

binnen in de onderzeese mijngangen en vormde aldus het door verzamelaars begeerde mineraal. Ook Connelliet, Buttgenbachiet en Arzruniet zijn koper-oxichloriden die gevormd zijn uit verwerende koperertsen van ertsaders, slakken, mijnsteenstorthopen e.d. De door de antieke Grieken bij Laurion in zee gedumpte ertsovenslakken bevatten ook in de loop der tijden gevormde koper-oxichloriden. Tenslotte worden in bazaltgeodes en bij vulkanische activiteit heel zelden enkele van dit type mineralen aangetroffen.

c. Lood

De genoemde slakken van Laurion zijn beroemd vanwege de loodoxichloriden die er vaak in zeer fraaie kristallen worden aangetroffen. Vooral de micromounter kijkt verzaligd op als de mineralen Laurioniet, Paralaurioniet, Fiedleriet, Heliophylliet, Penfieldiet, Ekdemiet en Boleiet ter sprake komen. Ook in andersoortige slakken vindt men soms enkele van deze mineralen terug. Het kan overigens een verhitte discussie opleveren over de vraag in hoeverre deze toch min of meer door menselijk ingrijpen in de natuur ontstane mineralen wel of niet natuurlijke producten zijn. Een kleine groeve in de Mendip Hills, Engeland, is beroemd vanwege de mineralen Mendipiet, Blixiet en Chloroxiphiet. Långban en Harstigen in Zweden waren al bekend vanwege de talloze zeldzame mangaan- en loodmineralen. Ook daar blijken loodoxichloriden als Blixiet, Periet, Nadoriet en Hematophaniet voor te komen.

De blauwe lood-koper-oxichloriden van (o.a.) Boleo, Mexico, zijn vanwege hun kleur en vaak prachtige kristalletjes terecht beroemd. Boleiet (bevat ook nog zilver), Pseudoboleiet, Diaboleiet, Cu-mengeiet, Percyiet en ook weer Chloroxiphiet komen er voor.

Zowel professionals als amateurs kunnen vereeuwigd worden in mineraalnamen: Bideaux, de conservator van de mineralen in het befaamde Smithsonian Instituut en Museum in Washington, wordt vereerd in de naam van het lood-zilver-oxichloride Bideauxiet. Neil Yedlin, een (inmiddels overleden) amateur-micromounter, kreeg het Yedliniet op zijn naam: een zeer bijzonder lood-chroom-oxichloride. De Italiaanse mijnningieur en mineraloog Sella werd vereeuwigd in de mineraalnaam Sellaiet (afb. 6).

LITERATUUR

- Fleischer, M.: Glossary of mineral species, 5th ed., 1987; The Mineralogical Record, Tucson, USA.
 Mason, B.: Principles of Geochemistry, 3d ed., 1966; John Wiley, New York, USA.
 Ramdohr, P. & Strunz, H.: Klockmanns Lehrbuch der Mineralogie, 16. Auflage, 1978; F. Enke Verlag, Stuttgart.
 Burke, E.A.J., e.a.: Fluoriet, Gea vol. 11 (1978), nr. 1.



Afb. 6. Naar de Italiaanse mijnningieur en mineraloog Quintino Sella (1827-1884) werd Sellaiet genoemd.

Mineralen als edelstenen

door E.A.J. Burke
 Instituut voor Aardwetenschappen
 Vrije Universiteit, Amsterdam

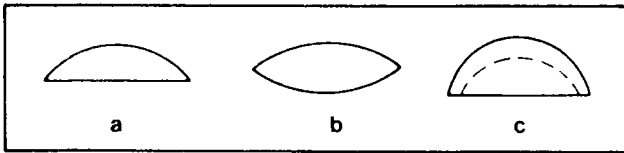
Inleiding

De term edelsteen is in een aantal landen (bv. in de USA, niet in Nederland) wettelijk beschermd: edelstenen zijn uit de natuur afkomstige stenen. De term omvat ook stoffen van organische oorsprong zoals parels, barnsteen, koraal en git. Deze vallen buiten de grenzen van dit artikel, waarin alleen mineralen beschreven worden. De wettelijke bescherming van edelstenen is ingevoerd om alle mogelijke imitaties uit te sluiten. Toch worden nabootsingen ondanks alle wetgeving soms als **synthetische edelstenen** omschreven. Die synthetische materialen moeten wel bestudeerd worden, want het is tegenwoordig een van de voornaamste taken van de gemmoloog (edelsteenkundige, naar het Latijnse woord gemma, in het Engels gem, voor edelsteen), om onderscheid te kunnen maken tussen natuurlijke en synthetische stenen. Deze vaak zeer moeilijke bepalingen zijn belangrijk, omdat een zeldzame edelsteen soms tot een paar honderd maal duurder kan zijn dan de zoveel erop lijkende synthetische imitatie. Het is ook belangrijk om te weten of een edelsteen zijn kleur van nature heeft, dan wel kunstmatig bijgekleurd of verbeterd is. Omdat mineralen aan zekere eisen moeten voldoen om als edelsteen in aanmerking te komen, is het aantal soorten edelstenen beperkt. Van de meer dan 3000 mineralen bezitten er slechts ongeveer 70 de juiste kwalificaties (Tabel I) en daarvan kunnen er eigenlijk slechts 15 beschouwd worden als belangrijke edelsteenmineralen. Deze zijn in Tabel I vet gedrukt. Deze tabel is niet allesomvattend; soms ziet men ook geslepen stenen van zeldzame of weinig gangbare mineralen: zij vallen al gauw in de categorie "curiosa". Mineralen worden ook gebruikt om er

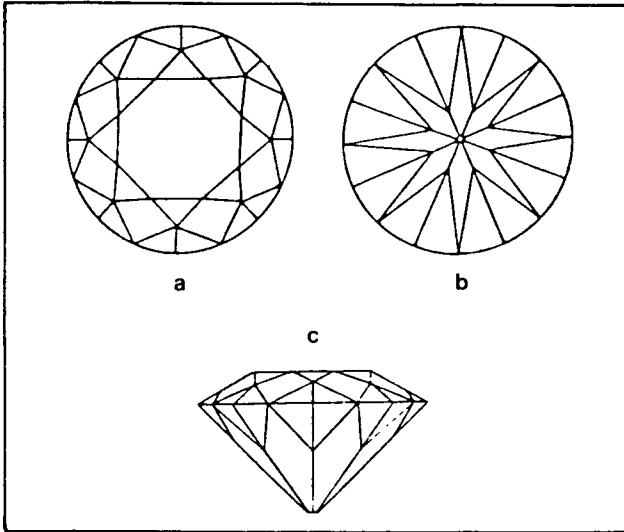
Tabel 1. Overzicht van de meest gangbare edel- en sierstenen. De edelstenen zijn vet gedrukt. (Naar Klein en Hurlbut, 1985)

ELEMENTEN	WOLFRAMATEN	vesuvianiet
diamant	scheeliet	axiniet
SULFIDEN	FOSFATEN	beryl
sfaleriet	berylloniet	cordieriet
pyriet	apatiet	toermalijn
OXIDEN	amblygoniet	enstatiet-hyperstheen
zinkiet	brazilianiet	diopsied
korund	turkoois	jadeiet (jade)
hematiet	varisciet	spodumeen
rutil	SILICATEN	rhodoniet
anataas	phenaciet	tremoliet-actinoliet
cassiteriet	willemiet	(nefriet-jade)
spinel	olivijn	serpentin
gahniet	granaat	talk
chrysoberyl	zirkoon	prehniet
HALIDEN	euklaas	chrysocol
fluoriet	andalusiet	dioptaas
CARBONATEN	sillimaniet	kwarts
calciet	kyaniet	opaal
rhodochrosiet	topaas	veldspaat
smithsoniet	stauroliet	danburiet
aragoniet	datoliet	sodaliet
malachiet	titaniet	lazuriet
azuriet	benitoiet	petaliet
SULFATEN	zoisiet	skapoliet
gips	epidoot	thomsoniet

Afb. 1. Verschillende cabochon-slijpsels: a) eenvoudige cabochon met vlakke basis en bolle bovenkant; b) dubbele cabochon; c) holle cabochon.



Afb. 2. Briljant-slijpsel van een diamant: a) boven-aanzicht met het grote tafel-facet; b) onder-aanzicht met het kleine centrale culet; c) zij-aanzicht.



sierstenen van te maken; de meeste mineralen in Tabel I worden zelfs meer als siersteen dan als edelsteen toegepast (bv. serpentiin, jadeiet).

In het kader van dit artikel is het niet mogelijk om een gedetailleerd overzicht te geven van de eigenschappen van de verschillende edelsteenmineralen en hun variëteiten. Er wordt een overzicht gegeven van de voornaamste begrippen en methoden in de gemmologie.

Edelsteenvereisten

Schoonheid is het belangrijkste kenmerk van edelstenen. De schoonheid wordt door een aantal factoren bepaald: kleur, glans, helderheid, en na zorgvuldig slijpen ook schittering en vuur. De meeste edelstenen hebben twee of meer van deze kwaliteiten, maar de schoonheid van sommige ondoorzichtige stenen als turkoois en lapis lazuli (lazuriet) bestaat enkel uit hun kleur. Opaal, een van de mooiste edelstenen, ontleent zijn aantrekkingskracht aan de spectrale kleuren die door diffractie van binnenuit opflitsen, een fenomeen dat men kleurenspeel noemt.

De meeste edelstenen worden verwerkt in persoonlijke sieraden; daarom moeten zij weerstand kunnen bieden tegen krassen en schuren. **Duurzaamheid** is dus de tweede vereiste aan een edelsteen: die hangt af van de hardheid en/of de taaiheid van het mineraal. De algemeen aanvaarde minimum hardheid van een edelsteen is 7 op de schaal van Mohs, de hardheid van het mineraal kwarts. Slechts 10-12 edelstenen voldoen aan die eis, maar stenen van zachtere mineralen kunnen evengoed jarenlang hun glans bewaren, mits zij met de nodige zorg gedragen worden. Maar ook harde edelstenen mag men niet nonchalant behandelen, want sommige zijn bros: zij breken of splijten bij een rake klap. Een aantal mineralen met een hardheid lager dan 7 zijn zeer taai, bv. nefriet-jade (een amfibool). Een klap die een diamant zou verbrijzelen, blijft bijna zonder gevolgen voor nefriet.

Naast de inherente eigenschappen van schoonheid en duurzaamheid zijn er andere factoren die van invloed zijn op de waarde van edelstenen.

De voornaamste factor is **zeldzaamheid**, sinds lange tijd een eigenschap van de vier zeer dure edelstenen: diamant, smaragd (een beryl), robijn en saffier (twee variëteiten van korund).

Sommige mensen beschouwen deze vier als de enige echte edelstenen; alle andere stenen zijn in hun ogen dan "sierstenen". De waarde van een edelsteen neemt toe als het aanbod vermindert. Daarentegen kunnen nieuwe ontdekkingen er voor zorgen dat een edelsteen in grote hoeveelheden beschikbaar komt: de waarde zal dalen, en de aantrekkingskracht van de stenen zal verdwijnen bij de weinigen die zich daarvoor de stenen konden (en wilden) veroorloven.

De waarde van edelstenen is ook onderworpen aan de nukken en grillen van de mode. In de 19e eeuw was de donkerrode pyroopgranaat uit Bohemen zeer in trek, terwijl er thans bijna geen vraag meer naar is. Een in Nederland normaal weinig gangbare steen als turkoois kon door een bepaalde mode (van één seizoen?) in 1985-1986 plotseling zo populair worden dat de imitaties niet aangesleept konden worden.

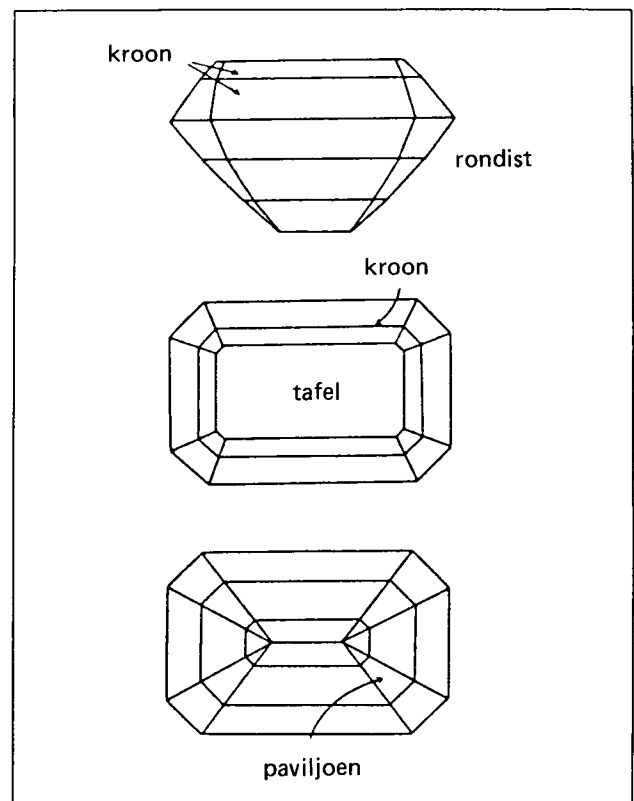
Een laatste, maar zeker niet de minste factor die bijdraagt aan de aantrekkelijkheid van edelstenen is een gevolg van de unieke combinatie van drie eigenschappen: hoge waarde, klein volume en gewicht, en haast volstrekte anonimiteit (slechts overtroffen door goud). In tijden van politieke onrust of economische onstabieliteit kunnen edelstenen makkelijk en onopvallend verplaatst worden.

Slijpsels van edelstenen

Het slijpsel van een steen is de vorm waarin hij geslepen is. Er zijn twee basistypen van slijpsels: de cabochon en de gefacetteerde steen.

De **cabochon** heeft meestal een vlakke basis en een min of meer bolle bovenkant (afb. 1). De doorsnede van een cabochon kan alle mogelijke vormen hebben: rond, ovaal, rechthoekig, hartvormig, etc.

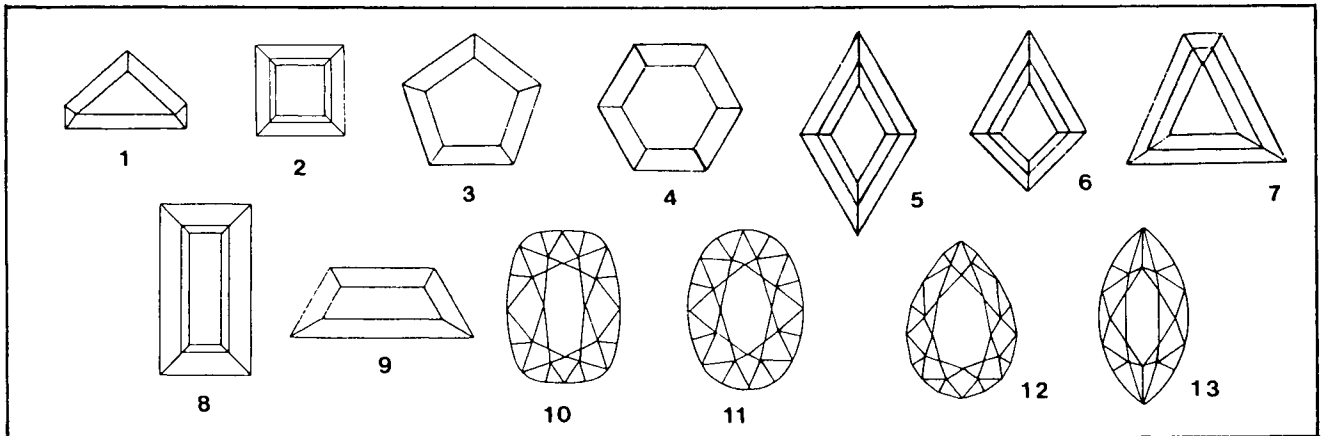
Een **gefacetteerde steen** wordt begrensd door geslepen en gepolijste vlakken (facetten); die vlakken hebben verschillende namen op de diverse plaatsen aan de steen. Afb. 2 toont het briljantslijpsel, het meest gangbare voor diamant. De bovenkant van de steen is de **kroon**, de onderkant het **paviljoen**, en de ribbe tussen kroon en paviljoen is de **boord**, of de **rondist**. Het grote



Afb. 3. Smaragd-slijpsel voor gekleurde edelstenen.

Afb. 4. Verschillende soorten slijpsels voor speciale doeleinden bij het ontwerpen van juwelen:
1. driehoek, 2. carré (vierkant), 3. vijfhoek, 4. zeshoek, 5. lozenge

(ruit), 6. vlieger, 7. sleutelgat, 8. baguette (staafje), 9. trapezium, 10. antiek, 11. ovaal, 12. pendeloque, 13. markies.



centrale bovenvlak van de kroon is de **tafel**, en het kleine centrale facet aan de onderkant is het **culet** (kollet).
Voor gekleurde edelstenen wordt vaak het **smaragdslijpsel** of **tafelslijpsel** gebruikt (afb. 3): de grote tafel zorgt er voor dat de kleur van de hele steen optimaal tot zijn recht komt.
Van bovenaf gezien kunnen gefacetteerde stenen in zeer veel vormen geslepen zijn: afb. 4 geeft een aantal voorbeelden.

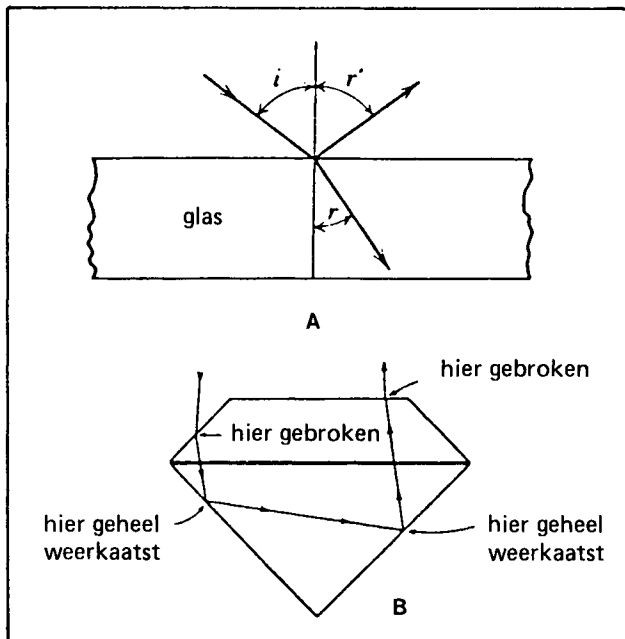
Optische eigenschappen

Alhoewel de procedures voor het identificeren van mineralen en edelstenen in principe dezelfde zijn, is er toch een fundamenteel verschil bij hun uitvoering. Een mineraloog kan zijn studiemateriaal naar believen, krassen, verpulveren of oplossen om het te onderzoeken, maar een gemmoloog moet zich beperken tot niet-destructieve methoden als hij met geslepen stenen werkt. Daarom zijn er voor het onderzoek van edelstenen speciale instrumenten ontworpen.

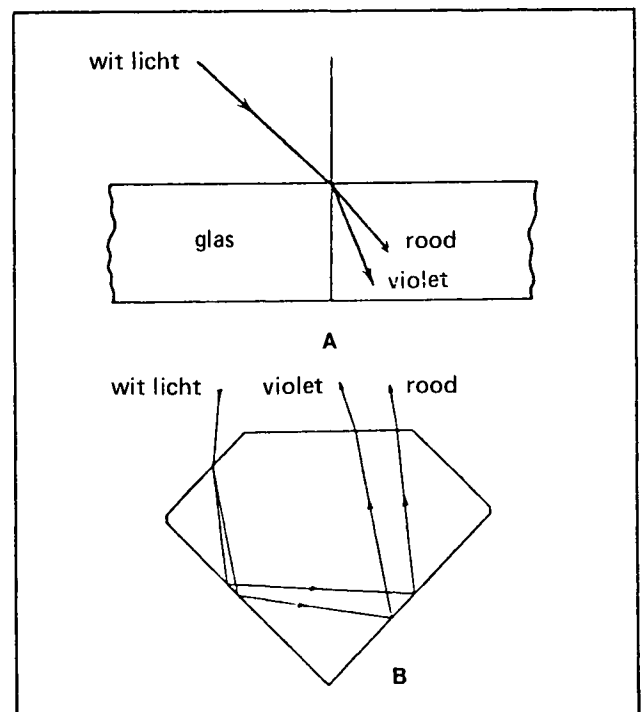
Van een onbekende edelsteen kan men het snelst informatie verkrijgen, op een makkelijke manier, door de bepaling van enige optische eigenschappen. In dit kader zullen drie eigenschappen behandeld worden: brekingsindex, dispersie, en isotropie/isotropie.

Brekingsindex en dispersie

Als licht van een minder dichte naar een dichtere omgeving gaat, bv. van lucht naar glas, dan zal een gedeelte van het licht weerkaatst (gereflecteerd) worden door het glasoppervlak, en zal een gedeelte het glas ingaan (afb. 5A). De gereflecteerde straal gehoorzaamt aan twee wetten: 1) de hoek van reflectie r' is gelijk aan de invalshoek i als beide hoeken gemeten worden t.o.v. een lijn loodrecht op het oppervlak; 2) de invallende en de gereflecteerde stralen liggen in hetzelfde vlak.
Het licht dat het glas ingaat heeft daar een lagere snelheid: de lichtstraal ondergaat breking (refractie). De breking is groter

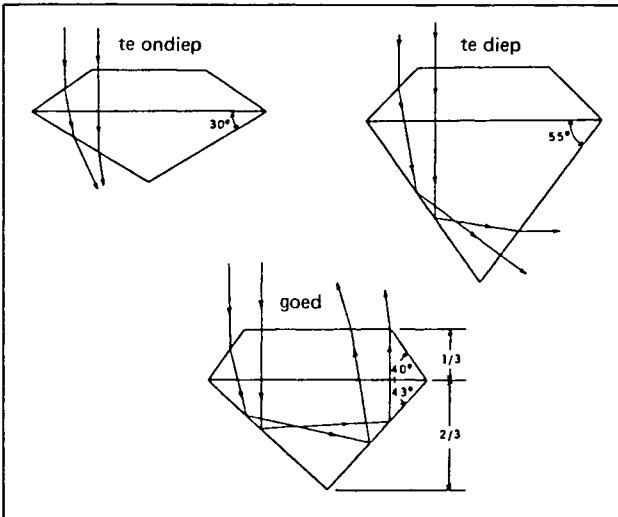


Afb. 5. Weerkaatsing en breking van licht.
A. Wetten van weerkaatsing en breking voor een lichtstraal die van een minder dicht medium (lucht) naar een dichtere medium (glas) gaat. B. Breking en weerkaatsing van lichtstralen in een geslepen edelsteen.
 r = brekingshoek



Afb. 6. Dispersie van de brekingsindex.
A. Lichtstralen van verschillende golflengte worden onder andere hoeken gebroken in glas.
B. Het ontstaan van vuur in edelstenen.

Afb. 7. De afleiding van de correcte geometrische verhoudingen voor een briljantslijpsel van diamant om de steen optimaal tot zijn recht te laten komen.



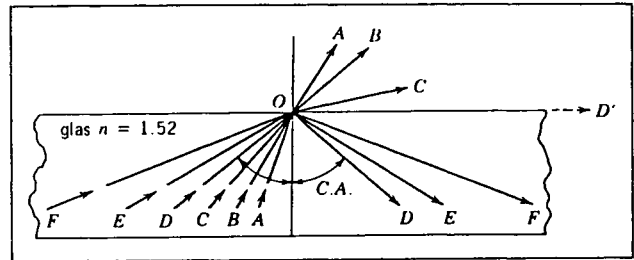
naarmate de invalshoek en het verschil in snelheid groter zijn. In een geslepen steen wordt licht door de facetten op verschillende plaatsen gereflecteerd. De geometrische verhoudingen van het slijpsel worden zodanig gekozen dat invallend licht zoveel mogelijk teruggekaatst wordt via het tafelfacet aan de bovenkant van de steen (afb. 5B): daardoor zal de steen het best tot zijn recht komen.

De grootte van de breking wordt uitgedrukt in een getal, de brekingsindex.

De brekingsindex n van een stof is een getal dat de verhouding weergeeft van lichtsnelheden in lucht en in de bewuste stof. Naarmate de brekingsindex hoger is, wordt een lichtstraal meer gebroken.

Zichtbaar licht bestaat uit een aantal kleuren. De brekingsindex is verschillend voor de diverse kleuren: violet licht wordt meer gebroken dan rood licht (afb. 6A). Dit verschijnsel kan men zien als zonlicht invalt op bijv. een kristallen asbak.

Afb. 8. Kritische hoek en totale reflectie van glas. C.A. = critical angle; zie tekst voor uitleg.

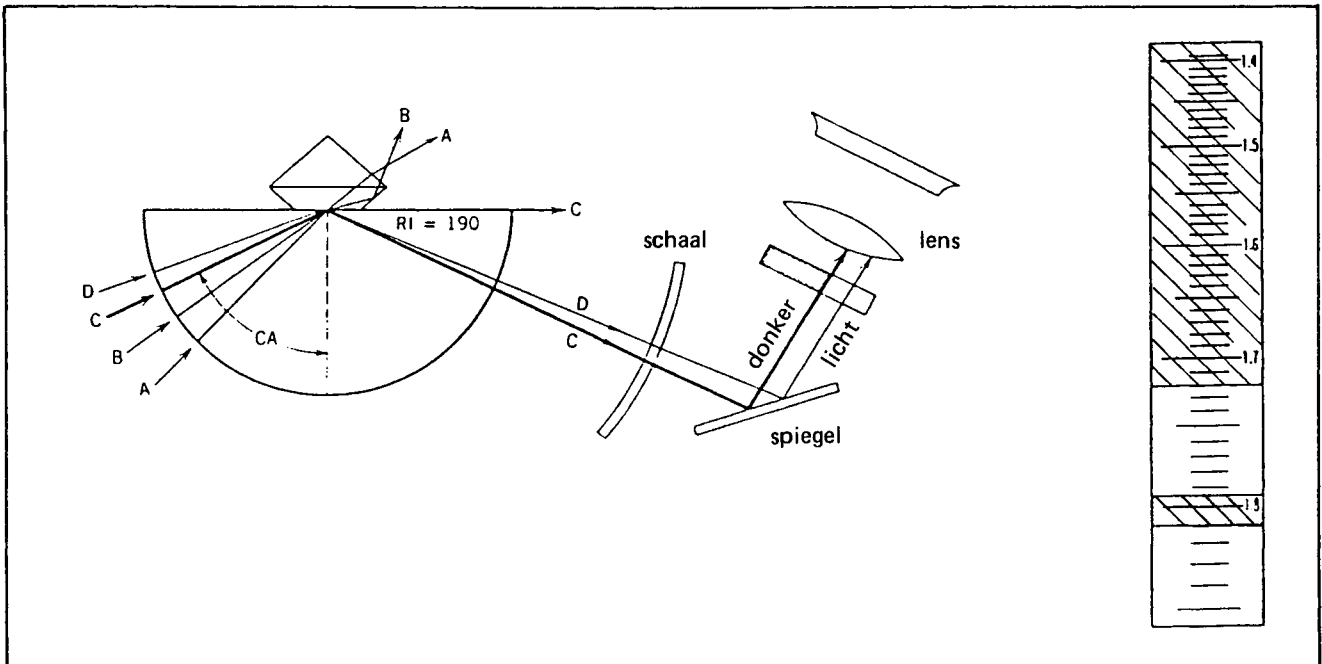


Het verschil in brekingsindex van een stof voor de verschillende golf lengten van licht noemt men de **dispersie** van die stof.

Diamant heeft een zeer hoge dispersie: in geslepen stenen worden de spectrale kleuren sterk van elkaar gescheiden (afb. 6B); dit noemt men het **vuur**, de kleurenflitsen van een geslepen steen. Op grond van de brekingsindex en de dispersie van een edelsteen kan men de ideale vorm van een slijpsel berekenen (afb. 7), waardoor een maximum aan licht (in het geval van gekleurde stenen) en tevens een maximum aan vuur (in het geval van ongekleurde stenen) via het tafelfacet naar buiten zullen treden.

Meten van de brekingsindex

In afb. 5A is te zien dat een lichtstraal naar de loodlijn op het oppervlak toe breekt bij het overgaan van een minder dicht medium naar een dichtere medium. Onder omgekeerde omstandigheden, van dichtere medium naar minder dicht medium, breekt een lichtstraal van de loodlijn af (afb. 8). Bij een grotere invalshoek (van A naar C) wordt de lichtstraal ook meer gebroken. Op een gegeven ogenblik is de invalshoek zo groot (straal D in afb. 8) dat de brekingshoek 90° is: de gebroken straal loopt dan verder via het oppervlak (D'); de invalshoek waarbij dit gebeurt is de **kritische hoek** voor die stof t.o.v. lucht (in afb. 8, glas met $n = 1.52$). Naast het gebroken gedeelte van D is er ook een weerkaatst gedeelte van de straal D. Stralen als E en F ondervinden geen breking meer: zij worden door het oppervlak **totaal gereflecteerd** binnen het medium met hogere brekingsindex.



Afb. 9. Bouw en werking van een edelsteen-refractometer. Stralen met een invalshoek kleiner dan de kritische hoek (CA) worden naar boven via de edelsteen gebroken. Stralen met een grotere invalshoek dan CA worden totaal gereflecteerd naar een

schaal toe. Rechts een beeld van de schaal zoals door het optisch systeem weergegeven. De grens van totale reflectie bevindt zich bij 1.720, de n van het mineraal spinel. De lijn rond 1.8 is afkomstig van de contactvloeistof.

Op basis van het principe van kritische hoek en totale reflectie zijn verschillende instrumenten gebouwd voor het bepalen van de brekingsindex van edelstenen: **refractometers**. Het belangrijkste onderdeel van dergelijke instrumenten is een stuk loodglas met een hoge brekingsindex ($n = 1.90$). De brekingsindex van het glas moet hoger zijn dan die van het te meten object. In afb. 9 heeft dat loodglas de vorm van een halve cilinder met een geslepen bovenvlak.

Voor het bepalen van de brekingsindex van een geslepen steen wordt een facet (meestal de tafel) op het bovenvlak van de loodglas-cilinder geplaatst met een contactvloeistof ertussen (ook die vloeistof moet voor het vermijden van totaalreflectie een hogere n hebben dan de steen!).

Vanaf de achterzijde van de refractometer valt er licht onder verschillende hoeken op de edelsteen. Totaal gereflecteerd licht is veel sterker van intensiteit dan licht waarvan een gedeelte gebroken is. Op een doorzichtige schaal ziet men de schaduwlijn (vet getekend in afb. 9) tussen een lichter veld (de stralen C en D, totale reflectie) en een donker veld (de stralen A en B die niet totaal gereflecteerd worden). De positie van de schaduwlijn wordt uiteraard bepaald door de brekingsindex van de edelsteen.

Let er op dat de maximale brekingsindex die zo gemeten kan worden ongeveer 1.80 is: de contactvloeistof is een mengsel van methyleenjodide, zwavel en tetrajuodethyleen met een n van 1.81. Hogere brekingsindices kunnen gemeten worden met een halve cilinder van kubisch ZrO_2 ("cubic zirconia") met een n van 2.16 en een bijpassende contactvloeistof met $n = 2.10$.

Als men wit licht gebruikt voor het bepalen van de brekingsindex van een edelsteen met een refractometer zal men door de dispersie van de steen de schaduwrand tussen licht en donker niet zien als een lijn, maar als een band van spectrale kleuren.

Isotroop/anisotroop

Alle stoffen kunnen in twee optische groepen ingedeeld worden: isotroop en anisotroop. Isotrope stoffen omvatten niet-kristallijne (amofe) stoffen als gassen, vloeistoffen en glas, maar ook kristallijne stoffen van het kubische (isometrische) kristalsysteem. In isotrope stoffen heeft licht in alle richtingen dezelfde snelheid, en daarom hebben isotrope stoffen maar één brekingsindex.

Alle kristallijne stoffen die niet tot het kubische systeem behoren zijn anisotroop: daarin varieert de lichtsnelheid met de kristallografische richting; anisotrope stoffen hebben een reeks van brekingsindices tussen twee grenswaarden.

Licht dat door een anisotroop kristal gaat, wordt verdeeld in **twee** gepolariseerde stralen die loodrecht op elkaar staande trillingsvlakken hebben. In een bepaalde oriëntatie heeft een anisotroop kristal twee brekingsindices, één voor elk van de gepolariseerde stralen; men zegt van zo een stof dat hij **dubbelbreking** heeft.

Isotrope en anisotrope edelstenen kan men snel van elkaar onderscheiden met een **polariscope**. Dit instrument bestaat uit twee polariserende platen die zodanig t.o.v. elkaar gedraaid zijn dat er geen licht meer doorheen komt. Een doorzichtige steen wordt op de onderste plaat gezet en langzaam gedraaid. Een isotrope steen blijft donker; anisotrope stenen worden beurtelings licht en donker.

Simulatie-edelstenen

Door hun zeldzaamheid en hun relatief hoge prijs zijn in de loop der tijden altijd veel minder echte edelstenen gebruikt dan surrogaat-stenen.

Valse edelstenen zijn al bekend van 3000 jaar voor Christus, en men is er steeds mee blijven doorgaan.

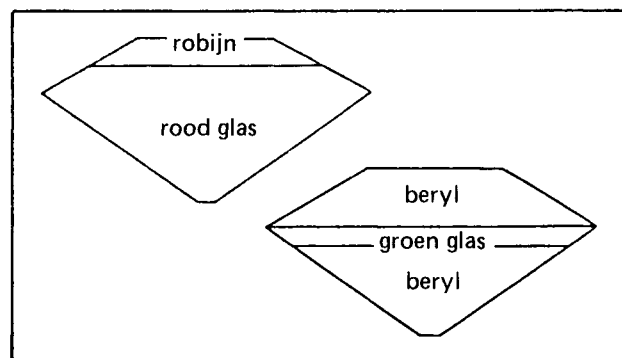
a. Imitatiestenen

Glas en kunststoffen zijn de meest gebruikte materialen om edelstenen na te bootsen. Dat lot is bijna iedere soort edelsteen overkomen, inclusief opaal, een van de moeilijkste edelstenen om te imiteren. De gemmoloog kan deze nabootsingen zeer makkelijk identificeren; het grote publiek tuint er regelmatig in.

b. Samengestelde stenen

Afb. 10 geeft twee voorbeelden van samengestelde stenen: kleine laagjes van waardevol materiaal worden op of tussen stukken waardeloos materiaal aangebracht om een grotere (en duurder!)

Afb. 10. Twee voorbeelden van samengestelde stenen.



waardevolle steen voor te wenden. Het toppunt in deze categorie is een laboratoriumprocédé waardoor men een dun laagje synthetische smaragd kan laten groeien op het oppervlak van een gefacetteerde steen van natuurlijke (maar kleurloze) beryl. De opnieuw geslepen steen ziet er dan uit als een natuurlijke smaragd, en bevat dus ook de natuurlijke fluïde insluitsels die in totaal synthetische smaragd volledig ontbreken! Meestal is het niet zo moeilijk om samengestelde stenen te herkennen: met enige vergroting zal men al gauw de verbindingsnaad tussen de diverse onderdelen zien. Maar soms worden deze stenen zodanig in vattingen gemonteerd dat de naden moeilijk te zien zijn.

c. Behandelde stenen

Hieronder vallen een aantal "behandelingen" die vooral bedoeld zijn om de kleur te verbeteren: verven, verhitten, bestralen. De eenvoudigste vervalsing is het aanbrengen van gekleurde folie of metaallaagjes aan de onderkant van de stenen. Dit wordt bv. gedaan met een dunne blauwe film op diamanten.

Lichtgroen-blaauwe aquamarijn (een beryl) krijgt door verhitten een diepblauwe kleur, slechtgekleurde paarse amethyst (een kwarts) wordt door verhitten mooi geelbruin ("edeltopaas"), en bruine of rode zirkoon kan door sterke verhitting omgezet worden in prachtige blauwe of kleurloze stenen.

Diamanten met een slechte kleur kunnen door bestraling (röntgen, gamma, neutronen, etc.) omgetoverd worden tot stenen met schitterende kleuren. De nu in de mode geraakte mooie permanent-blaauwe topaas dankt zijn kleur eveneens aan bestraling.

Al dit geknoei met edelstenen maakt de taak van een gemmoloog er niet eenvoudiger op; het wordt steeds moeilijker om alle vervalsingen te kunnen onderscheiden van natuurlijke stenen.

d. Synthetische "stenen"

Al meer dan 200 jaar ontwerpen mineralogen technieken om synthetische mineralen te kunnen produceren: door de perfectie van het materiaal en de grote hoeveelheid ervan kan men onderzoek uitvoeren dat aan natuurlijk materiaal vaak niet mogelijk is.

Dezelfde technieken kunnen uiteraard ook toegepast worden voor de productie van synthetische edelstenen, wat dan ook gebeurt. Deze producten moeten identiek zijn aan de natuurlijke stenen, zowel in chemische samenstelling, kristalstructuur als fysische eigenschappen (kleur, hardheid). Dat is gelukt voor alle "dure" stenen, behalve voor diamant.

De studie van gasvormige, vloeibare en vaste insluitsels is zeer belangrijk bij het onderscheiden van natuurlijke en synthetische edelstenen.

LITERATUUR

Voor de tekst en de afbeeldingen is gebruik gemaakt van de volgende boeken:

- C. Klein & C.S. Hurlbut, Jr. (1985): Manual of Mineralogy after J.D. Dana, 20th ed., John Wiley & Sons, New York, etc., 596 pp.
 P.E. Desautels (1979): Treasures in the Smithsonian: the gem collection. Smithsonian Institution Press, Washington, 77 pp.
 Een allesomvattend werk op het gebied van de gemmologie is:
 R. Webster (1975): Gems, 3rd edition. Butterworth & Co., London, 931 pp.