

Kleur en miskleur in de aardkorst

J. Tichelman.

SUMMARY

This article deals with the difference between allochromatic and idiochromatic minerals. Allochromatic minerals derive their colors from certain metallic oxyds or from pollution by other minerals. In idiochromatic minerals the color is a characteristic and intrinsic value of the mineral itself.

Algemeen bekend is wel dat in de levende natuur alle mogelijke kleurschakeringen overvloedig voorkomen. Hetzelfde geldt, zij het minder in het oog springend, voor de dode natuur: Ook in de gesteenten en mineralen komt een rijkdom aan kleurschakeringen voor die een vergelijking met de verzamelde werken van Karel Appel glansrijk zou kunnen doorstaan.

In iedere representatieve mineralenverzameling springt dit direct naar voren: Een rood, roder dan dat van bijv. *realgaar* (mits niet te lang aan daglicht blootgesteld), is nauwelijks denkbaar; *zwavel*-kristallen zijn haast 'geler dan geel', en ook de andere hoofdkleuren presenteren zich in diverse mineralen in hun zuiverste vorm. Ter illustratie een willekeurige greep: het helder-blaauwe *chalcanthiet*, het diep-groene *malachiet* of het appelgroene *chrysopraas*, het puur oranje *wulfeniet* en de violette *amethyst* ontbreken in geen enkele collectie. Ook de beide uitersten wit en zwart kennen in het mineralenrijk talloze representanten. Overigens is zwart natuurkundig gezien geen kleur, maar daarentegen een afwezigheid van kleur. Ik stel u echter voor in het bestek van dit artikel de fysische kanten van het verschijnsel kleur (kleur = weerkaatsing van verschillende soorten licht) maar buiten beschouwing te laten.

De kleur van een mineraal is een zeer belangrijk hulpmiddel bij een directe determinatie van een (niet te zeldzaam of te onbekend) mineraal. Hoewel de kleur alleen nimmer voldoende is om te bepalen met welk mineraal we te doen hebben, geeft hij tezamen met één of meer andere gemakkelijk vast te stellen eigenschappen als kristalvorm, hardheid of soortelijk gewicht, in veel gevallen à la minute de beslissende aanwijzing bij de determinatie. Alleen als er in één bepaalde kleurvariant slechts één mineraalsoort voor zou komen, zou determinatie aan de hand van de kleur alleen mogelijk zijn. Voorzover mij bekend bestaan er geen mineralen die het monopolie op een bepaalde kleur bezitten. De zeldzaamste hoofdkleur in het mineralenrijk is, dacht ik, wel het violet. Toch is het onmogelijk bij verontachtzaming van alle andere eigenschappen vast te stellen of we met amethyst of met bijv. violette fluoriet te doen hebben.

In zelfs de allereenvoudigste determinatie- of veldboekjes worden de kleuren van de belangrijkste mineralen vermeld en niet zelden vinden we zelfs speciale lijstjes van rode, groene, bruine etc. mineralen, hetgeen het belang van de kleur als determinatiepunt nog eens onderstreept. Ook op dit gebied komen de diverse kleuren natuurlijk in talloze schakeringen en vermengingen voor. We kennen bloedrood, scharlakenrood, grasgroen en appelgroen. Alle hoofdkleuren komen in zoveel nuances voor dat onze taal voor lang niet alle schakeringen een eigen woord kent of misschien alleen in het vakjargon van een verffabrikant. Laten wij ons hierin nu niet verdiepen. Het lijkt mij weinig zinvol in het kader van deze beschouwing

eveneens uitgebreide lijsten van gele, bruine, zwarte etc. mineralen op te nemen. Veel interessanter is het eens na te gaan wat de kleuren ons over het wezen van de mineralen kunnen vertellen.

Wanneer we in een glas water een kleine druppel blauwe inkt laten vallen, dan verkrijgt ook het water door deze inktverontreiniging een licht-blauwe kleur. Dit verschijnsel van verontreiniging komen we ook in de mineralogie zeer veelvuldig tegen. Een groot aantal mineralen dat van nature bijv. kleurloos is, heeft door verontreiniging een bepaalde kleur gekregen. Dit zijn de zg. *allochromatische mineralen* (gr. *allos* = ander en *chroma* = kleur), in tegenstelling tot de *idiochromatische mineralen*, die een bepaalde kleur van nature bezitten (*idios* = eigen). Beperken we ons verder tot de allochromatische mineralen; over de idiochromatische is nu eenmaal minder discussie mogelijk.

Korund (Al_2O_3) is van nature kleurloos. Door verontreiniging door diverse elementen zijn korundvariëteiten in verschillende kleuren ontstaan. *Robijn* is korund dat door aan een uiterst geringe verontreiniging door chroomoxyde zijn schitterend rode kleur te danken heeft. De *sapphiet* is een blauwe variëteit van hetzelfde korund (verontreinigd door Fe- en Ti-oxyden).

'Verontreinigd' is in onze taal bepaald een negatief geladen woord. Dat dit voor wat de mineralogie betreft niet helemaal gerechtvaardigd is, blijkt wel uit het bovenstaande voorbeeld. De mens die zich zo gaarne met juwelen siert, heeft zich voor deze verontreinigde korunden al eeuwen lang veel meer geïnteresseerd dan voor het zuivere mineraal.

Analoge voorbeelden vinden we bij vele andere bekende edelstenen. Juist bij deze categorie manifesteert het allochromisme zich zo spectaculair. Dit neemt echter niet weg dat relatief 'gewone' mineralen zeker even dikwijls verontreinigd aange troffen worden.

We illustreren het bovenstaande met nog enige voorbeelden.

Het mineraal *beryl* ($Be_3Al_2(SiO_3)_6$) is evenals korund in zijn zuivere vorm volkomen kleurloos. Dat desondanks de gemmologie diverse gekleurde variëteiten onderscheidt, is weer aan allochromisme te danken: zo onderkennen we rose (*morganiet*), goudkleurige (*heliodoor*), blauw-groene (*aquamarijn*) en fel-groene (*smaragd*) beryl.

Voorbeelden van veelkleurigheid onder de niet-edelstenen vinden we bij tientallen mineraalsoorten; we behoeven alleen maar aan het alom bekende *fluoriet* (CaF_2) te denken. Zelfs bij de meest gewone mineralen als de glimmers, de veldspaten en bijv. *calciet*, is het verschijnsel aan de orde van de dag. Alleen omdat de mensheid voor deze mineralen altijd minder belangstelling heeft gekoesterd dan voor de edelstenen, zijn eigen benamingen voor de diverse kleurvariëteiten of nooit uitgedacht ofwel nimmer ingeburgerd.

Wat is nu de aard van de verontreinigende stoffen zelf en hoe komt de verontreiniging tot stand?

In verreweg de meeste gevallen zijn *metaaloxiden* debet aan de diverse kleurvariëaties. Lang niet alle metalen bezitten dit kleurend vermogen; nagenoeg altijd zijn Fe-, Ni-, Mn-, Co-, Ti-, Cu-, Cr- en Va-oxyden de 'schuldigen'. Vooral de Cr-oxyden beschikken over een buitengewoon sterk kleurend vermogen, zoals hierboven reeds bleek bij robijn (rood) en smaragd (groen)¹⁾ en bijv. ook tot uiting komt bij de glimmervarianten *kämmereriet* (rood) en *fuchsiet* (groen).

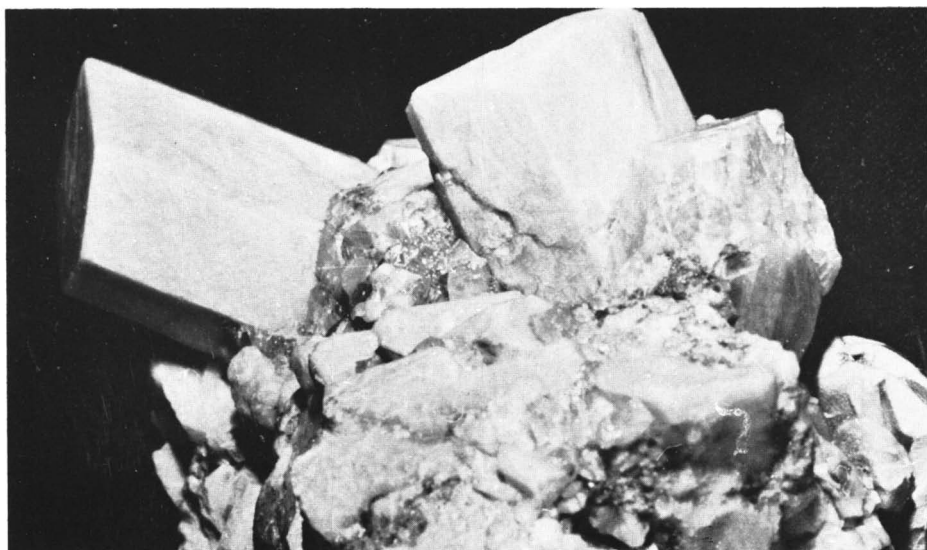
Fe-, Mn- en Co-oxyden veroorzaken meestal een rode tot rose kleur (bijv. het hierboven al genoemde morganiet), hoewel Fe, al naar gelang de chemische samen-



Bariet-kristallen van Marokkaanse vinplaats. De kristallen zijn zacht-rose van kleur, maar de kras is zuiver wit. De rose kleur is hoogstwaarschijnlijk in dit geval door cobalt-oxyde veroorzaakt.

Ware grootte van de kristalgroep 10×6 cm.

Verzameling: J. Tichelman, Zwolle.



Helder-groene amazoniet-kristallen van Pikes Peak, Colo. U.S.A. Amazoniet is een variant van microklien, dat in zuivere vorm wit van kleur is. De groene kleur van amazoniet vindt zijn oorzaak in verontreiniging door koper.

Ware grootte 11×8 cm.

Verzameling: J. Tichelman, Zwolle.

stelling van het moedermineraal, voor diverse kleurschakeringen kan zorgen. De oxyden van Cu en Ni staan meestal borg voor een groene kleuring²⁾: De kwartsvariant *chrysopraas* bijv. dankt zijn kleur aan een 3 % Ni-verontreiniging. Niet alleen de bovengenoemde metaal-oxyden kunnen als kleurverontreiniger optreden: Hoewel veel zeldzamer, kunnen ook andere stoffen als de veroorzakers van kleurveranderingen aangewezen worden. Zo zijn de kleurschakeringen in *fluoriet* hoogstwaarschijnlijk te danken aan verontreiniging door verschillende kool-waterstofverbindingen. Ook *coelestien* (SrSO₄) dankt zijn vaak lichtblauwe kleur aan een verontreiniging door organische producten.

Voor een duidelijke kleuring van een mineraal is meestal een uitermate geringe verontreiniging reeds voldoende: de hoeveelheid Cr- en Fe-oxyde in robijn resp. aquamarijn bedraagt slechts 3 à 4 pro mille. Een aantal ionen van één der componenten van het oorspronkelijke mineraal is tijdens de kristallisatie vervangen door ionen van het kleurende metaal-oxyde³⁾. Op hoe grote schaal deze vervanging heeft plaats gevonden, hoe sterker ook de mate van verkleuring. Meestal is percentageswijze de hoeveelheid kleurstof dermate gering dat hij niet of nauwelijks analyseerbaar is of slechts langs spectografische weg kan worden vastgesteld. Hoewel deze analysemogelijkheid voor de amateur-mineraloog of -gemmaar meestal onbereikbaar zal zijn, kan hij toch wel op zeer eenvoudige wijze vaststellen of hij met een allochromatisch of met een idiochromatisch mineraal te doen heeft. We keren daartoe terug naar ons eerste voorbeeld van de druppel inkt in het glas water. Door verontreiniging door de ene druppel had al het water een blauwe kleur gekregen. Nemen we uit deze hoeveelheid water weer een druppel, dan valt van de verontreiniging, zelfs bij nauwkeurige waarneming, met het blote oog niets te bespeuren; het grauwe water van een stadgracht is in zijn totaliteit ondoorzichtig, maar ook hier zien we dat één druppel van dit zelfde grachtwater met het blote oog nauwelijks van helder leidingwater valt te onderscheiden. Precies dezelfde methode kunnen we ook toepassen: bij het vaststellen of we al of niet met allochromatische = verontreinigde mineralen te doen hebben: We behoeven het grote brok, in analogie met de druppels, slechts in minuscule deeltjes te verdelen; in deze deeltjes is eveneens de verontreiniging niet direct meer waarneembaar.

Gelukkig behoeven we hiertoe onze korunden en beryllen niet onder een voorhamer te verbrijzelen, maar hebben de mineralogen een iets subtielere methode uitgedacht met behulp van een porseleinen strijkplaatje.

Waarschijnlijk is het systeem u niet onbekend: wanneer met een mineraal op een dergelijk plaatje gekrast wordt, ontstaat een kras van een bepaalde kleur, tenzij natuurlijk met een kleurloos mineraal gekrast wordt. Bij dit krassen worden minuscule deeltjes van het betreffende mineraal op het plaatje afgezet. Krassen we met een idiochromatische mineraal als bijv. *realgaar*, dan is de kras, evenals het mineraal zelf helder rood, omdat zelfs de kleinste deeltjes van het realgaar de rode kleur bezitten. Krassen we met de even rode robijn, dan is de kras even kleurloos als onverontreinigde korund, omdat bij het krassen zulke kleine deeltjes worden afgezet dat de verontreiniging niet meer zichtbaar (hoewel natuurlijk nog wel aanwezig) is. Hetzelfde gaat op bij een grote categorie allochromatische mineralen. Alleen wanneer bijv. een van nature groen mineraal door een groen-kleurende stof verontreinigd zou zijn, is de krasmethode niet toepasbaar.

De krasmethode is een algemeen aanvaarde methode en is één van de factoren die een vlugge determinatie 'te velde' mede mogelijk maken. De meeste hand-

en determinatieboeken geven naast de kleur van het mineraal tevens de kleur van de kras.

Kleurvariaties kunnen echter ook veroorzaakt worden doordat tijdens het ontstaan van een mineraal andere mineralen zich door de moedersubstantie voegen zonder dat van een vorm van ionensubstitutie sprake is. Deze verontreiniging d.m.v. bijv. niet-isomorfe insluitsels is meestal van een veel grovere orde en is in staat de chemische structuur van het moedermineraal te beïnvloeden of dit mineraal volkomen te vertroebelen. De verontreinigers zijn soms als afzonderlijke partikeltjes of kristalnaaldjes waarneembaar. Net als bij de eerstbehandelde allochromatische mineralen kunnen, zij het hier op een geheel andere wijze, metaal-oxyden de oorzaak van de verontreiniging zijn. Met name zij het ijzer-oxyde *hematiet* (Fe_2O_3), dat vele mineralen en gesteenten een rode kleur geeft, genoemd. Voor deze laatste categorie van allochromatische mineralen hebben we bij de determinatie aan de krasmethode natuurlijk geen houvast. Zodra immers de verontreiniger een wezenlijk bestanddeel van een gesteente uit gaat maken, bepaalt hij mede de kleur van de kras. Vanzelfsprekend komt deze vorm van verontreiniging ook bij edelstenen voor. Anders dan bij ionensubstitutie doet hij hier afbreuk aan de zuiverheid en doorzichtigheid en dus aan de waarde van de stenen.

Tot slot een laatste vorm van kleuring, en wel de kleuring door hitte of straling. Het is in de edelsteenkunde een bekend verschijnsel dat stenen aan hitte blootgesteld, van kleur veranderen, hun kleur verliezen, dan wel hun kleur geïntensiveerd zien. We behoeven alleen maar te denken aan de kunstmatig of op natuurlijke wijze gebrande amethyst waar door de hittestraling de paarse kleur voor een gele heeft moeten wijken.

De bruine kleur van *rookkwarts* is vermoedelijk te danken aan radio-actieve straling. Er worden in zuivere rookkwarts tenminste geen verontreinigende bestanddelen aangetroffen, zodat — daar immers zuivere SiO_2 kleurloos is — voor de kleur een andere verklaring gezocht moet worden. Hitte kan namelijk bij een van nature kleurloos mineraal nimmer de oorzaak van kleuring zijn.

Aangezien hitte en radio-actieve straling als kleurbepalende omstandigheden in de mineralogie betrekkelijk zeldzaam zijn, wijden we over deze verschijnselen niet langer uit.

Wanneer we kunnen vaststellen of een mineraal allo- dan wel idiochromatisch is, dan zijn we bij de determinatie al weer een hele stap in de goede richting.