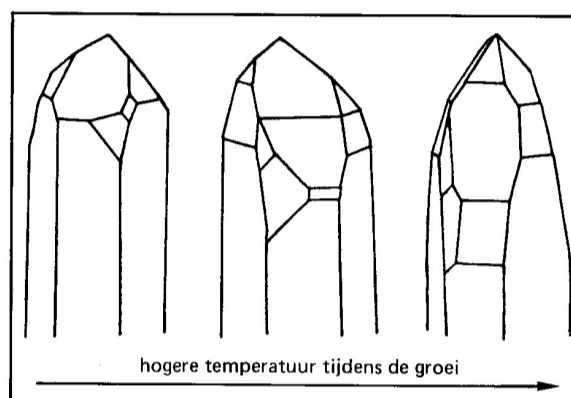
Een ander voorbeeld is de relatie tussen de morfologie van skeletkristallen ("vensterkwartsen") en het methaangehalte in hun insluitels.

Een belangrijke habitusbepalende factor is de vormings-temperatuur. De prismatische habitus van Alpiene kwarts hangt samen met relatief lagere vormingstemperaturen terwijl bij hogere temperaturen de steilrhomboëdrische habitus de bovenhand krijgt.

In de Zwitserse Alpen spreekt men in plaats van steilrhomboëdrische habitus ook van Tessiner of Penninische habitus (dit in verband met het gebied van hun voorkomen). Het spreekt voor zich dat tussen prismatische en de steilrhomboëdrische habitus een aantal overgangstypen bestaan (afb. 11). Een kwarts kristal met Tessiner habitus is op de voorplaat afgebeeld.

Vermeldenswaard is de invloed van de zwaartekracht op de morfologie van kwarts kristallen en in het bijzonder op de relatieve afmetingen van hoofdrhomboëder-, dipyrami-

de- en trapezoëder vlakken. Afwijkingen in de relatieve afmetingen van deze vlakken doen zich voor bij kristallen waarvan de c-as tijdens de groei horizontaal lag. In dit geval zijn de lager gelegen vlakken sterker ontwikkeld, met andere woorden: de groeisnelheid van die vlakken was trager dan die van de bovengelige vlakken.*) Dit wordt geïllustreerd in afb. 12. Een mogelijke oorzaak voor deze

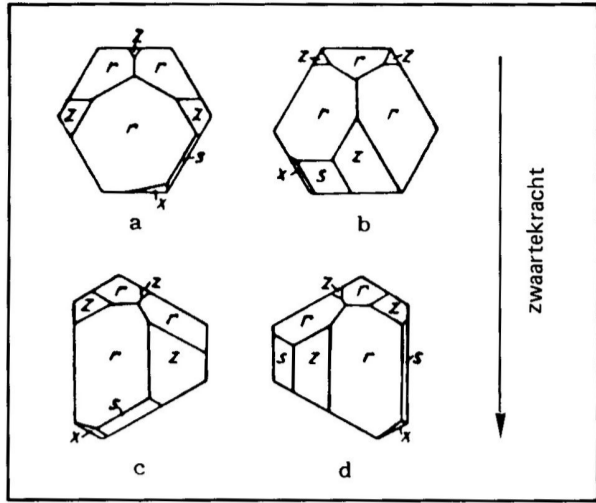


Afb. 11. Overgang van prismatische naar steilrhomboëdrische habitus bij Alpiene kwarts kristallen (naar Rykart, 1977).

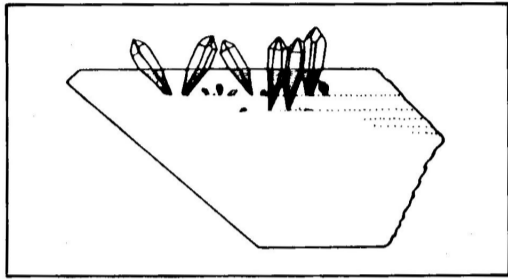
vervorming is de ongelijke stoftoevoer aan boven- en onderkant van het kristal, door densiteitstroming ontstaan. Een andere invloed van de zwaartekracht is de sedimentatie van vreemde mineralen op het groeiende kwarts kristal.

Aangezien sedimentatie alleen optreedt op de vlakken die tijdens de groei boven liggen, kan men achteraf de oorspronkelijke ligging van een kristalgroep reconstrueren. Omdat de oriëntatie van rekspleten na hun ontstaan nog

*) Langzaam groeiende kristalvlakken groeien ten koste van sneller groeiende vlakken. Snelgroeiende vlakken worden in een latere groeifase kleiner en kunnen op den duur verdwijnen. Als een vlak groot is, betekent dit, dat het langzaam is gegroeid.



Afb. 12. Ongelijke topvlakkenontwikkeling bij met horizontale c-as ontwikkelde kwarts kristallen (naar Grigoriev, 1965).



Afb. 13. Vorming van tweede generatie-kwarts kristallen op een gastkristal.

kan veranderen, is het mogelijk om aan de hand van bovengenoemde verschijnselen de oorspronkelijke orientatie te bepalen. Men zegt in dit verband dat de kwarts kristallen dienst doen als "mineralogisch schietlood".
Kwarts korrels of -splinters die op een groeiend kwartskris-

tal vallen, kunnen fungeren als kristalkiemen en aanleiding geven tot de vorming van een tweede generatie kwarts kristallen op het gastkristal (afb. 13).

Een belangrijke morfologiebepalende factor is **de openingsnelheid van de rekspleet zelf**.

Rekspleten waarvan de openingsnelheid trager was dan de groeisnelheid van de kwarts kristallen zijn gevuld met parallelvezelige of stengelige aggregaten van dit mineraal. De kristallografische orientatie van de zuiltjes of vezels wordt bepaald door de orientatie van de kristalkiemen (= kwarts korrels in het nevestigesteente). Geometrische selectie treedt niet op; de wanden van de rekspleten waren immers de groeibegrenzende factor.

Meestal begon de kristallisatie pas na het openen van de rekspleet. De kristallen groeiden dan in een vrije ruimte zoals in een van de eerste paragrafen is beschreven. Maar ook in dit geval was het openen van de rekspleet meestal nog niet voltooid. Vele kwarts kristallen vertonen dan ook de sporen van deze bewegingen tijdens hun, eerder gestoorde, groei.

Vermeld dienen onder andere:

- het voorkomen van gebroken kristallen;
- het optreden van scheuren die tijdens verdere groei "geheeld" werden;
- het voorkomen van afgebroken kristallen waarvan het breukvlak verder groeide;
- kristallen zoals getoond in afb. 13, waar afgebroken kwarts splinters als secundaire kristalkiemen fungeerden.

Het zal eenieder duidelijk zijn dat heel wat factoren de vormingsomstandigheden van Alpiene kwartsen beïnvloed hebben. In dit opzicht is dan ook iedere kwarts kristal-groep een boeiend studieobject.

Bibliografie

- The System of Mineralogy, Volume III, Silica Minerals, door C. Frondel. Uitg.: John Wiley and Sons, New York, 1962
Die Mineralien der Alpen, Band I und II, C.M. Gramaccioli. Uitg.: Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart, 1978.
Ontogeny of Minerals, door D.P. Grigoriev, Uitg.: Israel Program for Scientific Translations, 1965.
Die Mineralfunde der Schweiz, door R.L. Parker. Uitg.: Wepf & Co. Verlag, Basel, 1973.
Bergkristall, door R. Rykart. Uitg.: Ott Verlag, Thun, 1977.