

LITERATUUR

- Billy, C. en Cailleux, A. (1969): Dendrites de manganèse et bactéries; Science Progrès Découverte (Paris); 3414, pp. 381-385.
Buckley, H.E. (1951): Crystal growth; New York; Wiley, 571 pp.
Koritnig, S. (1982): Dendritic crystallization; New York, Consultants Bureau; 126 pp.
Straaten, L.M.J.U.van (1971): Origin of Solnhofen limestone; Geol. Mijnb. 50, pp. 3-8.
Straaten, L.M.J.U.van (1978): Dendrites; Journ. Geol. Soc. 135, pp. 137-151.

VOETNOTEN

-) Prof. Dr. L.M.J.U. van Straaten is emeritus-hoogleraar geologie van de Rijksuniversiteit van Groningen.
-) De vrij zeldzame hematietdendrieten zullen hier niet besproken worden.
-) De breedte van de takjes van Mn-dendrieten ligt meestal tussen 0.05 en 0.5 mm, die van Fe-dendrieten overwegend tussen 0.2 en 1 mm. De lengte der dendrieten varieert van < 1 mm tot verscheidene decimeters. Het algemeenst zijn lengten van enkele mm tot enkele cm.
-) Doordat veel lagen bovendien niet dikker zijn dan circa 1 cm, en doordat de kalksteen zeer stevig is, lenen ze zich uitstekend voor het maken van vloer- en wandtegels. In tegelvorm hebben heel wat mensen, ook in Nederland, zonder er zelf naar gezocht te hebben, mooie Solnhofen-fossielen en -dendrieten in huis.
-) Het is wel eens geopperd dat de lagen ontstaan zouden zijn door het neerregenen van skeletstukjes van ééncellige kalkalgen (*Coccolithophoridae*). Inderdaad zijn zulke resten in de Solnhofen-

kalksteen plaatselijk rijkelijk aanwezig. Nu blijkt echter uit sedimentologisch onderzoek, dat de lagen elk in zeer korte tijd zijn afgezet, en dat daartussenin langere perioden verliepen waarin slechts zeer weinig sedimenteerde. Berekeningen tonen aan, dat de produktie van coccolieten, ook bij periodieke planktonbloei, geheel ontoereikend is voor de vorming van de meeste kalksteenlagen (die een dikte hebben tot maximaal 30 cm). In verband daarmee, en in verband met andere eigenschappen van het gesteente, moet worden aangenomen dat het oorspronkelijke kalkslib (inclusief de coccolieten) periodiek uit een groot verzamelgebied is toegevoerd, en wel door zgn. troebelingsstromen. Vermoedelijk werden deze dan opgewekt door orkanen: naar het noorden gemigreerde tropische cyclonen.

-) In de Solnhofen-kalksteen werd een maximum lengte van 8 mm aangetroffen. In dezelfde laag zijn er ook vage interne Fe-dendrieten (die elders doorgaans ontbreken). Hun lengte is maximaal 1.5 cm.
-) Ook het omgekeerde komt wel eens voor, n.l. dat laagvlakdendrieten zijtakjes afgeven in diaklazen.
-) Aangenomen dat het Fe- en Mn-materiaal inderdaad van elders afkomstig is, en via de diaklazen in de Solnhofen-formatie is terecht gekomen.
-) Het zij hier vermeld dat de twee dendriettypen bij chemische analyse meestal niet geheel zuiver blijken te zijn: de bruine Fe-dendrieten bevatten niet zelden enig Mn, en de zwarte Mn-dendrieten meestal enig Fe. In de Solnhofen-kalksteen werd in de onderzochte gevallen, op het geheel van Fe + Mn, resp. 0, 0, 1, 1, en 3% Mn aangetroffen in Fe-dendrieten, en 0, 4, 4, 5, 5, 9 en 11% Fe in Mn-dendrieten. Deze (beperkte) menging zou deels het gevolg kunnen zijn van vervanging van Fe²⁺ door Mn²⁺ in het kristalrooster van de ultra-kleine goethietkristalletjes in Fe-dendrieten, en deels van adsorptie. Ook kunnen ultra-kleine kristalletjes van de ene stof in dendrieten van de andere soort ingesloten zijn.

Stenen met sterren en ogen

door Boy Hendriks, FGA
Instituut voor Aardwetenschappen
Vrije Universiteit, Amsterdam

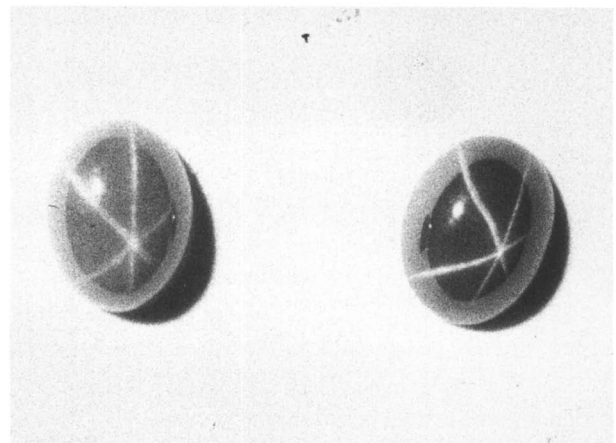
Inleiding

Cabochon-geslepen stenen met een ster- of kattoegeffect staan erg in de belangstelling bij verzamelaars en liefhebbers van edelstenen, maar roepen ook veel vragen op over oorzaak en oorsprong van die verschijnselen. De verscheidenheid aan edelstenen met een ster of een kattoog is groter dan algemeen verondersteld. Dit artikel probeert inzicht in oorzaak en verscheidenheid te geven. Ook is het interessant om te weten hoe men deze edelstenen in laboratoria kan behandelen, en hoe die laboratoria in toenemende mate steeds betere imitaties produceren.

Asterisme en Chatoyantie

Asterisme is het verschijnen van een oplichtende ster (Afb. 1) in een half-bolvormig geslepen edelsteen (cabochonslijpsel). De term asterisme is afkomstig van het Latijnse woord *astrum*, ster of sterrebeeld. Chatoyantie is het verschijnen in een cabochonsteen van een streepvormig lichteffect in de vorm van de pupil van een kattoog (Afb. 2). De term chatoyantie is afgeleid van de Franse woorden *chat* (kat) en *oeil* (oog). Beide optische effecten worden veroorzaakt door lichtreflecties vanaf ontelbare evenwijdig gerangschikte cilindrische holten of naald- en vezelvormige insluitels. Voorwaarde voor beide effecten is dat invallende

lichtstralen loodrecht op die inwendige structuur moeten staan. Het proces is het best te begrijpen als één van die talrijke naald- of vezelvormige insluitels voorgesteld wordt als een dunne cilinder (Afb. 3). Licht dat onder een hoek op de cilinder valt, wordt als een kegel verstrooid in



Afb. 1. Cabochons van synthetische korund met asterisme.

Afb. 2. Cabochons van korerupien (een Mg-Al-B-silicaat) met chatoyantie.



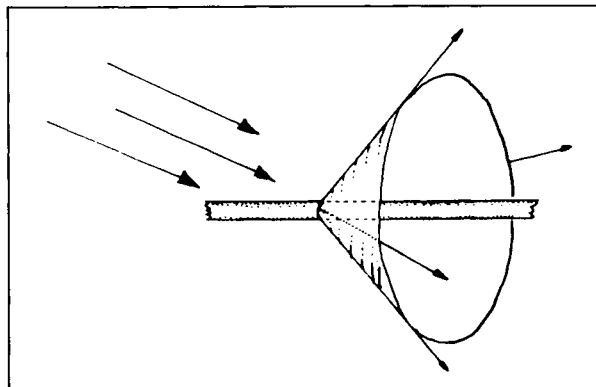
de steen: er treedt dan geen bijzonder lichteffect op. Bij wijziging van de invalshoek verandert ook de vorm van de kegel, en daardoor ook de richting van de verstrooiing. Alleen bij loodrechte inval worden de lichtstralen in een smal gebied aan weerszijden van de cilinder verstrooid en teruggekaatst. De cabochonvorm van de geslepen steen zorgt ervoor dat er altijd ergens loodrecht invallend licht is, maar ook dat slechts een klein stukje van die lange cilinders licht kan reflecteren. Van een groot aantal evenwijdige cilindertjes kan dus telkens maar een klein gedeelte van iedere cilinder oplichten: men krijgt het effect van een lichte streep loodrecht op de richting van de naalden; het is als het ware een spoorlijn van licht met biels van zeer lange balken, waarvan echter alleen het stukje tussen de rails kan oplichten. De diameter van die cilinders is zeer klein, van 1/10.000^e tot 1/100.000^e van een millimeter, in dezelfde orde van grootte als de golflengte van het invallend licht. Er zijn natuurlijk ook veel dikkere lichtverstrooiende insluitsels, maar die geven een grof en onscherp beeld.

Een katteoog is eigenlijk niets anders dan een ster met slechts één straal. De inwendige structuur van stenen met dit lichteffect zal dus bestaan uit insluitsels die maar in één richting georiënteerd zijn. Een stereffect ontstaat in stenen waarin de insluitsels in verschillende richtingen georiënteerd zijn. Als de insluitsels bv. in twee of drie richtingen georiënteerd zijn, dan ontstaat door het kruisen van de lichtstrepen een 4- of een 6-puntige ster.

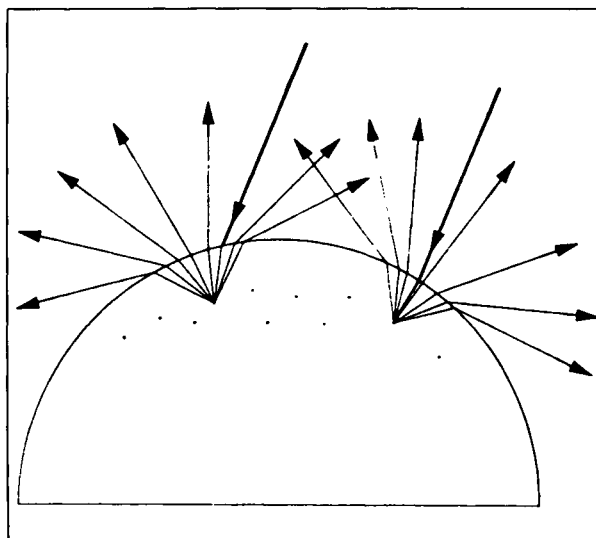
De lichtfenomenen asterisme en chatoyantie zijn het duidelijkst te zien in zonlicht (licht met evenwijdige stralen vanuit een oneindig verre bron). Diffuse verlichting en bv. een TL-balk geven geen duidelijke ster of oog.

De halve bolvorm van de cabochon is ook de oorzaak van het "glijden" van oog of ster over het oppervlak van dergelijke stenen als men ze langzaam in verschillende richtingen kantelt of draait: de plaats van loodrechte inval draait met de steen mee. In Afb. 4 kan men zien dat het lichteffect van de streep zich net *boven* het oppervlak van de steen bevindt. Door het draaien van de steen wordt steeds een ander stukje van de lange naaldvormige insluitsels loodrecht belicht. Daardoor krijgt men de indruk dat ster of oog meeglijden over het oppervlak heen: het lijkt wel of de rails van de spoorlijn verlegd worden, zodat steeds weer andere stukjes van de lange biels kunnen oplichten. Bij kanteling van de steen van de kijker af lopen de lichtstrepen in gelijke richting over het oppervlak weg, en verdwijnen zij achter de steen. Het kantelen naar de kijker toe doet de lichtstrepen over de steen naar beneden glijden. Laat men daarentegen de steen stil liggen, en verplaatst men zich t.o.v. de steen, dan ziet men de lichtstrepen in tegenovergestelde richting bewegen.

Afb. 3. Licht dat onder een hoek op een cilindervormig of vezelig insluitsel in een mineraal valt, wordt als een kegel verstrooid. Bij loodrechte inval zal het licht als een streep aan weerszijden van de vezel verstrooid en gereflecteerd worden.



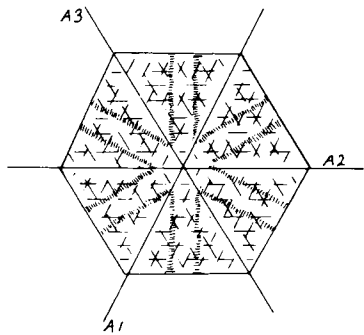
Afb. 4. Doorsnede van een cabochonsteen loodrecht op de richting van de lange evenwijdige naaldvormige insluitsels (kleine puntjes in de tekening). Stralen van een bundel licht vallen door het gebogen oppervlak altijd wel ergens loodrecht in op de naalden. Alleen op die plaatsen zal men de reflecties boven het oppervlak kunnen zien: de elkaar kruisende stralen vormen een lichtstreep evenwijdig aan het oppervlak van de cabochon (vergelijk met Afb. 5). Bij draaien of kantelen van de steen zal de streep meeglijden over het halfbolvormige oppervlak.



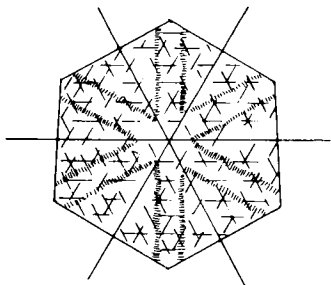
Oriëntatie van het cabochonslijpsel en beoordeling van ongeslepen materiaal

Als men een cabochon met een ster wil slijpen uit een kristal met georiënteerde insluitsels, dan moet het basisvlak van de cabochon samenvallen met het vlak waarin de insluitsels liggen. De top van de cabochon moet loodrecht op dit vlak staan. Als een cabochon niet aan deze eisen voldoet, zal de ster een scheef en verstoord beeld geven.

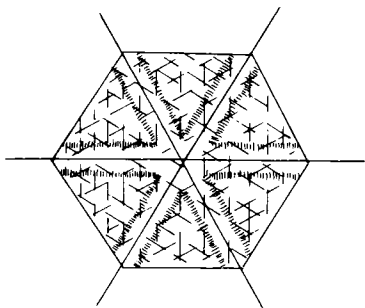
Het is natuurlijk interessant om reeds bij de aankoop van ruw materiaal een indruk te krijgen van de aanwezigheid en kwaliteit van het stereffect. Als men een druppel olie plaatst op een slijpvlak of op een oneffen breukvlak dat evenwijdig loopt aan het insluitselpatroon, dan laat een puntlichtbron een ster op de druppel zien. Het bolvormig oppervlak van de druppel werkt daarbij als een lens, een vervanging van de cabochonvorm. Het is ook goed mogelijk om een ster te zien door in een donkere ruimte een vlak geslepen steen met een felle lichtbron te



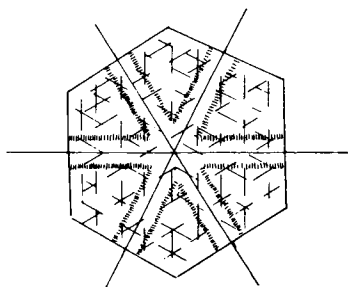
A. Prismatisch kristal van de 1e orde met hematietinsluitels.



B. Prismatisch kristal van de 2e orde met hematietinsluitels.



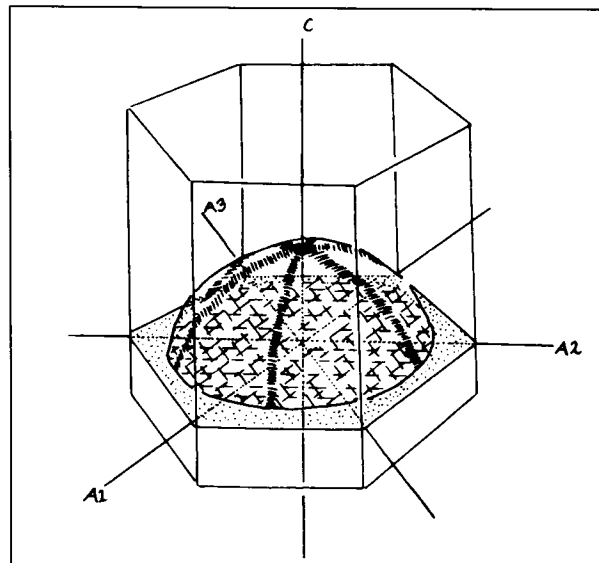
C. Prismatisch kristal van de 1e orde met rutielinsluitels.



D. Prismatisch kristal van de 2e orde met rutielinsluitels.

Afb. 6. Verschillende doorsneden van sterstenen van korund.
De naaldvormige insluitels van hematiet en rutiel zijn als uiterst dunne streepjes weergegeven, en de richtingen van de lichtstrepen van de sterren als stippellijnen.

Afb. 5. Schematische weergave van een cabochon van een stersaffier in een korundkristal. De vezelige insluitels lopen in drie richtingen evenwijdig aan de drie a-assen van korund (A1, A2, A3), zie ook Afb. 6A. Drie lichtstrepen op het cabochon lopen loodrecht op de richtingen van de insluitels, en vormen een 6-puntige ster. De kristallografische c-as van korund staat loodrecht op de 3 a-assen.



bestralen. Het teruggekaatste, verstrooide licht zorgt dan bij projectie op een wit scherm voor een metersgrote ster. Deze methode werkt optimaal bij gebruik van laserlicht. Tenslotte kan men de (eventueel aanwezige) ster ook zien bij doorvallend licht: een vlak van de steen dat min of meer evenwijdig loopt aan het insluitelpatroon moet daarbij dicht bij het oog gebracht worden. Probeer dan het oog te ontspannen zodat de blik bij wijze van spreken op oneindig staat; bij deze methode natuurlijk geen laser gebruiken!

Sterkorund (stersaffier, sterrobijn)

Sterkorund is de meest geliefde stersteen: stersaffier in zwart, blauw en fantasiekleuren, en sterrobijn in rood. De zwarte stersaffier wordt het minst gewaardeerd. Anders dan zijn naam doet vermoeden is zijn kleur donkerbruin. De ster is vuilwit. Het mineraal heeft zijn donkere kleur te danken aan het hoge ijzergehalte (tot enkele procenten Fe_2O_3), dat vooral in de vorm van georiënteerde lange naalden van titaanhoudende hematiet aanwezig is. Afb. 5 is een schematische weergave van een cabochon van een zwarte stersaffier in een korundkristal. De georiënteerde hematietnaaldjes liggen evenwijdig aan de drie kristallografische a-assen van korund. De drie stellen evenwijdige insluitels zorgen voor een 3-stralige en 6-puntige ster. De basisdoorsnede van dit kristal is te zien in Afb. 6A. Een kristal waarvan de drie a-assen loodrecht staan op de snijlijnen tussen de prismavlakken (vgl. Afb. 5) noemt men een prismatisch kristal van de eerste orde. Goed zichtbaar is de parallelle oriëntatie van de hematietnaalden in de drie richtingen van de a-assen. In Afb. 6 zijn de lichtstrepen van de ster weergegeven met stippellijnen: zij staan loodrecht op de oriëntatierichtingen van de insluitels. In Afb. 6B is een korundkristal met een prisma van de tweede orde getekend: de prismavlakken zijn nu 30° graden gedraaid t.o.v. de a-assen, die nu loodrecht staan op de prismavlakken van het kristal. De verschillen tussen deze twee soorten kristallen zijn in een cabochon uiteraard niet te zien. De belangrijkste vindplaatsen van zwarte saffier zijn Chanthaburi (Thailand) en New South Wales (Australië). In sterrobijn en in blauwe stersaffier zorgen niet hematiet- maar rutiel-insluitels voor de lichtverstrooiing.

De rutiel (een titaanoxide) vormt lange, dunne, vertweelinge vezels en naalden, die georiënteerd onder een hoek van 30° met de drie *a*-assen liggen (Afb. 6C en 6D), alweer in de twee mogelijkheden van eerste en tweede orde prisma's.

De belangrijkste vindplaats van stersaffier is Sri Lanka, terwijl de allerbeste kwaliteit sterrobijn uit Mogok (Burma) komt. Sterrobijn is de meest waardevolle sterkorund. De goedkopere sterrobijn uit India mist de kleur en de zuiverheid van de Burma-stenen.

Soms bevat korund naald- en vezelvormige insluitsels van zowel hematiet als rutiel. De twee systemen van insluitsels maken onderling een hoek van 30° (vgl. Afb. 6A/B met Afb. 6C/D); elk systeem vormt een 6-puntige ster, zodat men in deze zeldzame stenen een 12-puntige ster zal zien. Een dergelijke ster kan ook ontstaan door tweelingvorming van kristallen met een enkel systeem van insluitsels.

Andere edelstenen met asterisme

Hoewel men bij het horen van de term asterisme vrijwel direct aan de korundgroep denkt, zijn er diverse andere edelstenen die het stereffect kunnen tonen.

Het stereffect wordt meestal (zo ook in geval van korund) veroorzaakt door reflectie van opvallend licht; dit noemt men ook wel epi-asterisme. Het asterisme van **roze kwarts** vormt hierop een uitzondering: het stereffect wordt gevormd bij doervallend licht (dia-asterisme). Hiervoor zorgen kleine georiënteerde rutielsnaaldjes. Roze kwarts wordt vaak geslepen tot ronde kralen. De ster is dan goed waarneembaar als de kralen in helder licht bekeken worden. Sommige **melkkwarts** uit Sri Lanka heeft ook een ster: een epi-asterisme dat gevormd wordt door georiënteerde naaldjes van sillimaniet.

Sterstenen van **spinel** hebben een grijsig-blauwe tot zwarte kleur. De ster is meestal 4-puntig, en wordt veroorzaakt door georiënteerde naaldvormige insluitsels van rutiel of titaniet (sfeen). Als de cabochon met zijn basisvlak evenwijdig loopt aan de drie hoekpunten van de oktaëdervlakken ontstaat een 6-puntige ster i.p.v. de 4-puntige ster. De sterspinellen zijn afkomstig van Sri Lanka; zij zijn nogal zeldzaam omdat rutiel gewoonlijk niet in spinel voorkomt. Robijn-rode sterspinel is uiterst zeldzaam.

Almandien-granaat uit Sri Lanka of Tanzania bevat altijd wel rutielsnaaldjes. Dit is echter maar een enkele keer voldoende om een 4-puntige ster te vormen, die bovendien veelal zwak is. Dit geldt ook voor de steralmandien uit de V.S. die zijn ster te danken heeft aan insluitsels van hoornblend. In almandien liggen de insluitsels evenwijdig aan de dodekaëder-vlakken.

Sterdiopsied uit het zuiden van India heeft een zwartgroene tot donker bruinzwarte kleur. De donkere kleur wordt veroorzaakt door de vervanging van magnesium door ijzer in deze monokliene pyroxeen. De 4-puntige ster is een gevolg van de reflectie van licht op magnetietnaaldjes. Het is de enige stersteen die door een magneet bewogen kan worden, en daardoor makkelijk te determineren. De twee stralen van de ster staan niet loodrecht op elkaar, maar maken hoeken met elkaar van resp. 73° en 107°. Een van beide stralen is scherp, de andere meer diffuus.

Sterberyl uit Minas Gerais (Brazilië) is donkerbruin van kleur en heeft zijn zwakke ster te danken aan georiënteerde insluitsels van ilmeniet. Zwarte sterberyl komt voor in Mozambique.

Hoogst zelden vindt men sterstenen van **enstatiet** of van **kornepien**. Dit laatste mineraal lijkt op het oog veel op cordieriet.

De rol van het laboratorium

Geïnteresseerden in de geologie vinden vaak dat hun hobby ophoudt bij de drempel van het laboratorium. Edelsteenliefhebbers weten echter dat het laboratorium voor hen een steeds belangrijkere rol speelt. Men

synthetiseert, imiteert en verbetert er velerlei mineralen. De rol van het laboratorium is ook interessant voor de sterstenen. Een veel toegepaste techniek voor het maken van synthetische sterstenen is de Verneuil-methode. Gepoederd aluminiumoxide (Al_2O_3) en toegevoegde kleurende componenten worden daarbij in een waterstofvlam gebracht. Daarin smelt het poeder bij een temperatuur van ongeveer 2.000°C tot druppels, die uitkristalliserend neervallen op een langzaam van de vlam wegdraaiende keramische plaat. Bij een continue toevoer van Al_2O_3 ontstaat zo een synthetisch korundkristal. Om een stereffect in de korund te krijgen, voegt men bij het begin van het proces 0,1 tot 0,3 gewichts-% TiO_2 aan het poeder toe. Het korundkristal dat bij dit proces ontstaat koelt echter zo snel af, dat het titaanoxide niet tot kristallisatie in een eigen fase (rutiel) komt: het blijft in oplossing in de korundstructuur.

Daarom wordt het gevormde kristal opnieuw verhit, nu tot ongeveer 1300°C, ver onder de smeltemperatuur van korund. Als het kristal een etmaal lang op deze temperatuur gehouden wordt, dan kan het titaanoxide niet meer in oplossing blijven: fijne rutielsnaaldjes kristalliseren uit, en rangschikken zich op dezelfde wijze als in natuurlijke korundkristallen (Afb. 6C/D). Deze synthetische methode voor het maken van sterkorund heeft het nadeel dat het titaanoxide bij het ontstaan van het korundkristal de neiging heeft om naar het oppervlak te willen migreren. De oplossing daarvoor is een regelmatige fluctuatie van de vlamtemperatuur, zodat het korundkristal laagje per laagje groeien: het titaanoxide kan nu niet meer migreren. Op dit moment is het nog in oplossing; het rutiel-vormende proces komt erna, zoals hierboven beschreven. Het resultaat is een volledig uniforme ster (Afb. 1). Deze synthetische stenen zijn vrij gemakkelijk te herkennen: zij hebben een onnatuurlijk scherpe en zeer langarmige ster, die bovendien vaak samengaat met een felle basiskleur van de cabochon.

Sommige natuurlijke robijn- en saffierstenen hebben weliswaar voldoende titaan in hun rooster, maar hebben in hun geologische geschiedenis nooit de langzame afkoelingsperiode meegemaakt die nodig is om het als rutiel te laten uitkristalliseren. Ook bij deze stenen zal een hittebehandeling in een laboratorium tot het ontstaan van een stereffect leiden. Maar in dit natuurlijke materiaal kunnen met deze behandeling vervelende bijverschijnselen optreden zoals ongewenste kleurveranderingen en de groei van opake (ondoorzichtige) insluitsels. Het is ook mogelijk om met dit proces ongewenst dikke rutielsnaalden uit natuurlijke stenen te verwijderen: de stenen worden verhit tot de rutielsnaalden in oplossing zijn gegaan, en worden vervolgens snel afgekoeld.

Er bestaat ook een proces voor het aanbrengen op, of het verbeteren van sterren in natuurlijke korund. Een pasta van fijngepoederd aluminiumoxide en titaanoxide in de verhouding 2:1 wordt met water aangemaakt, en daarna op een korund-cabochon gesmeerd. Na drogen van de pasta wordt de steen gedurende 24 uur op 1800°C gehouden. Ten gevolge van diffusie dringt het titaanoxide in de steen door tot een diepte van ongeveer 0,1 mm. Een daaropvolgende langdurige hittebehandeling op een lagere temperatuur produceert de gewenste rutielsnaaldjes in die oppervlakkige laag. Na opnieuw polijsten van de steen is een stereffect zichtbaar.

Ook sterrobijn en stersaffier zijn geïmiteerd, maar deze imitaties zijn gemakkelijk te herkennen en hebben nooit succes gehad. Aan de onderzijde van doorschijnende **glascabochons** heeft men bv. verschillende sets evenwijdige lijnen aangebracht. Ook komt men glascabochons tegen waar aan de onderzijde met deze lijnensets folie gekit is. Deze imitaties worden verhandeld onder de wel zeer misleidende naam *True Star*. Een andere imitatie met een goede ster is gemaakt van

ondoorzichtig glas, geperst in cabochonvorm. Aan de onderzijde worden dan drie elkaar kruisende groeven aangebracht in de vorm van een ster. De steen wordt bedekt met een dunne laag diepblauw glas om de saffierkleur te imiteren. Maar bij het kantelen van dergelijke stenen beweegt de ster uiteraard niet: het herkennen van de imitatie is dus eenvoudig. De ster is echter goed zichtbaar, ook bij slechte verlichting, als natuurlijke sterstenen het laten afweten.

Een andere imitatievorm is het stersteen-**doublet**. Een doublet is een imitatie van een edelsteen, opgebouwd uit lagen van verschillend materiaal: de combinatie is een nabootsing van de kleur of een lichteffect van een echte edelsteen. Ter imitatie van een stersaffier gebruikt men een doublet van roze kwarts. Die bestaat uit een cabochon van zeer bleke roze kwarts met correct georiënteerde insluitels, met aan de onderzijde een spiegelende blauwe laag, die eventueel afgesloten wordt met een basisplaat van een ander materiaal. De spiegelende laag heeft natuurlijk alles te maken met het eerder vermelde dia-asterisme van roze kwarts: de ster is zichtbaar in doervallend licht. Zo'n doublet is makkelijk te herkennen. Men houdt de "steen" onder een gloeilamp: het peertje van de gloeilamp wordt dan gespiegeld in het kruispunt van de lichtstralen van de ster; brengt men dan de cabochon dichter bij het lichtpeertje, dan zal het spiegelbeeld groter worden! Natuurlijke sterstenen (zonder spiegel) doen dit uiteraard niet. Bovendien zijn ook kleur en glans van kwartscabochons anders dan die van korund.

Er bestaan ook doubletten met een basisvlak van echte sterkorund, die wordt afgedekt met een cabochon van synthetisch materiaal.

Een stersteen-**tripleet** is een imitatie die uit drie componenten is samengesteld. Onder- en bovendeel bestaan meestal uit een synthetisch materiaal met blauwe kleur (veelal spinel), met een middenlaag van uiterst dunne folie waarop lijnen zijn aangebracht onder een hoek van 120° die voor het stereffect moeten zorgen.

Katteogen

De cabochon-geslepen edelstenen met chatoyantie verliezen het in populariteit van de sterstenen. Men moet zich echter toch realiseren dat een **chrysoberyl**-katteoog tot de meer zeldzame en zeer waardevolle edelstenen behoort. Daarin zijn de lichtverstrooiende insluitels uiterst dunne haartjes van rutiel die, evenwijdig gerangschikt, in één richting liggen, en wel volgens de richting van de langste kristallografische as (Afb. 7). Het katteooffect van chrysoberyl kan ook veroorzaakt worden door sillimanietnaaldjes langs microscheurtjes. Belangrijke vindplaatsen van chrysoberyl met katteooffect zijn Sri Lanka en Brazilië. Zeer gewaardeerd is de doorschijnende honingkleurige en heldergele *cymofaan*. Tot de allerzeldzaamste stenen behoren de (bij verschillende lichtbronnen) rood-groen van kleur wisselende *alexandriet*-katteogen. Zij zijn gevormd uit chroom-houdende chrysoberyl met rutielinsluitels, een niet vaak voorkomende combinatie van de elementen beryl, chroom en titaan.

Kwarts-katteogen kunnen in hun beste kwaliteit soms het uiterlijk van chrysoberyl benaderen. De chatoyantie in kwarts ontstaat door de reflectie van licht op talrijke vezeltjes asbest. De kleur varieert van bruinachtig tot grijsgroen. De scherpte van de lichtlijn wisselt per steen. De belangrijkste vindplaatsen zijn Sri Lanka, India en Beieren. Uit dit laatste gebied komt ook groenkleurige katteoog van mindere kwaliteit.

Tijgeroog is een heel beroemde kwartsvariëteit met katteooffect. Tijgeroog ontstaat als krokidoliet (de asbest-variëteit van de blauwe amfibool riebeckiet) vervangen wordt door, of omgezet wordt in kwarts: kwarts vormt een *pseudomorf* naar krokidoliet. De samenstelling is veranderd, maar de oorspronkelijke

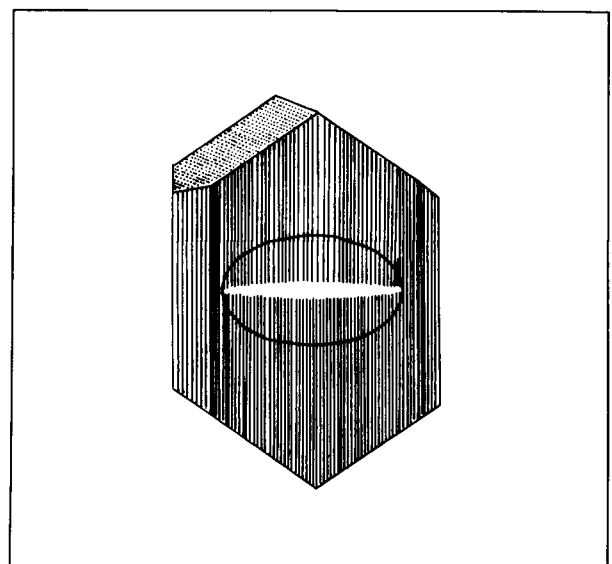
vorm, de vezelstructuur, blijft gehandhaafd. De vezels zijn meestal gebeitst door limoniet (ijzerhydroxide), dat het mineraal de prachtige goudbruine kleur geeft. De gouden en meer bruine banden staan loodrecht op de vezels, en gaan geleidelijk in elkaar over. De stenen zijn meestal doorzichtig tot opaak. Een bonte afwisseling van blauwe en geelbruine vlekken ontstaat als willekeurige gedeelten van het oorspronkelijke blauwe asbest bewaard gebleven zijn; deze variëteit noemt men *zebra*. De term *valkeoog* wordt gebruikt voor materiaal waarin de blauwe kleur nog geheel aanwezig is. Door verhitting van de goudkleurige krokidoliet verandert de bruine limoniet in roodgekleurd hematiet: zo ontstaat een rode steen. Kunstmatige beitsing van het materiaal resulteert meestal in dermate onnatuurlijke kleuren dat het proces makkelijk herkend wordt. De belangrijkste vindplaats van tijgeroog is Griqualand-West in Zuid-Afrika.

Andere stenen met katteogen

Nog vele andere mineralen naast chrysoberyl en kwarts kunnen een katteooffect hebben, mits het cabochonslijpsel juist georiënteerd is, en de noodzakelijke insluitels of interne structuur aanwezig zijn. Uit het edelsteengrind van Sri Lanka is prachtig blauwe apatiet afkomstig, die soms een vezelachtige structuur bezit. *Fibroliet*, een vezelige variëteit van sillimaniet, heeft een katteoog in cabochons die een grijzig-groene kleur hebben. Burma produceert roze, witte en paarse katteoogstenen van skapoliet met lange, evenwijdige holten in de structuur. Een vezelige variëteit van chrysoetiel, *sateliet*, heeft eveneens een katteooffect; grijze tot grijsblauwe stenen komen uit Californië.

De volgende mineralen kunnen eveneens in cabochons een katteoog vertonen: actinoliet, beryl, korund, chroomdiopsied, enstatiet, *maansteen* (een variëteit van kaliveldspaat), kornepuien (Afb. 2), kyaniet, petaliet, zirkoon, *kunziet* (een variëteit van spodumeen), toermalijn, olivijn, prehniet. Ook van het vulkanisch glas obsidiaan kan men katteoogstenen slijpen.

Graag wil ik Drs. E.A.J. Burke (Vrije Universiteit, Amsterdam) bedanken voor zijn hulp bij het totstandkomen van de definitieve versie van het manuscript. Dr. C.E.S. Arps (Rijksmuseum van Geologie en Mineralogie, Leiden) ben ik zeer erkentelijk voor de ter beschikking gestelde foto's.



Afb. 7. Kristal van chrysoberyl met vezelige insluitels evenwijdig aan de verticale as. De oriëntatie van het te slijpen cabochon is ingetekend, met het verwachte katteooffect, loodrecht op de vezels.