

Kwarts

F.B. van Dam

Een enigszins volledig verhaal over kwarts zou onder meer de daarmee samenhangende aspecten van de geologie, gesteentevorming, mineralogie, kristallografie en van edelstenen moeten belichten, maar de omvang van dit artikel moet nu eenmaal beperkt worden gehouden. Bovendien, een verhaal van een amateur voor amateurs kent ook beperkingen vanwege zowel de belangstelling als aanwezige kennis. Daarom richt de auteur zich in deze uiteenzetting op de praktische punten die, naar zijn vermoeden, verzamelaars en slijpers in het bijzonder interesseren. Dat hierbij toch op enkele aspecten dieper ingegaan moet worden, ligt voor de hand.

Inleiding

Vooraf enkele algemene opmerkingen.

De naam. Kwarts is vrijwel zeker afkomstig uit het Saksische mijnwerkersjargon. De "Bergmann" zocht naar metalen. Deze komen veelal voor in gangen die in hoofdzaak ook worden gevuld met de zogenaamde gangmineralen: calciet, kwarts, fluoriet en bariet. Van deze mineralen is kwarts de hardste en de benaming "Quaterz", later samengetrokken tot Quarz en vervolgens ontwikkeld tot Quartz, drukt de geringe waardering duidelijk uit. Gelukkig worstelen wij niet, zoals die mijnwerkers, beroepsmatig met deze harde materie, hoogstens als amateurslijpers.

Samenstelling en voorkomen

Algemeen bekend mag worden verondersteld, dat kwarts chemisch wordt aangeduid als SiO_2 dus bestaat uit de elementen silicium en zuurstof in een verhouding van 1:2. Dit betekent alleen dat kwarts is opgebouwd uit twee keer zoveel zuurstofatomen als siliciumatomen. Het zegt niets over volume-verhoudingen of onderlinge binding van atomen. Dat het om silicium/oxide-verbindingen gaat, ligt voor de hand gezien de samenstelling van de aardkorst.

Immers in gewicht maken zuurstofatomen circa de helft uit van de aardkorst. Omdat deze atomen relatief groot zijn, bestaat het volume van de gehele aardkorst zelfs voor 94,5% uit zuurstof. Silicium, dat meer dan een kwart van alle atomen uitmaakt, is zo zwaar dat, hoewel het maar 0,77% van het aardkorstvolume inneemt, het een kwart van het gewicht van de aardkorst beslaat. Voor alle overige elementen blijven er dus maar ruim vier volume-procenten over.

Kwarts als mineraal neemt in totaal ongeveer een achtste van het gewicht van de aardkorst in. Daarmee is het niet alleen een interessant mineraal, maar ook een belangrijk geologisch bestanddeel bijvoorbeeld als gesteentevormer bij granitisatie, in hydrother-

Modificatie Kristalsysteem	Ontstaanswijze of voorkomen	Verandert bij normale temperatuur in
laag (α)-kwarts trigonaal dichtheid=2.65 573°C bij 1 atm.	sedimentaire, metamorfe & magmatische gesteenten & aders	
hoog (β)-kwarts hexagonaal d.=2.53 870°C bij 1 atm.	zure vulkanieten	laag-kwarts (pseudomorfose naar hoogkwarts)
hoog-tridymiet hexagonaal d.=2.22 1470°C bij 1 atm.	zure vulkanieten	laag-tridymiet monoklien of orthorhombisch d.=2.26 (p. naar hoog-tridymiet)
hoog-cristobaliet kubisch d.=2.20 1720°C bij 1 atm.	zure vulkanieten	laag-cristobaliet tetragonaal d.=2.32 (p. naar hoog-cristobaliet)
smelt	door blikseminslag	kieselglas (=lechatelieriet) amorf
coesiet monoklien d.=3.01	door hoge druk, in meteoorkraters	
stishoviet tetragonaal d.=4.35	zeer hoge druk, in meteoorkraters	
keatiet tetragonaal d.=2.50	alleen synthetisch bekend	

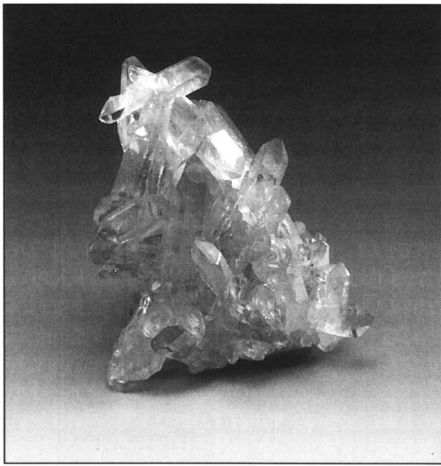
Fig. 1. Overzicht van de verschijningsvormen en ontstaanswijzen van kwarts.

male oplossingen die tot ganggesteenten leiden, in verweringsproducten en sedimenten, zoals zandafzettingen en de omzettingen daarvan, zoals zandsteen en kwartsieten.

Verschijningsvorm

Men kan er natuurlijk over twisten of alle andere mineralen die dezelfde chemische samenstelling hebben, als kwarts moeten worden aangeduid

dan wel of men de naam beperkt tot de trigonaal gekristalliseerde verschijningsvormen (fig. 1). In elk geval kan aan de niet-trigonale modificaties van kwarts niet helemaal worden voorbij gegaan. Op een enkele uitzondering na (melanophlogiet), vertegenwoordigen zij de stabiele modificaties bij hogere temperatuur- en drukverhoudingen dan de atmosferische (fig. 2). Indien deze mineralen niettemin worden gevonden of in verzamelingen prijken,



Kwarts kristallen. Vindplaats Rauristal, Oostenrijk. Foto J. van Delft.

dan moet men aannemen dat het in werkelijkheid gaat om paramorfosen van kwarts naar zulke oorspronkelijke verschijningsvormen. Daarmee zijn de niet-trigonale vormen overigens eer meer dan minder interessant. In fig. 3 zijn de kristalvormen van hoogkwarts (a), tridymiet (b) en cristoballiet (c) afgebeeld. Om enig inzicht te krijgen in de vele verschijningsvormen van kwarts is het nuttig ze te ordenen en in vakjes in te delen.

Twee groepen zijn hiervoor al onderscheiden, namelijk trigonale kwartsen die stabiel zijn bij temperaturen en drukverhoudingen gelijk aan die op en rond het aardoppervlak en niet-trigonale kwartsen die dat niet zijn, met als uitzondering het kubische melanophlogiet.

Een andere onderverdeling kan worden gemaakt op grond van het al dan niet kristallijne karakter, namelijk de groep niet-kristallijne kwarts, bestaande uit een klein aantal soorten. Indien kwarts wordt gesmolten, verliezen de moleculen hun binding. Ze liggen kriskras in de smeltmassa. Een

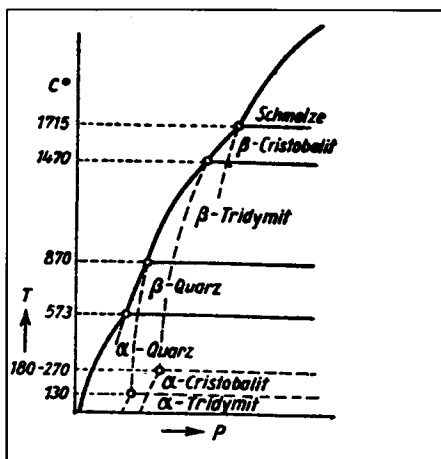


Fig. 2. Temperatuur/drukdiagram voor kwarts.

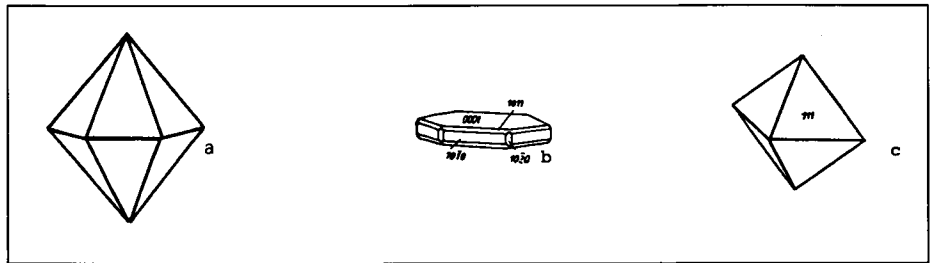
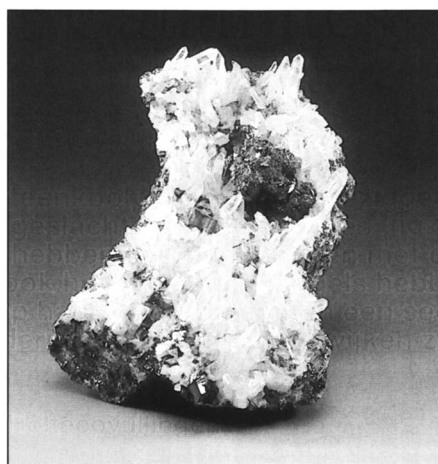


Fig. 3. Kristalvormen van hoogkwarts (a), tridymiet (b) en cristoballiet.

zeer snelle afkoeling geeft de atomaire componenten niet de tijd zich kristallijn te ordenen en er ontstaat een glasachtige massa. Dit doet zich onder andere voor als de bliksem in een vrij zuiver kwartzand inslaat. Er ontstaat een hol, grillig gevormd pijpje dat in de verzamelingen vaak als fulguriet wordt opgenomen. Het proces lijkt op de vorming van obsidiaan: een snel verstarrende gesteentesmelt. Ook daar treedt een proces van smelten en snelle verstarren op. Alleen bestaan de meeste obsidianen niet uit puur SiO_2 . Sommigen delen opalen en hun varianten in bij de amorphe kwartsen. Opaal is echter een kwarts met waterverbinding, geschreven als $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Bovendien is de atomaire



Kwarts kristallen met pyriet. Foto J. van Delft.

of moleculaire structuur van opalen nog altijd niet geheel onomstreden. - de kristallijne groep, op te splitsten in macro- of grofkristallijne en micro- of cryptokristallijne soorten. De grens is een beetje willekeurig sinds het microscopisch instrumentarium steeds scherper kan zien. Hier wordt die grens praktisch gelegd bij het wel of niet kunnen waarnemen van de kristalvorm met een loep.

Grofkristallijne kwartsen

De grofkristallijne kwartssoorten kunnen naar drie verschillende uiterlijke kenmerken worden geordend: a. uiterlijke vorm, die bepaald wordt door kristal kenmerken, het voorkomen van tweelingen, vergroeiingen, etc. b. het in of op het kristal zichtbaar voorkomen van andere mineralen (insluitels

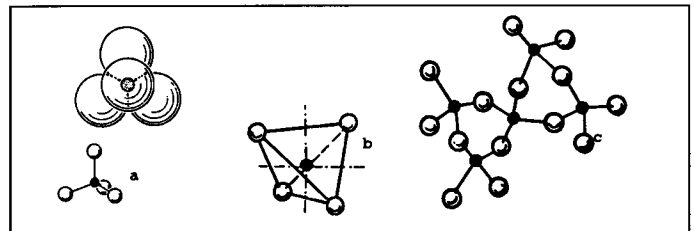


Fig. 4. De atomaire opbouw van kwarts (a), de tetraëder (b) en het verband.

en syntactische vergroeiingen). c. het optreden van kleurverschillen, die ontstaan door kleine verontreinigingen of kristalroosterstoringen. Voorbeelden hiervan zijn: bergkristal, melkkwarts, rookkwarts, morion, citrien, amethyst, rosekwarts, prasem, prasiolith en chrysocolla-kwarts.

De kristalvorm

Op dit ogenblik is het gewenst iets dieper in te gaan op de kristalvormen van kwarts. Een verzamelaar die zich er op richt grofkristallijne kwartsen in zijn collectie op te nemen zal na zekere tijd beslist niet alleen kleur- maar ook vormverschillen bemerken. De uiterlijke vorm wordt bepaald door 1. de interne bouw (maten van de atomen, hun aantal en elektrische lading), 2. de "Tracht", dit is de som van de tot ontwikkeling gekomen vlakken, bij kwarts bijvoorbeeld de extra aanwezigheid van trapezoëders en/of bipyramiden, resp. van rhomboëders met verschillende hoeken (zie hierna), 3. de habitus, dit is de relatieve ontwikkeling of onderdrukking van kristalvlakken (kort, dik, lang, plat, naald, etc.) en 4. de reeks afwijkingen van wat we ons als ideaalbeeld hebben voorgesteld, en die we daarom als storingen aanmerken. Soms zijn de afwijkingen een speciaal geval van 1.

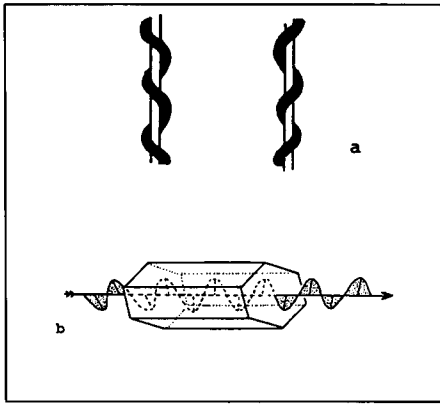


Fig. 5. Links- en rechtsdraaiend kurkretrek-
verband van de tetraëders (a) en de doorgang
van lichtstralen door de c-as.

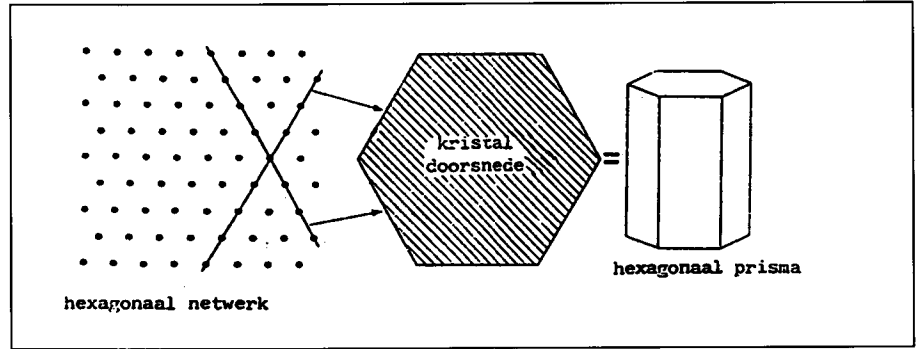


Fig. 6. Atomaire rangschikking en het resultaat.

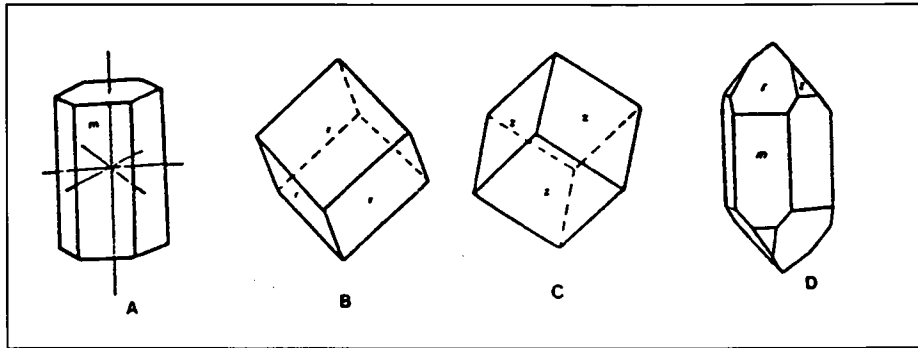


Fig. 7. Een kwartskristal opgebouwd uit een prisma en 2 rhomboëders met hoeken van 95° .

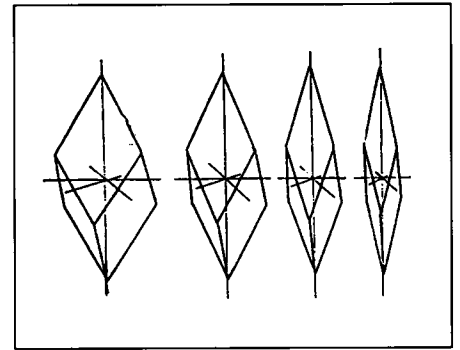


Fig. 8. Afwijkende, spitsere, rhomboëdervor-
men.

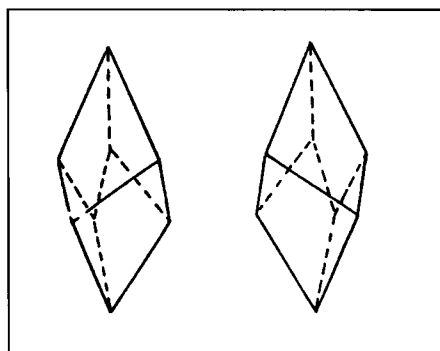


Fig. 9. Trapezoëders als bouwstenen

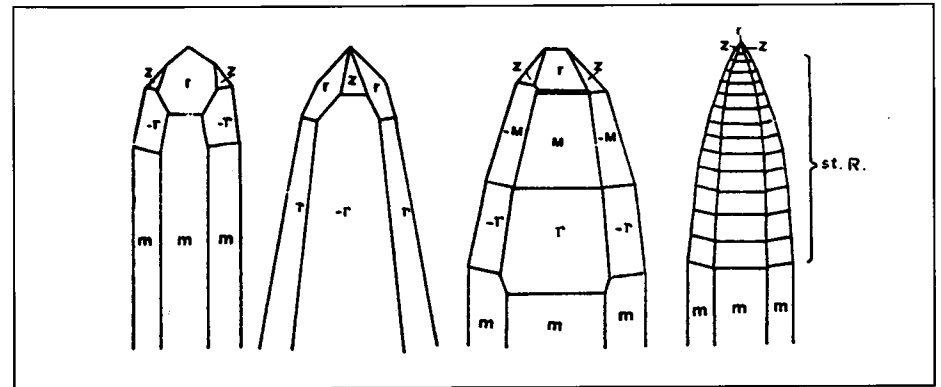


Fig. 10. Combinaties van bouwstenen leiden tot sterk verschillende kristalvormen.

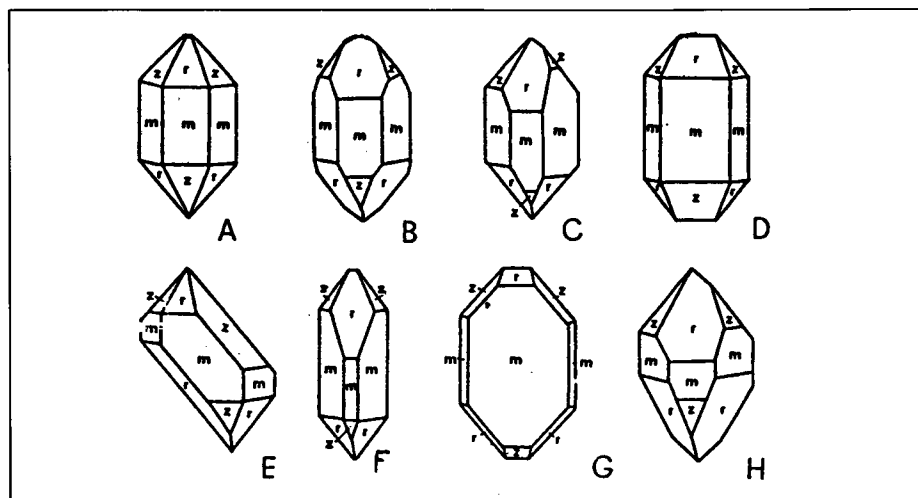


Fig. 11. Eender gesitueerde vlakken van verschillende grootte geven zeer verschillende kristal-
beelden.

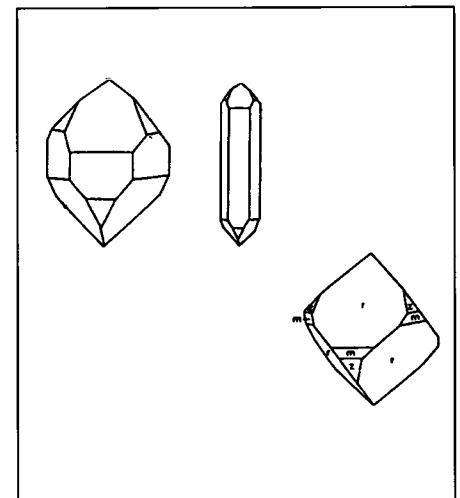


Fig. 12. Habitus-verschillen: kortprismatisch,
naaldvormig en pseudokubisch.

(roosterstoringen, aanwezigheid van formule-vreemde atomen, etc.), soms gaat het om breuken (tektonische oorzaken), soms om groeistoringen (te veel, te weinig of geen aanvoer van kristalbouwstenen in de oplossing), soms het gevolg van het feit dat verschillende mineralen om dezelfde plaats vechten (bijvoorbeeld insluitsels en syntactische vergoelingen). Verder afwijkingen zijn de tweelingvormen en pseudomorfofen. Samen bepalen ze de vormenrijkdom van mineralen en in casu kwarts.

Voor het rooster van silicium- en zuurstofverbindingen wordt verwezen naar fig. 4. Op enkele manieren staat daar het verband tussen silicium- en zuurstofatomen getekend. De zuurstofatomen vormen een viervlak of tetraëder met een siliciumatoom er in (fig. 4b). Deze tetraëders zijn weer schroefvormig aan elkaar verbonden (fig. 4c en 5a). Aangezien dit een linkse of een rechtse schroefdraad kan zijn, wordt ook het doorvallend licht links of rechts gedraaid (fig. 5b). Een kwarskristal bestaat uit een 6-zijdig prisma met aan de beide uiteinden twee rhomboëders door elkaar, waarvan de ene meestal overheerst. Fig. 6 laat achtereenvolgens zien: de rangschikking van de atomen en de daaruit afgeleide hexagonale prismavorm; fig. 7 toont de samenstelling van een kristal uit prisma en rhomboëders.

Groeit een kristal op een ondergrond - dus niet vrij zwevend - dan ontbreekt de rhomboëder aan die kant. De rhomboëders, ook wel als ruitvormige figuren aan te merken, kunnen meer of minder steil zijn (fig. 7b, c en 8). Meest voorkomend is een hoek van 85° tussen de vlakken.

Gecombineerd met de rhomboëder komen de trigonale bipyramide en trapezoëder soms voor (fig. 9). Dit levert een enorme vormenrijkdom op (fig. 10). Ze te onderkennen vergt wel intensieve studie, resp. het vermogen om kristalhoeken te kunnen meten. Het zijn in feite de altijd constant blijvende hoeken tussen kristalvlakken die een bepaald mineraal, in casu kwarts, karakteriseren. De hoeken zijn eigenlijk de enige uiterlijke kenmerken van een mineraal. Het andere kenmerk, de chemische samenstelling, is op het oog niet zichtbaar. Kleur is, zoals ieder wel weet, ook niet bepalend, evenmin als de overige maatverhoudingen (fig. 11, 12) dat zijn. Er zijn lange en korte, dikke en naaldvormige, spitse en platte kristallen. De combinatie van uiterlijke vormen noemt men de habitus van een kristal. Enkele zijn te zien op de tekening van fig. 12. In een aantal gevallen kan men deze verschillen verklaren uit de groei-omstandigheden. Zo kan het zijn dat een aankomend kristal horizontaal onder in

een kwartsrijke smelt zweeft en de convectiestroming ervoor zorgt dat de aanvoer uit deze oplossing richting kristal van bovenaf komt. Het naar boven gerichte deel vangt meer voeding en groeit dus sneller. Dit betekent dat de rhomboëdervlakken aan de uiteinden groter worden, maar dat het prismavlak juist kleiner wordt en zelfs kan verdwijnen. Zoals gezegd, is immers een essentieel kenmerk van een kristal, dat de hoeken gelijk blijven.

Groeistoringen

Een herkenningskenmerk van kwarts, dat met de groei en kristalvorm sa-

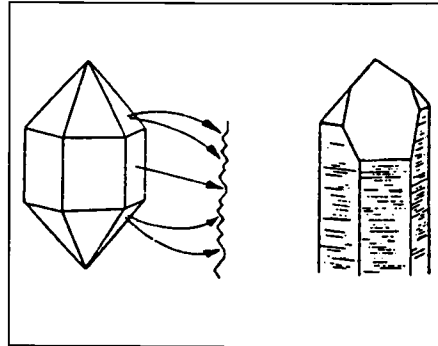


Fig. 13. Het ontstaan van gestreepte prismavlakken.

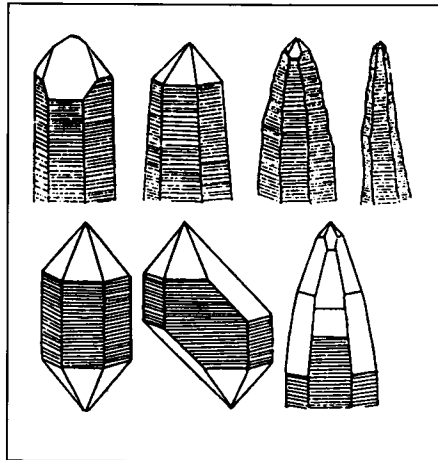


Fig. 14. Streping als gevolg van groeistoringen.

menhangt, is de horizontale streping op sommige prismavlakken (fig. 13, 14). De nooit gelijkmatige aanvoer van materiaal kan een ritmische storing geven, of telkens aanleiding geven tot de vorming van weer een rhomboëdervlak of een trapezoëdervlak. Als het volgende prismavlak kleiner wordt ontstaat een spits toelopend kristal, de zogenaamde tessiner-habitus (fig. 14, rechts). Een andere stereotype groeivorm heet de dauphiné-habitus. In dat geval is één van de rhomboëdervlakken zo overdadig groot - dus zo weinig gegroeid - dat vrijwel de hele kop er uit bestaat.

Sommige kwartsen vertonen uiterlijk

een structuur. Zij kunnen in twee groepen worden onderscheiden. De ene heeft een parket- of mozaïekstructuur op bepaalde prismavlakken (naar de beschrijver het *friedländer-type* genoemd), de andere groep lijkt inwendig uit lamellen te bestaan (naar de beschrijver het *bambauer-type* genoemd). Veel amethystvariëteiten behoren tot die laatste groep. De lamellen zijn vaak duidelijk verschillend van

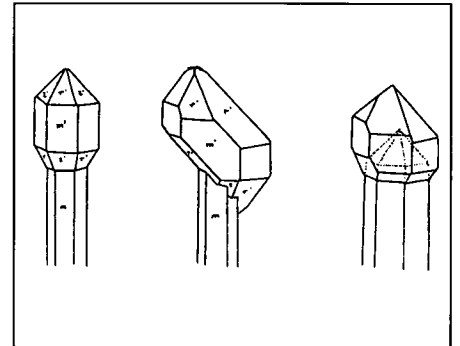


Fig. 15. Sceptorkwarts.

kleur. Alle sceptorkwarts is altijd lamellair.

Er is nauwelijks een duidelijke grens aan te geven tussen welgevormde kwarskristallen en afwijkingen door groeistoringen. De hiervoor genoemde afwijkende habitus zijn in feite altijd afwijkingen van het ideale kristal als gevolg van groeistoringen. Sceptorkwarts is duidelijk het gevolg van twee groeigeneraties, dus een groeistoring (fig. 15). Dat kan natuurlijk liggen aan het tot stilstand komen en later weer versterkt inzetten van materiaal aanvoer. Hetzelfde heeft zich kennelijk ook voorgedaan bij de zogenaamde

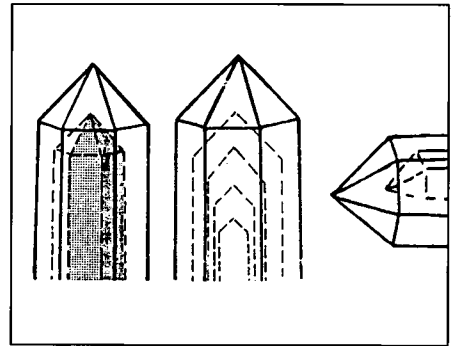


Fig. 16. Fantoomkwarts.

fantoomkwartsen (fig. 16). Het fantoom is een kristal in het kristal. Zou het naadloos verder gegroeid zijn, na aanvoer van nieuw materiaal, dan zouden we niets. Als echter tussen de twee groeifasen uit de smelt een ander mineraal, meestal chloriet, is neergeslagen, dan blijft het eerste kristal duidelijk zichtbaar. *Kappenkwarts* behoort in hetzelfde vakje. Ook hier kristalgroei, pauze, kristalgroei met een iets andere samenstelling, pauze iets

gewijzigd verder groeien, enzovoort. Bij doorzagen in lengterichting ziet men kappen op elkaar. Door vaak geringe hechting zijn de kappen met een kleine tik soms te verwijderen. Het kristal van een dubbeleinder, die aan het ene einde grotendeels helder is, maar aan het andere melkig, werd vermoedelijk in de groeiruimte afgebroken. Zwevend in de hydrothermale oplossing neigt dit stuk weer tot vorming van een echt kristaleinde. Vanaf de breuk is het kristal vermoedelijk in

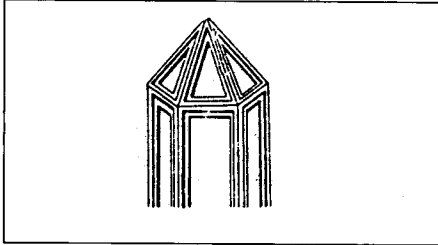


Fig. 17. Vensterkwarts, alias skeletkristallen.

een gas- of luchtrijkere smelt getermineerd.

Soms heeft de groeistoring verdere gevolgen. Wanneer na het afbreken van de groei de oplossing van samenstelling verandert, kan dit een kristal beïnvloeden. Als bijvoorbeeld de oplossing alkalisch wordt, kan die het kristal etsen of gedeeltelijk oplossen.

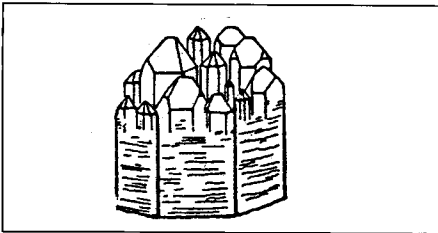


Fig. 18. Babylonkwarts.

Niet alleen onderbreking van de groei leidt tot groeistoringen. Zo ontstaat bijvoorbeeld de skeletkwarts (fig. 17) door overmatig snelle groei, die plaats vindt in hooggeconcentreerde oplossingen. Groei gaat gepaard met warmte-ontwikkeling. Bij langzame groei is de warmte-afvoer geen probleem. Bij snelle groei gaat dit het best via de kanten (de grenzen van twee vlakken), die daardoor verhoudingsgewijs meer materiaal opnemen. Indien later de binnenvlakken weer parketachtige aangroei krijgen, ont-

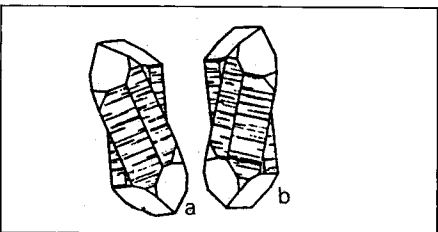


Fig. 19. Begin van gwindelvorming.

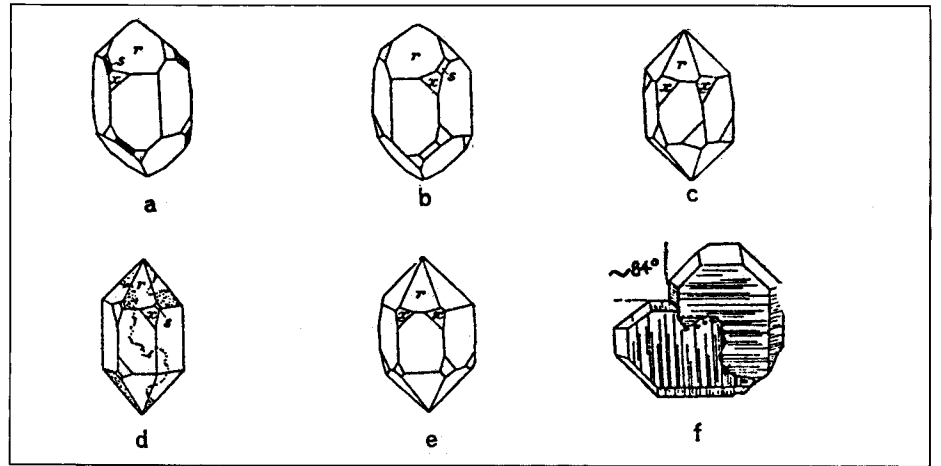


Fig. 20. Linkskwarts (a), rechtswarts (c), dauphiné-tweeling (d), brazilianer tweeling (e), japanse tweeling (f).

staat een vensterachtig uiterlijk. Men noemt dit wel *vensterkwarts*. Overigens worden de begrippen skelet en venster wel door elkaar gebruikt. Groeit op het breukvlak van een afgebroken kristal een serie kleine kristallen dan wordt aan dit type wel de naam *babylonkwarts* gegeven (fig. 18).

Nog een bijzonder gewaardeerde misgroei is de *gwindel* (fig. 19). In dit geval groeit het kristal na de storing niet parallel verder maar met een kleine hoek. Het resultaat is dat het kristal gebogen lijkt.

Tweelingvorming

Al eerder werd opgemerkt dat kwarts-kristallen links- of rechtsdraaiend zijn, afhankelijk van de rangschikking van de SiO₂-tetraëders in een kurketrekkerachtige schroefvorm. Een lichtstraal langs de c-as draait dienovereenkomstig. Het is een door de structuur bepaalde links- of rechtswarts. Uiteraard kan men soms de verschillen zien, indien een kwartskristal ook trapezoëder- of bipyramidevlakken bezit. Volgens een internationaal afgesproken lettering worden zulke vlakken met "x" voor trapezoëder en "s" voor bipyramide aangeduid (fig. 20 a,b). Ze liggen links en rechts boven een prismavlak en heten dienovereenkomstig morfologische links- en rechtswarts. En dat is juist het omgekeerde van de structurele of optische formulering. Een tweetal vormen van kwarts-tweelingen heeft het karakter van penetratie-tweelingen, het ene makrokristal bestaat uit twee elkaar bijna dekkende kristallen. Bij het *dauphiné-type* (fig. 20c) zijn het twee rechts- of twee linkswartsen die elkaar spiegelend dat wil zeggen met 180° verschil dekken, bij het *brazilianer-type* (fig. 20e) zijn het een links- en een rechtswarts die zo zijn vergroeid. Als er "x" of "s" vlakken aanwezig zijn, kan dit macroscopisch worden vast-

gesteld. Terwijl de voorgaande vormen uitermate frequent voorkomen, maar niet of nauwelijks opvallen, is de *japanse tweeling* buitengewoon gevraagd, maar uiterst zeldzaam. Twee kristallen die zijn samengegroeid onder een hoek van 84°33' worden aldus aangeduid.

Kwarts kan niet alleen mooi zijn, maar ook uitermate nuttig. Een eigenschap die kwartskristallen met een paar andersoortige kristallen deelt, en die daar zeer pregnant voorkomt, is het piëzo-electrisch vermogen. Kwarts wekt bij druk in een bepaalde richting een stroom op, en omgekeerd wordt in een wisselstroomveld het kwartskristal periodisch gedeformeerd (fig. 21). Deze eigenschap wordt in een menigte van toepassingen benut. We kennen de kristalontvangers en de kwartshorloges. Er zijn er vele meer.

Insluitsels

Insluitsels kunnen bestaan uit mineralen, lucht of vloeistof. Daarnaast komen kwartskristallen in kwarts voor, zoals het fantoomkwarts. Deze vormen ontstaan door een storing in de groei van kristallen als de hydrothermale oplossing niet rijk genoeg is aan kwartsvoeding. Op dat moment slaan dikwijls chlorietkristallen neer op het oppervlak. Als later de kwartsgroei weer voortgezet wordt, blijft in het binnenste het eerste kristal scherp afgetekend zichtbaar.

Grofkristallijne kwartsvariëteiten

Bergkristal.

Het Griekse *krystallos* betekende ijs. En nog tot ver in de middeleeuwen is bergkristal als niet meer te ontgooien ijs beschouwd. De Zwitserse "Strahlers" (semi-professionele mineralenzoekers, veelal boeren en gidsen) zijn beroemd geworden om de schitterende vondsten. Bij het graven van de Gotthard-tunnel zijn enorme ruimten



*Geode met amethyst. Idar Oberstein, Duitsland
Foto J. van Delft.*



Rode zandsteen. De roodkleuring wordt veroorzaakt door ijzeroxidehuidjes rond de kwartskorrels. Kanab, Utah, V.S. Foto J. van Delft.



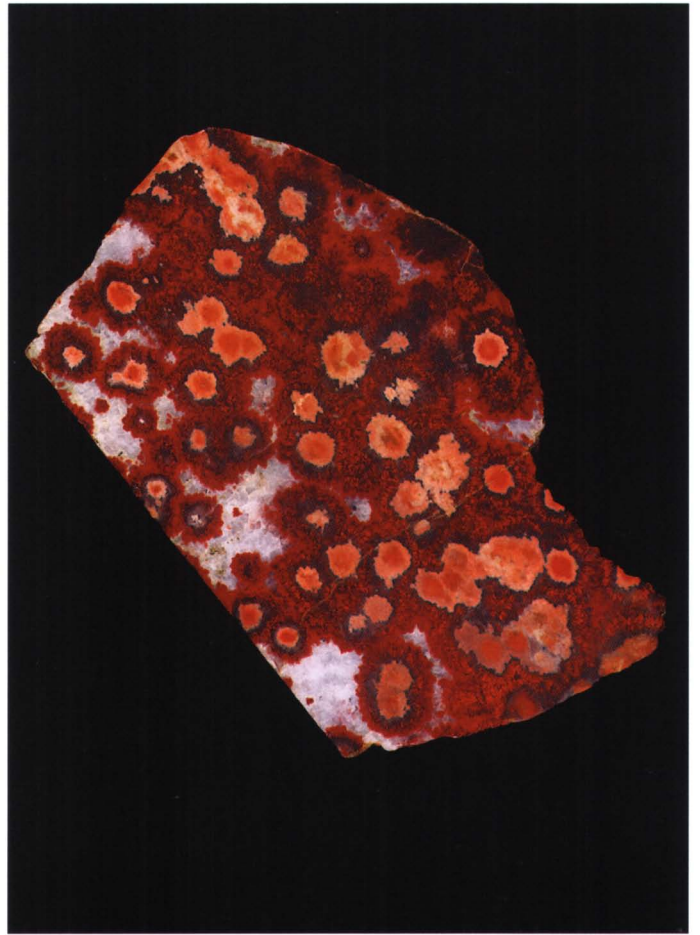
Opaal. Queensland, Australië. Foto J. van Delft.



Prasem. India. Foto J. van Delft.



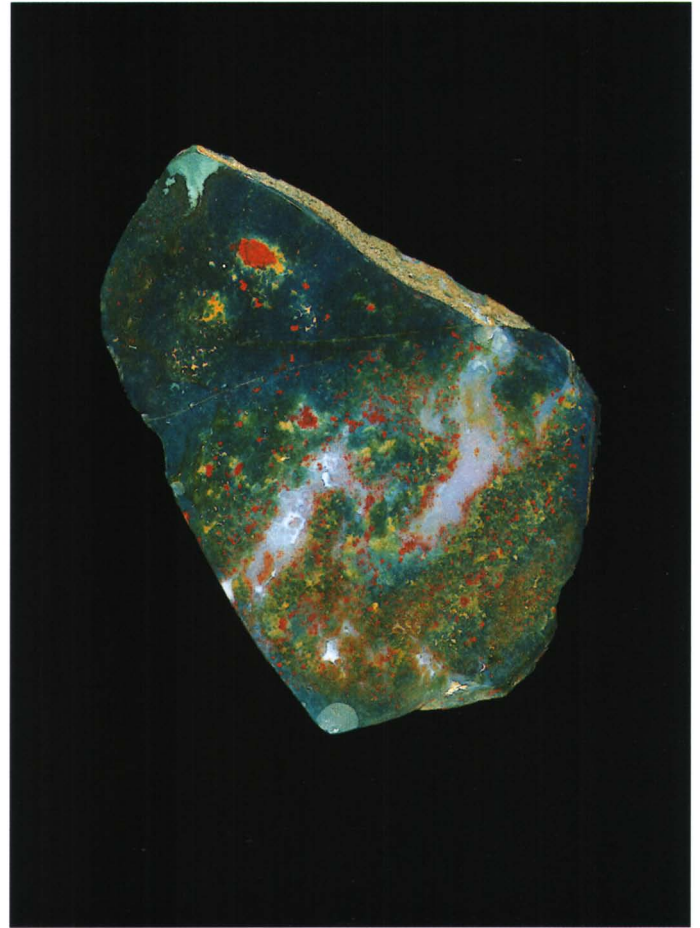
*Pseudomorfose van kwarts met calciet. Cavnic, Roemenië.
Foto J. van Delft.*



Jaspis. India. Foto J. van Delft.



Tijgeroog. Witwaterrand, Zuid-Afrika. Foto J. van Delft.



Heliotroop. Kozakov, CSFR. Foto J. van Delft.

met soms tot honderden kilo's zware kristallen gevonden. Ook glasheldere naaldkwartsen zijn beeldschoon. Overigens zijn die op het oog zo zuivere kristallen nooit helemaal zuiver. Ze bevatten toch altijd nog wel een aantal niet in het kristalrooster thuishorende atomen zoals lithium, natrium en waterstof. We spreken van enkele tientallen tot enkele honderden atomen per miljoen. Afhankelijk van de soort verontreiniging en de plaats waar deze atomen in of tussen het kristalrooster zitten kunnen ze de oorzaak zijn van verkleuringen, simpel door hun aanwezigheid of onder invloed van bestraling. Als de kristallen optimaal zonder fouten zijn en niet als tweelingen zijn gegroeid, spreekt men van 'electronic grade'.

Deze zijn geschikt voor toepassing in de electronica of in de optiek. De soort is al lange tijd schaars. De techniek is echter al jaren in staat om zuivere, synthetische kristallen te vervaardigen. Natuurlijke en synthetische kwartsen worden massaal gebruikt voor het slijpen van gefacetteerde stenen.

Op vele plaatsen worden resp. werden losse heldere kwarts kristallen gevonden die als *lochemer diamanten*, *schaumburger diamanten* en *herkimer diamonds* de geschiedenis zijn ingegaan. Indien deze losse kristallen zijn ontstaan in een diagenetisch proces in zouthoudende sedimenten, spreekt men van authigene kwartsen. Het zijn eigenlijk steeds dubbeleinders. De bekende *suttruper kwartsen* zijn anhydriethoudend; in de rode spaanse gips zitten de als Eisenkiesel aangeduide rode ijzerhoudende kristallen; bij Bleiwäsche zijn de dubbeleinders galenithoudend. Ook in vele septariën treft men authigene losse kwartsen aan.

Rookkwarts (Engels: Cairgorn).

Indien bergkristallen worden bestraald met radioactieve of röntgenstralen, in de natuur of door menselijk toedoen, kunnen ze van kleur veranderen. In granieten en andere moedergesteenten zijn vaak aanzienlijke hoeveelheden splijtbaar materiaal, zoals uranium, thorium en yttrium en K^{40} aanwezig. Gecombineerd met de lange tijdsduur levert bestraling door deze radioactieve elementen rookkwarts op. Bij verhitting tot temperaturen tussen 180° en 500°C verdwijnt de kleur weer. Zowel bij rookkwarts als bij de andere kleurvariëteiten schrijft men de kleurveranderingen toe aan veranderingen in de zogenaamde kleurencentra. Dit zijn meestal in het kristal ingebouwde vreemde atomen, gecombineerd met storingen in het kristalrooster. Onder invloed van de energie van toegevoerde straling verplaatsen elec-

tronen zich van het ene naar het andere ion en worden dan metastabiel opgevangen. Door toevoer van warmte vallen ze terug in hun oude positie.

Morion.

Morion is een zwarte of bijna zwarte variëteit van rookkwarts. De oorzaken van de kleur zijn dezelfde, maar de natuurlijke soorten zijn zeldzaam. Op de beurzen aangeboden grote en fraaie kristalgroepen zijn vrijwel zeker bestraald.

Amethyst.

De paarse variant is buitengewoon geliefd. Er zijn op de beurzen handelaars die tientallen jaren een vaste omzet in amethyst hebben. Iemand die mineralen wel leuk vindt, koopt vrijwel steeds een stukje zwavel, een stukje pyriet en een stukje amethyst. Bovendien worden aan bepaalde mineralen, waaronder amethyst, genezende krachten toegeschreven. De kleur wordt bij amethyst mede bepaald door de aanwezigheid van Fe-atomen. Deze constructiefout heeft overigens ook andere consequenties. De veelal als tweelingen gevormde kristallen hebben een lamellenstructuur, waarbij de linksdraaiende en de rechtsdraaiende kristallen verschillende kleurdiepte hebben. In het algemeen komt amethyst weinig als dubbeleinder voor. De bekende Braziliaanse geodes vertonen vrijwel alleen spitsen.

Raakt er een spits los, dan vormen ze graag het beginpunt van een scepterkwarts, die zoals gezegd ook altijd een lamellenstructuur heeft. Amethyst kan niet alleen onder invloed van warmte, bij een verhitting tot 300°C, maar soms ook onder invloed van licht gaan ontkleuren.

Citrien.

De gele variant van bergkristal heeft de naam citrien gekregen. Natuurlijke citrienen zijn betrekkelijk zeldzaam. De basis is dezelfde als voor amethyst. Door toevoeging van warmte kan men amethyst ook in citrien veranderen. Een verdere verhitting dan 300°C tot 470°C kleurt deze geel. Toch is de zo ontstane kleur meestal iets roodachtiger en bovendien vertoont gebrande amethyst geen dichroïsme (verschillende kleuren in verschillende kristalrichtingen).

Echte citrienen verbleken bij verhitting boven 200°C.

In de mineralenhandel wordt citrien ook wel aangeduid als *goudtopaas*. Andere namen voor kleurverschillen van lichtgeel tot donkerbruin worden aangeduid met *madeira*, *ossebloed* en *palmyra*.

De onder andere in Sauerland veel voorkomende gele kwartsen zijn geen

citrienen, maar door ingesloten ijzerhydroxide gekleurde kwartsen. Ook een superdun laagje limoniet op de kwarts kan misleiden.

Bij gebruik van zoutzuur verdwijnt deze aanslag.

Prasiolith.

In Montezuma (Brazilië) en wellicht ook in Arizona (USA) wordt een amethyst gevonden die bij verhitting niet geel tot bruin wordt maar groen. De natuurlijke kleurvariant is alleen bekend van de Faroër-eilanden. Er is nog een aantal kleurvarianten.

Melkkwarts.

Deze ondoorzichtige soort wordt in alle grindhopen aangetroffen. De kristallen ervan zijn beduidend zeldzamer. De witte kleur is het gevolg van luchtinsluitingen.

Rosekwarts.

Rosekwarts of rozenkwarts komt in grote brokken voor en het dient meestal om in cabochon te worden geslepen voor hangers, e.d. Slechts enkele tientallen jaren zijn er ook kristallen bekend uit Brazilië. Ze zijn zeldzaam en kostbaar. Vroeger heeft men verondersteld dat de kleur afkomstig was van mangaan. Het blijkt echter dat de kleur niet aan vreemde ionen is toe te schrijven, maar aan de aanwezigheid van enorme hoeveelheden rutielnaaldjes. Deze zijn niet langer dan een tiende mm. met doorsneden van enkele honderdsten van een mm. De titaanionen uit dit titaandioxide absorberen het licht en daardoor ontstaat de rose kleur.

Dit geldt overigens alleen voor de hydrothermale en pegmatitische rosekwarts zonder kristallen. Kristallen van rosekwarts danken hun kleur aan een combinatie van fosfor en aluminium atomen in het kristalrooster.

Chrysocollakwarts.

In Amerikaanse literatuur wordt dit uit Arizona afkomstige mineraal chrysocolla genoemd. Dit is onjuist. Chrysocolla is een blauwachtig kopersilicaat. Het is het kleurend element van deze heel aantrekkelijke kwarts.

Prasem.

Zoals rosekwarts veel voorkomt, echter zelden in kristallijne vorm, zo geldt dit ook voor prasem. Naar de Griekse naam voor groen is deze variëteit genoemd. Prasem is door aktinolith groen gekleurd. Opmerkelijk is dat de toevoeging van aktinolith ook de kristalvorm heeft beïnvloed, zodat men het niet onmiddellijk als kwarts herkent. Vindplaatsen zijn er op de eilanden Elba (Italië) en Seriphos (Griekenland) en verder in Australië. Er is enige discussie over het bestaan van blau-

we kwarts. In bepaalde kristallen zijn er door breukvlakken lichtbrekingen, resp. iriseringen ontstaan die een blauwe indruk wekken. Bovendien zouden er kristallen kunstmatig blauw zijn geverfd.

Kwarts met insluitsels.

Er bestaat een enorme lijst van mineralen die in kwarts ingesloten voorkomen. Vooral bekend en geliefd zijn rutieltkwarts en kwarts met toermalijninsluitingen. Marokko kent veel kwarts met hematiet. Ook verdient nog afzonderlijke vermelding: de kakoxeniet. Dit is een amethyst met strogele naalden in de spitsen. Deze werden vroeger voor kakoxen gehouden maar inmiddels staat vast dat het naalden van hematiet betreft. Het aantal variëteiten is overigens te omvangrijk om er hier dieper op in te gaan.

Cryptokristallijne kwartsen

Diverse soorten die ook een grofkristallijne verschijningsvorm hebben zijn al uitvoerig in het voorgaande aan de orde geweest. Zij zullen nog slechts even genoemd worden.

Duidelijke kristallen komen echter heel wat minder frequent voor. Bij de cryptokristallijne soorten kan een onderscheid worden gemaakt in vezelige en korrelige typen. Tot de laatste behoren in het bijzonder de kwartssoorten die hun ontstaan danken aan biogene invloeden, zoals hierna beschreven bij "jaspis" of aan het uitkristalliseren van aanvankelijk amorfe kwarts. Bij vezelig moet men denken aan kristallen die primair een grotere lengte dan dikte hebben, soms in overdreven mate.

Gewone kwarts.

Deze komt in vele kleuren voor, waarvan *melkkwarts* een veel voorkomende soort is. De cryptokristallijne vormen van *amethyst* en *rookkwarts* geven bij het aanslijpen dikwijls fraaie banden te zien. *Prasem*, als gesteente ook wel *smaragdkwarts* genoemd, is een donkergroene soort. *Blauwkwarts* of *saffierkwarts*, dus niet een cryptokristallijne vorm van de blauwe grofkristallijne vormen die ten onrechte kwarts worden genoemd, wordt door rutil gekleurd. Hetzelfde is het geval bij *rosekwarts*. Bij de laatste absorbeert de rutil bepaalde golflengten, bij blauwkwarts reflecteert het bepaalde golflengten. *Kattenoog-kwarts* bevat heel fijne parallel liggende hoornblende-insluitingen. Door reflectie van het licht geeft dit een fraai chatoyerend effect (verschuivende lichtschijn) als in maansteen. Vanzelfsprekend is het de kunst om deze stenen zodanig te slijpen dat het effect optimaal verschijnt. Bij *valkenoog* zorgt de hoornblende-variëteit krokydoliet voor

blauwgrijze tot blauwgroene veren die eveneens chatoyeren. In *tijgeroog* is de krokydoliet pseudomorf in kwarts overgegaan. Bij *valkenoog* en *tijgeroog* staat de stengelige structuur bijna altijd haaks op de laag. In *tijgerijzer* is een mengeling van kwarts, hematiet en limoniet aanwezig.

Er zijn onder de cryptokristallijne, meest vezelige, kwartsen twee groepen die het verdienen in een apart vakje te worden gezet. Het zijn de chalcidonen en de agaten.

Chalcedoon.

De soort die in engere zin als zodanig wordt aangeduid is meestal blauw. Daaraan kan overigens ook de verpot debet zijn. *Carneool* is een oranje variant, in de natuur door hematiet gekleurd, in de fabriek dikwijls met chemicaliën. *Sarder* is een geel- tot roodbruine soort. Voorzover de natuur dit niet heeft gedaan door de toevoeging van limoniet, heeft de leverancier wellicht geholpen door het koken in kandijnsuiker.

Chrysopraas is de kostbaarste chalcedoon en op opaal na de kostbaarste kwartssoort. De groene kleur wordt veroorzaakt door nikkel. Diepgroene (de handel spreekt van appelgroene) chrysopraas zonder vlekken is het meest gevraagd. En dat lokt dan vanzelf weer aanbod van substituten uit zoals varisciet, jade of andere groene stenen. Chrysocollakwarts werd al genoemd. *Heliotroop* is een plasma of chrysopraas met rode vlekken. De Engelse benaming "bloodstone" kan verwarring wekken met het Duitse "Blutstein" voor hematiet.

Er is een aantal chalcidonen dat dankzij de menselijke fantasie verschillende namen heeft gekregen. *Mosagaat* is een heldere of troebele chalcedoon met hoornblende-insluitingen. *Zebra-agaat* en *dendrieten-agaat* zijn chalcidonen met bruine of zwarte insluitingen, waarvan de vorm van de insluitingen meer tot strepen of tot takken- of bladnerfvormen heeft geleid. *Landschapsjaspis* en *landschapsagaat* zijn dikwijls chalcidonen.

Agaten.

Hieronder verstaat men stenen voorzien van banden, dikwijls ritmisch afgewisseld door opaalsubstantie. De wordingsgeschiedenis is omstreden. Er zijn vele visies. Toch is vermoedelijk de vroegere heersende opvatting, waarbij men veronderstelde dat in druppelend grondwater, bestaande uit een oververzadigde kwartsoplossing in de holten uitkristalliseerde, wel verlaten. Nu denkt men aan een al bestaande gel die door chemische stoffen in het grondwater ritmisch tegen

de wanden van de holte neerslaat. Bij *wateragaten*, ook wel enhydros genoemd, is de holte gevuld met water. Ook hier is bedrog gesignaleerd. De naam enhydros wordt ook gebruikt voor uit druiwater uitgekristalliseerde plakjes.

Onyx is een zwart/wit gelaagde steen, *sardonix* bruin/wit gelaagd. Ze worden graag gebruikt voor het graveren. Bij een steen met een witte en een zwarte laag kan men zodanig graveren dat de tekening van de voorstelling in wit op zwart of omgekeerd tevoorschijn komt. De slijpers helpen overigens de natuur graag in het scheppen van de goede kleur. De vezelige kwarts neemt chemicaliën op, de witte dichte opaalsubstantie niet. Vroeger legde men de stenen in honing of suikeroplossing om ze daarna in het zwavelzuur te leggen. De suiker verbrandde zwart en de steen kreeg prachtige witte en zwarte banden.

Het valt te begrijpen dat handelaars en verzamelaars om strijd fraaie namen hebben verzonnen voor de vele lijnen, kleuren en vlakken waaraan een agaath, al of niet na kleurbehandeling, rijk is. Enkele kunnen worden genoemd: *bandagaath*, *ringagaath*, *vestingagaath*, *wolkenagaath*, *vlamagaath*, *ruine-agaath*, *buizenagaath*, *breccieagaath*.

Korrelige cryptokristallijne kwarts

De korrelige soorten worden dikwijls samengevat onder de naam jaspis. Hoornsteen wordt door diverse auteurs synoniem beschouwd met jaspis. In engere zin reserveert men de naam jaspis voor de geel/rood/bruine soorten en de hoornsteen voor de grijze.

In de wereldzeeën sedimenteerde gedurende miljarden jaren de kwarts van planten en dieren die er hun versterking mee hadden opgebouwd. Veel van die gesedimenteerde kwarts werd weer opgelost, maar ook belangrijke hoeveelheden zijn omgezet in gesteente. De biogene kwarts was aanvankelijk amorf, pas later kristalliseerde deze.

Jaspis leent zich door zijn dichte structuur buitengewoon goed voor het slijpen zowel van plakken als van cabochons. Dit zijn sierstenen die geslepen zijn met een gebogen of bolvormig oppervlak, vaak voor ringen, hangers en broches. De andere veel gebruikte slijpwijze is het facetslijpen. De tekening kan vaak buitengewoon levendig zijn. *Veluwejaspis* en *nijljaspis* of *egyptische jaspis* zijn fraai rood tot geelbruin, de laatste in de vorm van knollen met ringen. *Lydië* of *basaniet* is zwart en werd vroeger gebruikt als proefsteen door de goudsmid en zijn afnemer. *Bloedjaspis* is de eerder ge-

noemde heliotroop. *Turritella-agaat* is een jaspis met insluiting van schelpjes. *Plasma* is een groene jaspis waarvan sommigen de kleurvorming aan ijzer toeschrijven en anderen aan chloriet.

Nunkircher jaspis, een vrij kleurloze soort, blijkt bijzonder goed een blauwe kleurstof op te nemen. Daarna wordt het dan omgedoopt tot "Deutscher Lapis" of "Swiss Lapis". De namen *zebra-jaspis*, *ogenjaspis*, *bloemenjaspis* en dergelijke spreken voor zich zelf. *Mokaïet* of *porcelainjaspis* ligt al op de grens naar opaal. Het is ondoorzichtig en kleurloos tot pastelkleurig.

Tenslotte: de *silex* en/of *vuursteen*, waarover alleen al hele boekwerken zijn geschreven. Zij worden gevormd uit biogene kwarts in kalklagen, dikwijls met fossiele insluitingen en soms als metamorfose van fossielen.

Amorfe kwarts

De vuursteen heeft ons vanuit de jaspissoorten al aan of over de grens van kristallijn en amorf materiaal gebracht. Vooral de biogene kwartssoorten hebben de neiging om structuurloos als een gel neer te slaan, waarna ze geleidelijk uitdrogen zonder dat het kristallisatieproces inzet.

Een grote groep van deze verharde kwartsgels wordt met de naam opaal aangeduid. Hierbij is de kwarts nog gebonden aan resterende watermoleculen, die als het ware netwerken van kleine bolletjes vormen. Bij doorschijnend materiaal geeft de reflectie op de verschillende lagen van deze bolletjes een reeks van kleurverschillen. Daar waar dit het mooist gebeurt, spreekt men van *edelopaal*, een zeer geliefde edelsteen. Er bestaat overigens ook veel gewone opaal.

Bij verzamelaars en op mineralenbeurzen wordt er veelal de naam "opaliet" aan gegeven. Verwant is *hyaliet*, een glasachtige amorfe, bolletjes vormende kwartssoort uit o.m. Tsjechië en Slowakije. In de heetwaterbronnen kan een hoge kwartsconcentratie soms neerslaan en dan spreekt men van *geyseriet*.

Ergens moet een einde komen aan dit verhaal. Ik wil dat doen door een verschijningsvorm van kwarts te memoreren die bij vrijwel alle verzamelaars enthousiasme oproept, namelijk versteend hout.

In de geologisch lange tijden is hout dat luchtdicht was begraven, cel voor cel vervangen door een uitkristalliserende silica-oplossing die langzaam de grond doorsijpelde. Het is één van

de vele boeiende verschijningsvormen van ons mineraal kwarts.

Verantwoording

Vele gegevens zijn ontleend aan tijdschriftartikelen uit onder andere *Lapis*, *Aufschluss*, *Mineralogical Record* en *Lapidary Journal*. Voorts zijn de edelsteenhandboeken van Bolman en Webster geraadpleegd. Een belangrijke steun bij de oorspronkelijke tekst en de bijbehorende tekeningen was het uit 1971 daterende "Bergkristall, Form und Schönheit alpiner Quartzte" van Rudolf Rykart. Dit reeds lang uitverkochte boek is opgevolgd door zijn "Quarzmonographie" van 1989. Voor de steun en stimulans om dit oorspronkelijk als een lezing ontworpen verhaal te publiceren dank ik de heer C. Laban, voorts ben ik de heer A. Walkeuter erkentelijk voor het vervaardigen van de tekeningen, de heer E. Oele voor de vele suggesties en waardevolle begeleiding en de heer J. van Delft voor het maken van de kleurenfoto's. De gefotografeerde mineralen zijn uit eigen collectie.

Adres van de auteur
F.B. van Dam
De Del 2
6891 AP Rozendaal



Calamites

H. Steur

Iedereen die zich wel eens met steenkoolplanten heeft beziggehouden, kent ze: de gelede, overlans geribde stammetjes met de geslachtsnaam Calamites (fig.1). Ze staan bekend als stengels of stammen van paardestaarten. Ze hebben overeenkomsten met de paardestaarten van het nog bestaande geslacht Equisetum, die ook holle, gelede stengels hebben. In tegenstelling tot de recente vertegenwoordigers van deze groep hadden de Calamiten een secundaire diktegroei. Ook in hun bebladering en fructificaties wijken ze af.



Fig.1. *Calamites suckowi*, Stefaniën, Graissac (Fr.). Lengte van het stuk: 20 cm.

Holteopvullingen

Inderdaad zijn de Calamiten fossielen van paardestaartachtigen (*Articulatae* = gelede planten), maar dan toch vaak op een andere manier dan men denkt. In verreweg de meeste gevallen is een Calamites-fossiel geen weergave van de eigenlijke stam maar een afgietsel van de centrale holte van de stam.

Bij Calamitesbomen was het onderste deel van de stengel gevuld met een zacht weefsel van dunwandige cellen. Het hogere deel was hol. Bij de knopen waren de stengels onderbroken door zogenoemde diafragma's. De eigenlijke stam is een cilinder van houtweefsel, met daaromheen de bast.

Na het afsterven van de boom raakte de centrale holte gevuld met sediment. In veel gevallen verhardde deze kern zich, terwijl het hout en de bast langzaam verteerden of verkoolden. Het resultaat na verdere verstening was een afgietsel van de centrale holte al dan niet omgeven door een koollaag.

Aan de binnenzijde van de houtcilinder liepen van knoop naar knoop bundels houtvaten (xyleem), waardoorheen water van de wortels omhoog getransporteerd werd. Doordat deze bundels enigszins uitstaken in de centrale holte, zijn ze als groeven op het afgietsel van de holte te zien. Bij de knopen alterneerden de bundels waardoor een zigzagpatroon ont-