

# Zelfbouw-dichroscop voor de bepaling van pleochroïsme

door P. Tambuyser

## Inleiding

Pleochroïsme is de eigenschap die sommige mineralen bezitten om doorvallend licht in verschillende richtingen anders te absorberen. Dit kan leiden tot kleurverschillen wanneer een pleochroïtisch kristal vanuit verschillende richtingen bekeken wordt. Meestal is deze eigenschap niet op zicht waar te nemen, maar moeten we gebruik maken van hulpmiddelen zoals een polarisatiefilter, een polarisatiemicroscop of een dichroscop.

Hoe we zelf zo'n dichroscop kunnen maken en gebruiken als hulpmiddel bij de identificatie van doorzichtige kristallen en vooral edelstenen bespreken we aan het einde van dit artikel. Maar eerst willen we kort ingaan op kleur en pleochroïsme.

## Wat is kleur?

Gamma-stralen, X-stralen, ultraviolet stralen, zichtbaar licht, infrarood stralen en radiogolven zijn allemaal voorbeelden van elektromagnetische stralen. Deze stralen verschillen van elkaar door hun golflengten en op die basis kunnen we ze onderbrengen in wat we het elektromagnetische spectrum noemen.

Zichtbaar licht vertegenwoordigt slechts een kleine band in dit elektromagnetische spectrum, ruwweg gaande van 380 tot 780 nm (1 nm = nanometer =  $10^{-9}$  m = 10 Å). Wanneer een lichtbundel met een golflengte die binnen dit gebied ligt op ons netvlies valt, dan veroorzaakt dit een signaal dat door onze hersenen geïnterpreteerd wordt als een bepaalde kleur.

Afhankelijk van de golflengte onderscheiden we de volgende zeven kleuren:

Kleur	Golflengte (in nm)
violet	380 – 436
blauw	436 – 495
groen	495 – 566
geel	566 – 589
oranje	589 – 627
rood	627 – 780

Wanneer een lichtbundel die bestaat uit al deze golflengten op het netvlies terecht komt, dan interpreteren de hersenen dit als „wit licht“. Sturen we nu een bundel van dit witte licht door een kristal van een mineraal, dan wordt een gedeelte daarvan geabsorbeerd. Wanneer deze absorptie voor alle golflengten binnen het zichtbare gebied van het elektromagnetisch spectrum vrijwel gelijk is, dan zeggen we, dat het mineraal kleurloos is.

Gekleurde mineralen daarentegen absorberen bepaalde golflengten meer dan andere. Nemen we bijvoorbeeld een rood kristal. In zo'n kristal worden lichtstralen met kortere golflengten (blauw, groen) sterker geabsorbeerd dan deze met langere golflengten (rood). Het totale effect wordt door de hersenen geïnterpreteerd als een rode kleur.

De kleur van een mineraal in doorvallend licht hangt dus af van de spectrale samenstelling van het invallende licht en van de mate waarin dat invallende licht door het mineraal geabsorbeerd wordt.

De kleur van het mineraal is dan de combinatie van die golflengten die het netvlies bereiken.

## Pleochroïsme

Voor optisch isotrope kristallen is de lichtabsorptie onafhankelijk van de richting die de lichtbundel in het kristal volgt. Een kristal is optisch isotroop wanneer de optische eigenschappen van het kristal in alle kristallografische richtingen gelijk zijn. Dit is het geval voor alle mineralen die tot het kubisch stelsel behoren en voor alle amorfe stoffen (bv. glas).

In een optisch anisotroop kristal (= alle kristallen die niet tot het kubisch stelsel behoren) hangen de intensiteit en de aard van de absorptie af van de richting van de lichtbundel en de trillingsrichting van het licht binnen het kristal. Licht kan opgevat worden als een transversale golf waarvan de trillingsrichting loodrecht staat op de voortplantingsrichting. Er zijn zo een oneindig aantal trillingsrichtingen. Wanneer we een lichtbundel hebben waarvan de trillingsrichting beperkt is tot één vlak, dan noemen we dat licht vlak-gepolariseerd.

Wanneer we een bundel gepolariseerd licht door een anisotroop kristal sturen, dan zal dat kristal in verschillende richtingen en voor verschillende polarisatie-richtingen van het licht een verschil in kleur of kleurintensiteit vertonen. Deze selectieve absorptie noemen we pleochroïsme. We maken verder nog onderscheid tussen dichroïsme en trichroïsme naargelang er twee of drie verschillende kleuren (of kleurintensiteiten) kunnen worden waargenomen. Di- en trichroïsme komt voor bij kristallen die één, respectievelijk twee optische assen hebben. De optische as is een richting in een anisotroop kristal waarlangs het kristal optisch isotroop is. In tetragonale en hexagonale kristallen is die as evenwijdig aan de c-as; kristallen die tot deze stelsels behoren, noemen we optisch eenassig. In orthorhombische, monokliene en trikliene kristallen zijn er twee zulke assen en dergelijke kristallen noemen we optisch tweepassig.

## Waarneming van pleochroïsme

### Waarneming met het blote oog

Slechts zelden is pleochroïsme met het blote oog waar te nemen. Een voorbeeld is de roze spodumeenvariëteit kunziet. Wanneer we een kristal van dit mineraal bekijken kunnen we, al naargelang de richting, een roze of een lila kleur waarnemen.

### Waarneming in gepolariseerd licht

Ideaal voor de waarneming van pleochroïsme, is gebruik te maken van gepolariseerd licht. Op die manier hebben we

èn de richting van de bundel èn de trillingsrichting van het licht onder controle.

Om gepolariseerd licht te krijgen, kunnen we gebruik maken van een polarisatiefilter. Wanneer we een optisch anisotroop kristal voor zo'n filter (bv een stuk polaroid) houden en vervolgens het kristal draaien ten opzichte van het filter (dus t.o.v. de trillingsrichting van het gepolariseerde licht) dan manifesteert het pleochroïsme zich door verschillen in kleur of kleurintensiteit tijdens het draaien van het kristal. Van een optisch eenassig kristal zijn de uiterste kleurverschillen te zien in de stand waarin de optische as samenvalt met de trillingsrichting van de lichtbundel en in deze waarin ze een hoek van  $90^\circ$  met die richting maakt. In de tussenstanden zien we uiteraard mengkleuren.

Een vrij extreem geval van dichroïsme is toermalijn. Een lichtstraal, die evenwijdig aan de optische as trilt, wordt sterk geabsorbeerd terwijl een lichtstraal die loodrecht op deze as trilt zonder veel absorptie doorgelaten wordt. In een polarisatiefilter maakt men gebruik van kristallen die zich optisch net zoals toermalijn gedragen. Op die manier wordt gewoon licht omgezet in gepolariseerd licht.

Erg geschikt voor het waarnemen van pleochroïsme is natuurlijk ook de polarisatiemicroscoop. Door de paraat tafel te roteren, kunnen we de verschillen in lichtabsorptie waarnemen. Men moet er wel op letten de analyzer uit de lichtbundel te halen om interferentiekleuren te vermijden.

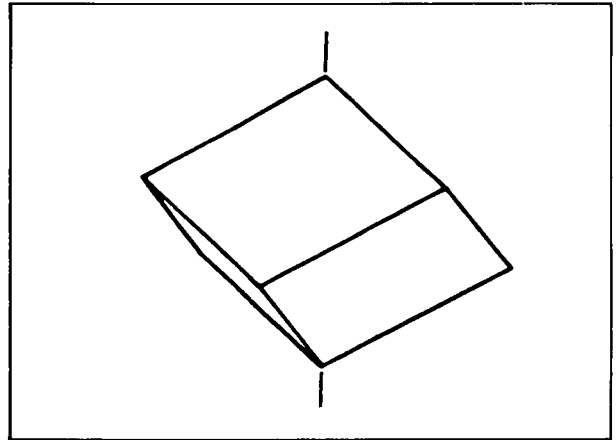
#### Waarneming met de dichroscoop

Het nadeel van de methode met polarisatiefilter is dat we kleurverschillen na elkaar zien en dat geringe verschillen meestal niet of moeilijk waarneembaar zijn. In de dichroscoop (ook Haidinger-loupe genaamd) daarentegen zijn de kleuren naast elkaar te zien, wat de herkenning van pleochroïsme sterk vergemakkelijkt. In de dichroscoop wordt een invallende lichtbundel, door toedoen van een calcietsplijtstuk, opgesplitst in twee gepolariseerde bundels waarvan de trillingsrichtingen loodrecht op elkaar staan. We kunnen dan ook het eventuele verschil in absorptie van de twee loodrecht op elkaar staande trillingscomponenten van het doorvallende licht waarnemen.

In de volgende paragraaf vindt u de nodige aanwijzingen om zelf een dichroscoop te maken.

#### Zelf een dichroscoop maken

Het basisonderdeel van onze dichroscoop is een calcietsplijtfragment. Niet elk calcietsplijtfragment komt zonder meer in aanmerking; het stuk calciet dat wij nodig hebben moet zeer helder, kleurloos, doorzichtig, kortom een foutloos splijtfragment zijn. Dergelijke optisch zuivere calcietsplijtfragmenten zijn al sinds meer dan 300 jaar bekend onder de naam IJslandspaat. Splijtstukken van IJslandspaat zijn waarschijnlijk niet meer te bemachtigen, maar op een mineralenbeurs vinden we allicht goede specimina van andere vindplaatsen (o.a. Chihuahua, Mexico). Is eenmaal zo'n splijtfragment bemachtigd, dan loont het de moeite om er even mee te experimenteren. Calciet behoort tot het hexagonale kristalstelsel (hexagonaal skalenoëdrische klasse) en splijtfragmenten zijn begrensd door zes rhomboëdervlakken (afb. 1). Wanneer we ons calcietsplijtstuk met één van de rhomboëdervlakken op een tekst leggen, dan zien we deze tekst dubbel. We noemen dit verschijnsel dubbelbreking. De stralengang in het calcietsplijtfragment is geïllustreerd in afb. 2. De inval-



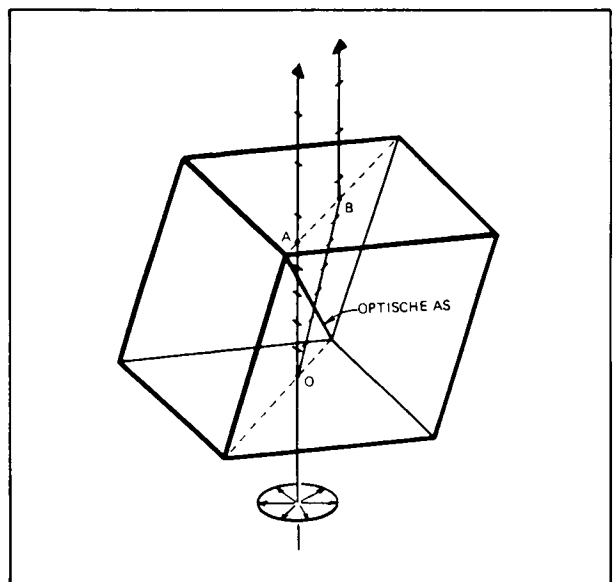
Afb. 1. Splijtingsrhomboëder van calciet met de c-as erop aangeduid.

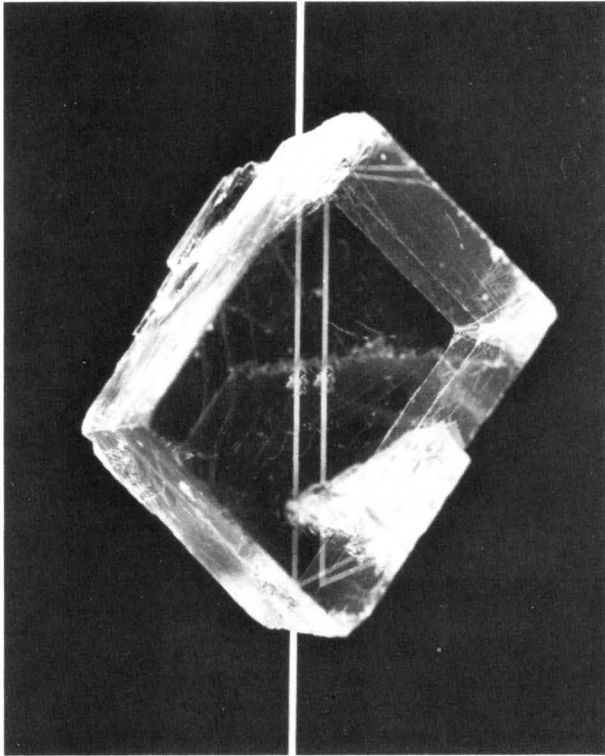
lende niet-gepolariseerde lichtstraal wordt opgesplitst in twee stralen OA en OB. De straal OA noemen we de gewone straal, terwijl we OB de buitengewone straal noemen omdat haar gedrag afwijkt van de klassieke wetten der lichtbreking (wet van Snellius). Kijken we door ons stuk calciet naar een punt op het papier, dan zien we twee punten, één gevormd door de gewone, het andere door de buitengewone stalengang.

Gewone en buitengewone stralen kunnen we onderscheiden door het splijtfragment op het papier te roteren. Een van de punten blijft nu stationair (straal OA in afb. 2), terwijl het andere een cirkel om het eerste beschrijft (straal OB).

Reeds in 1811 werd door Fresnel en Arago aangetoond dat de gewone en de buitengewone straal loodrecht op elkaar gepolariseerd zijn (in afb. 2 door streepjes aangegeven). We kunnen dit nagaan door het calcietsplijtfragment

Afb. 2. Dubbelbreking in een calcietsplijtfragment; niet-gepolariseerd invallend licht wordt opgesplitst in twee loodrecht op elkaar gepolariseerde bundels OA en OB (OA is de gewone straal en OB de buitengewone).





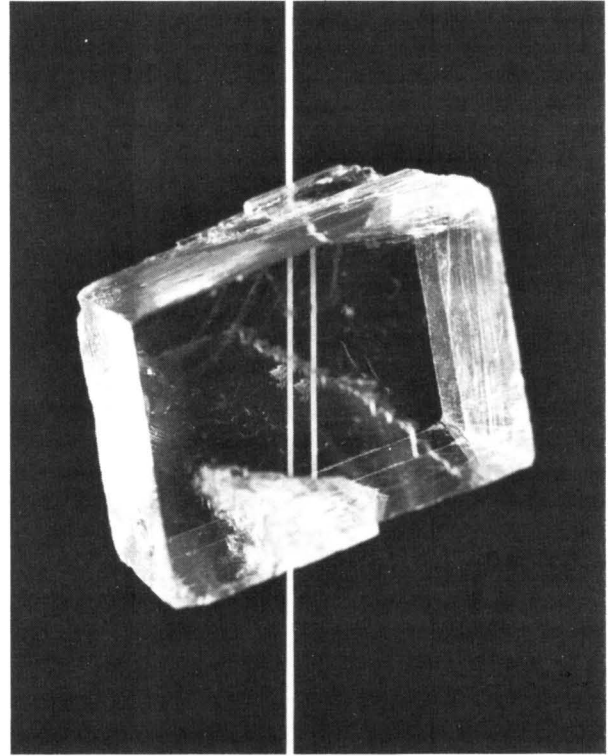
Afb. 3 (a,b,c,d). De afstand tussen de waargenomen lijnen varieert door het splijtfragment te roteren.

weer op een tekst te leggen en de hele situatie door een polarisatiefilter of een stuk polaroid te bekijken. Draaien we nu het filter in plaats van het stuk calciet, dan zien we de twee beelden om beurten verdwijnen.

We kunnen nog verder experimenteren. Kijken we weer door het splijtfragment naar een punt op papier. We kunnen nu trachten om de afstand tussen de twee waargenomen punten te verminderen door het splijtstuk te kantelen. Na enig proberen zal het duidelijk zijn dat de twee punten samenvallen wanneer we ze bekijken langs de as die we reeds in afb. 1 tekenden. Door reflecties op de vlakken is het echter onmogelijk om deze situatie waar te nemen, tenzij we loodrecht op die as twee evenwijdige vlakken aan de rhomboëder zouden polijsten. Deze as is de optische as van calciet waarlangs het mineraal optisch isotroop en waarlangs dus geen dubbelbreking optreedt.

Uit onze experimenten weten we nu dat een niet-gepolariseerde lichtbundel bij doorgang door een calciet-splijtfragment opgesplitst wordt in twee bundels die loodrecht op elkaar gepolariseerd zijn (tenminste wanneer de bundel niet evenwijdig aan de optische as binnenvalt). Dit is net wat we nodig hebben om lichtabsorptieverschillen in anisotrope kristallen te bestuderen. We willen immers nagaan of er voor een lichtbundel bij verschil in polarisatie-richtingen ook verschil in absorptie waar te nemen is.

Om het calciet-splijtfragment als analysator te kunnen gebruiken moeten we het aan een kant van een collimator (een soort venstertje) voorzien. Om de breedte van het venster te bepalen, leggen we het calciet-splijtstuk met een van zijn rhomboëdervlakken op een blad papier waarop



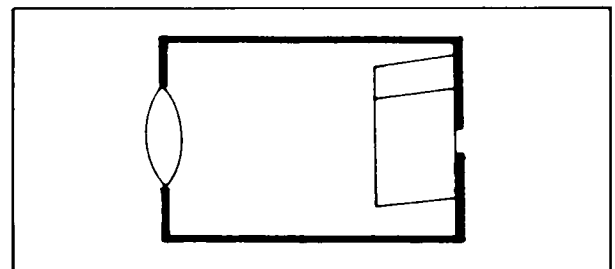
we een rechte lijn getekend hebben. We draaien het stuk calciet op het papier tot de afstand tussen de twee waargenomen lijnen het grootst is (afb. 3). Deze afstand (orde van grootte 1 mm) die afhankelijk is van de dikte van het splijtfragment, is nu de breedte van het venstertje. Voor de hoogte van het venstertje, dat we uit dun zwart karton uitsnijden, nemen we zo'n 5 mm.

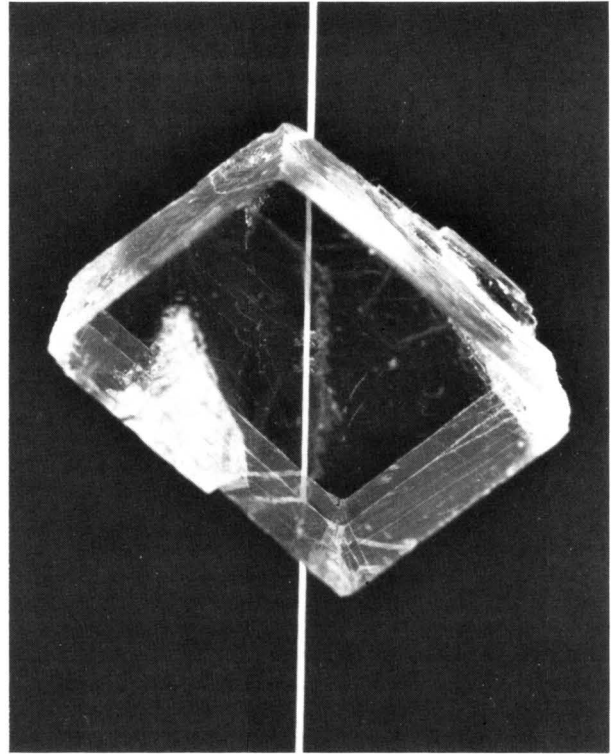
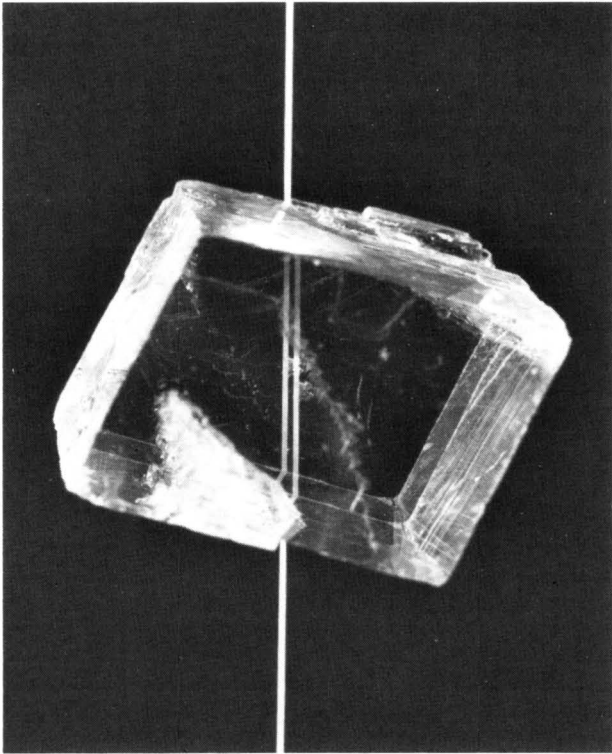
We moeten het stukje karton met het rechthoekige venstertje nu zodanig op het rhomboëdervlak bevestigen (kleven) dat de lengterichting van het venstertje samenvalt met de ligging van de lijn uit ons laatste experiment. Kijken we door het splijtfragment naar het opgekleefde stuk karton, dan zien we de twee afbeeldingen van het venstertje mooi naast elkaar. Houden we nu een doorzichtig kristal dat pleochroïsme vertoont tegen het venstertje, dan zien we dat beide afbeeldingen van het venstertje een verschillende kleur of kleurintensiteit vertonen. Onze dichroscoop is in principe af.

Toch loont het de moeite om het splijtfragment in een buisje of doosje in te bouwen en het geheel van een vergrotend lensje te voorzien (afb. 4).

We kunnen onze dichroscoop nu gebruiken om transparante kristallen op pleochroïsme te testen.

Afb. 4. Eenvoudige dichroscoop met vergrotende lens, calciet-splijtfragment en collimator.





## ONDRSLIJPEN: een industriële oplossing

door Bob Rijbroek

Op zoek naar „tips van de vakman“ op het gebied van slijpen en polijsten belandde ik onlangs in een industrieel laboratorium, waar men zich bezig houdt met het fysisch onderzoek van vuurvaste stenen en bemetselingen.

Nagegaan wordt hoe de verschillende steensoorten zich onder bedrijfsomstandigheden bij hoge temperaturen gedragen en op welke wijze de structuur en de samenstelling hierdoor veranderen.

Hiertoe worden de steenmonsters doorgezaagd, geslepen en gepolijst en met behulp van een microscoop onderzocht. Ook vervaardigt men slijpplaatjes voor onderzoek met behulp van een polarisatiemicroscoop.

Aangezien de monsters soms erg bros zijn worden ze ingegoten in kunstharz en daarna met behulp van een diamantzaag doorgezaagd. Het slijpen gebeurt uitsluitend op watervast schuurpapier en wel in 4 fasen, te weten met korrelgrootte 200, 400, 600 en 800. Het schuurpapier is bevestigd op een hellende vlakke stalen plaat. Tijdens het slijpen wordt voortdurend water toegevoegd vanaf de hoogste kant van de plaat.

Als gevolg van insluitsels zijn er grote hardheidsverschillen. Men toonde mij ondermeer een stukje grafiet met daarin korrels van gesinterd aluminiumoxyde. Toch bleek men in staat dit monster perfect te polijsten. De theorie achter hun werkwijze is dat het polijstmiddel zich niet vrij tussen polijstschiif en te polijsten steen mag bewegen. Gebeurt dit wel, dan zullen de polijstkorrels, al rollend, op een zachtere plek in de steen belanden en al snel een kuiltje uitslijpen waaruit ze niet meer weggkomen, zodat het kuiltje steeds groter wordt, waardoor er weer polijst-

materiaal in terecht komt. enz. Dit verschijnsel wordt „onderslijpen“ genoemd, zie foto.

Om dit probleem op te lossen wordt gepolijst op een loden schijf, diameter 30 cm, toerental 50 omw./min. Als polijstmiddel gebruikt men een pasta bestaande uit aluminiumoxyde, korrelgrootte 0,5 micron en paraffineolie. Tijdens het polijsten worden de polijstkorrels gedeeltelijk in de loodschiif gedrukt waardoor ze op hun plaats blijven. Het doseren van de juiste hoeveelheid is hierbij erg belangrijk.

Gaat de schijf na verloop van tijd uitslijten dan wordt hij op een draaibank weer vlak gedraaid.

*Het geslepen oppervlak van een plakje steen met mineraalkorrels van ongelijke hardheid. De „sinaasappel-huid“ door onderslijpen is bij deze vergroting ( $\pm 15 \times$  lineair) wel heel duidelijk te zien!*

