

De bergen op Io bereiken hoogten van 10 km. De hoogte van deze bergen wijst erop dat ze uit een veel steviger materiaal zijn opgebouwd dan uit zuivere zwavel of SO_2 . Ze ontstonden tijdens een periode van vulkanische activiteit die veel intenser geweest moet zijn, zoals blijkt uit hun geïsoleerde ligging en verbrokkelde bouw. Misschien zijn ze gevormd uit magma dat werd geproduceerd uit schildvulkanen, die steviger materiaal vanonder de zwavelrijke oppervlakte van de planeetkorst omhoog brachten. Lager gelegen vlakten en uit kraters en spleten uitgestroomde lava vullen 95% van het oppervlak van Io. Ze moeten bestaan uit een mengsel van zwavel, vulkanische as en lava, zoals blijkt uit de hoogteverschillen van 150 tot 1700 meter die optreden in de steilwanden gevormd door dit materiaal. Door uitwerpen van zwavel en zwaveldioxyde werden voornamelijk kegelvormige kraters gevormd. Zo is de enorme vulkaan Maasaw Patera, een van de kleinste van de in kaart gebrachte eruptiecentra (afb. 4), omringd door

een gecompliceerd patroon van lavastromen met 200 km middellijn.

Hevige erupties, zoals de Voyager 1 en 2 die waarnamen, verspreiden hun efflata over enorme gebieden. Deze erupties blijken plaats te vinden uit kraterpijpen, die uitmonden in vlakke openingen zonder wallen. Analoge aardse explosiehaarden zijn wat topografische afmetingen en vorm betreft de vlakke caldera's (soms vulkano-tektonische depressies genoemd), zoals bijvoorbeeld de Yellowstone caldera in Wyoming in Amerika (59 km in diameter). De in kaart gebrachte eruptiecentra liggen in grote meerderheid in het equatoriale gebied van Io geconcentreerd en zijn daar min of meer volgens het toeval verdeeld. De Voyagers hebben ons geconfronteerd met een geheel andere wereld, waar het vulkanisme een dominerende rol speelt. Planetologische studies zetten onze kennis van het aardse vulkanisme in een ruimer verband. Ze lossen oude problemen op, maar stellen ons ook weer voor nieuwe.

Oorzaken van kleur in mineralen (I)

door J.G. Schilthuisen

'Waarom zijn smaragden groen?'
'Waarom zijn robijnen rood?'

Eenvoudige vragen, waarop het goede antwoord niet eens zo gemakkelijk is te geven.

Zeker; nadat wit licht een robijn is gepasseerd bevat het een onevenredig groot deel aan langere golflengten, die het oog als rood registreert. Licht dat door een smaragd valt krijgt een golflengteverdeling, die wij als groen zien. Die verklaring is wel juist, maar nauwelijks bevredigend. Robijn en smaragd ontleen beide hun kleur aan een verontreiniging met hetzelfde element: chroom. Waarom verschillen ze dan toch zoveel van kleur?

Hetgeen ontbreekt is inzicht in de manieren waarop een mineraal de samenstelling van licht dat het reflecteert of doorlaat kan veranderen.

Het zal blijken dat de oorzaken van het ontstaan van kleuren opmerkelijk verscheiden zijn, maar vrijwel alle vinden ze hun oorsprong in de wisselwerking van licht met elektronen. Dat geldt overigens ook voor de kleuren van andere stoffen, van dieren en van planten, maar we zullen ons tot de mineralen beperken.

Licht

Spreken over kleur is spreken over licht. Licht is een elektromagnetische straling. Elektromagnetische straling zou men een stroom energiepakketjes kunnen noemen, die zich (zonder dat daar een tussenstof voor nodig is) door de ruimte beweegt.

Dat klinkt wellicht erg exotisch, maar toch zijn wij met het verschijnsel zó vertrouwd, dat wij het als iets vanzelfsprekends beschouwen. Zenders die radiogolven uitstralen, infraroodlampen om een pijnlijke knie te verwarmen, een lamp om bij te lezen, de hoogtezon, een röntgentoestel; allemaal apparaten die gebouwd zijn om elektromagnetische straling op te wekken. Natuurlijke stralingsbronnen zijn o.a. de zon en andere hemellichamen, radio-actieve elementen, bliksem etc. (Ter voorkoming van misverstan-

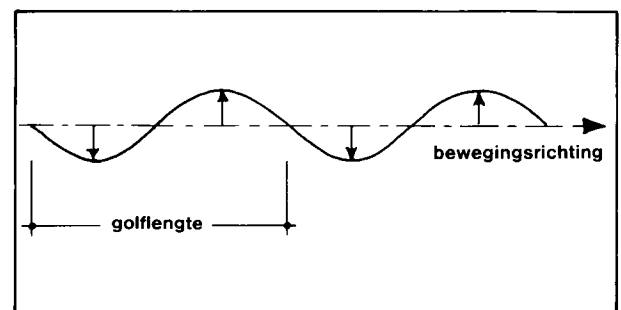
den: geluid is géén elektromagnetische straling, maar een golf van drukverschillen die zich door een tussenstof verplaatst.)

Golflengte

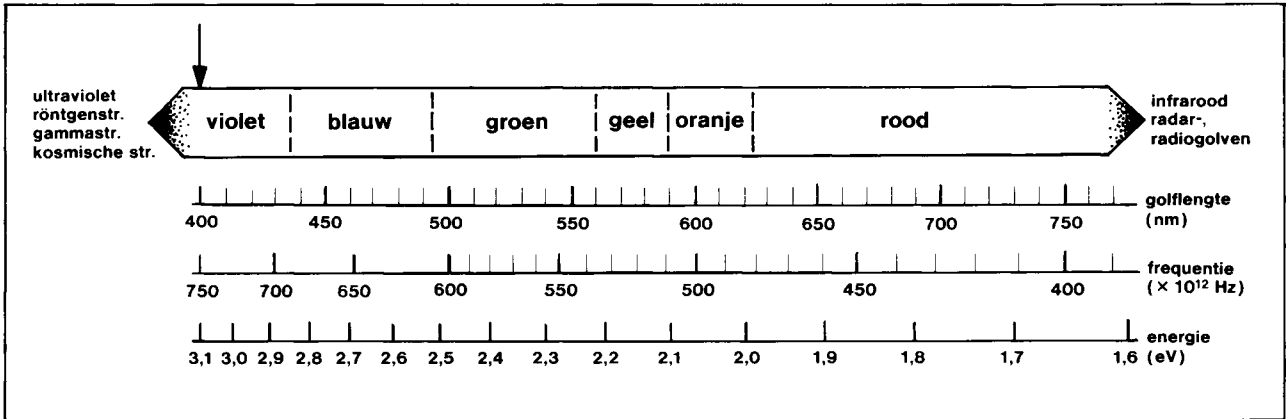
Van alle soorten elektromagnetische straling is de voortbewegingssnelheid even groot: (in vacuüm) bijna 300.000 km per seconde.

Terwijl een straal met deze onvoorstelbare snelheid door de ruimte vliegt, maakt hij tevens een trillende beweging dwars op de bewegingsrichting, waaruit een golfbeweging met een bepaalde golflengte resulteert (afb. 1).

En daar ontstaan de grote verschillen tussen de ene en de andere vorm van straling. Radiogolven hebben de grootste golflengten: van enkele millimeters tot kilometers toe. Als we de radio afstemmen op straling met een golflengte van 298 meter, dan blijkt Hilversum I daarop uit te zenden. Veel kortere golflengten, zo in de buurt van 1/1000



Afb. 1. Een elektromagnetische straling slingert zich bij het voortbewegen om de denkbeeldige lijn die de bewegingsrichting aangeeft. In werkelijkheid vindt die slingerbeweging in alle richtingen plaats; op papier kunnen we alleen een op-en-neer-gaande beweging tekenen.



Afb. 2. Het spectrum van het zichtbare licht, met daaronder de manieren waarop een bepaalde lichtkleur kan worden gekarakteriseerd: de golflengte, de frequentie en de energie.

In werkelijkheid zijn de kleuren niet zo scherp gescheiden als hier is getekend, maar vloeien ze geleidelijk in elkaar over.

millimeter, kunnen we met een radio niet meer opvangen; dat zijn de warmtestralen ofwel de infrarode stralen. Daarna volgt de straling die wij met het oog kunnen waarnemen: het zichtbare licht. Eerst het rood met een golflengte rond 1/1500 millimeter, dan komt via oranje en geel het groen bij 1/2000 mm, daarna blauw en na het violet met 1/2500 mm is het voor ons oog al weer afgelopen. Bij nog kortere golflengten komen we bij het onzichtbare ultraviolet, röntgenstraling, gammastraling en kosmische straling. Het zichtbare gebied vormt dan ook maar een zeer klein deel van het totale elektromagnetische spectrum.

Om tot hanteerbare getallen te komen wordt voor de aanduiding van de golflengten van licht meestal een kleinere eenheid dan de millimeter gekozen, n.l. de nanometer (= één-miljoenste millimeter) of een $10 \times$ kleinere eenheid, de Ångström (Å).

Afb. 2 toont de kleuren van het zichtbare spectrum, met

direct daaronder de schaal van de bijbehorende golflengten in nanometers (nm). De twee schalen daar weer onder behoeven nog nadere toelichting.

Frequentie

We hebben gezien dat alle soorten elektromagnetische straling dezelfde snelheid hebben, maar dat de lengte van de stappen die daarbij worden gemaakt (de golflengte) kan verschillen. Dat betekent dat het aantal stappen per seconde (de frequentie) eveneens moet kunnen verschillen. Dat is ook zo; golflengte en frequentie zijn omgekeerd evenredig: lange golflengte = lage frequentie, korte golflengte = hoge frequentie (afb. 3).

De eenheid van frequentie is hertz (Hz), ofwel 'trillingen per seconde'.

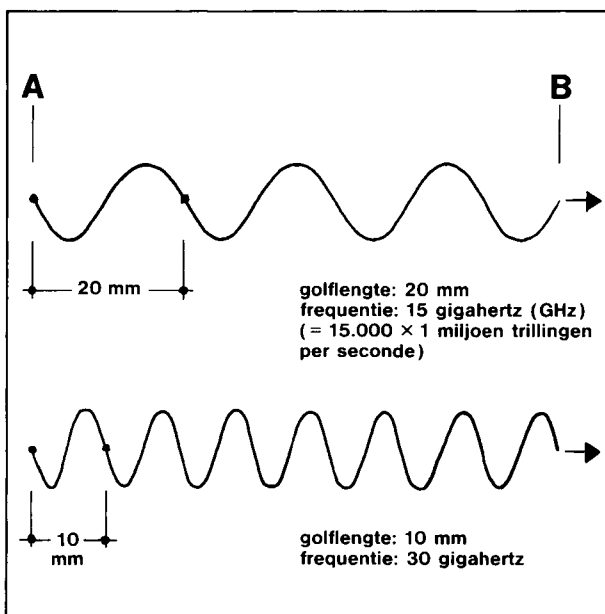
De verschillende lichtkleuren kunnen dus ook door de frequentie worden gedefinieerd, zoals in de tweede schaal van afb. 2 is gedaan.

Energie

Een derde manier om een lichtkleur te karakteriseren is door de energie die deze vertegenwoordigt. Die methode is wat minder gangbaar, maar juist voor ons verhaal onvermijdelijk.

De energie van licht (en van andere elektromagnetische straling) bestaat uit uiterst kleine ondeelbare eenheden, 'kwanten' (of bij licht 'fotonen') genoemd. Een kwant of foton is de kleinste hoeveelheid energie die **ineens door een atoom of een elektron kan worden opgenomen of afgegeven**, maar daarover later meer.

Tussen de frequentie van een golf en de energie van het



Afb. 3. Om van A naar B te lopen behoeft een wandelaar met lange benen minder stappen te doen, dan iemand met korte beentjes. Zo is dat ook met elektromagnetische golven. Deze leggen per seconde een afstand af van 300.000 km. De onderaan getekende straling met een golflengte van 10 mm moet daarvoor tweemaal zo vaak stappen (trillen) als de boven getekende straling met een golflengte van 20 mm. Met andere woorden: de frequentie (het aantal stappen per seconde) is omgekeerd evenredig aan de golflengte (lengte van de stappen). (De hier getekende straling ligt in het gebied van de zeer korte radiogolven; de golflengte van zichtbaar licht is te kort om op ware grootte te kunnen tekenen: in de orde van 1/2000 mm!)

bijbehorende foton is een rechtstreeks verband. Hoe hoger de frequentie, hoe groter het foton. Dat wil zeggen dat bijv. röntgenstraling met zijn hogere frequentie, energierijker is dan zichtbaar licht. En dat is iets wat wij eigenlijk al wisten.

De energie van de verschillende lichtkleuren is in de derde schaal onder het spectrum van afb. 2 vermeld.

De energie van licht wordt meestal gemeten in elektronvolts (eV); (1 eV is de energie die een elektron verkrijgt als het wordt versneld door een elektrisch spanningsverschil van 1 volt).

Bij nauwkeurige beschouwing van afb. 2 zien we dat een bepaalde lichtkleur, in dit voorbeeld het violet onder het aanwijspijltje, kan worden gekarakteriseerd als licht met een golflengte van 400 nm, een frequentie van 750×10^{12} Hz of met een energie van 3,1 eV.

Kleuren

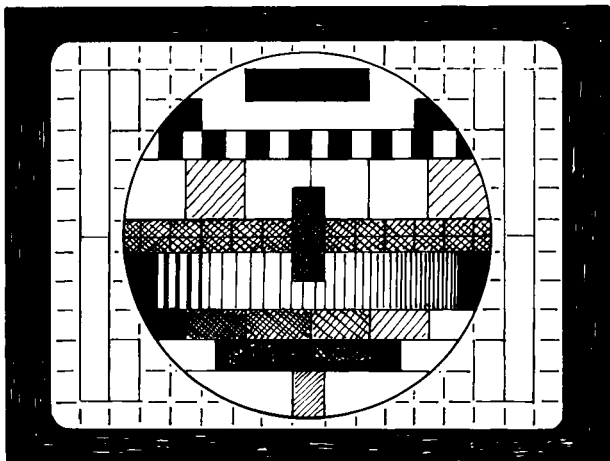
Wit licht is een mengsel van bepaalde kleuren. Om dat te bewijzen wordt meestal een glazen prisma ten tonele gevoerd, waarmee een lichtbundel in zijn componenten kan worden gesplitst.

Maar wanneer men zoiets eens met eigen ogen wil zien, zal men maar zelden een prisma bij de hand hebben. Dat hoeft ook niet, want het testbeeld van een kleuren-t.v. geeft ook een uitstekende demonstratie.

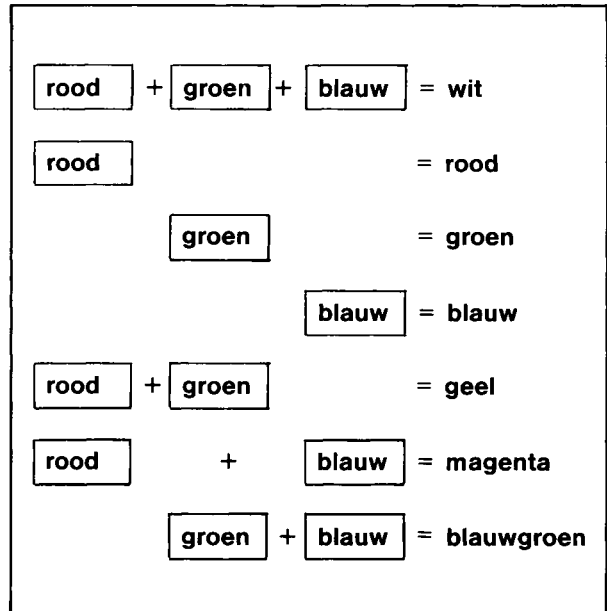
In de cirkel in het midden daarvan ziet u o.m. een wit vlak, een zwart/wit geblokte band en daaronder een balk van zes kleurblokken: geel, blauwgroen, groen, paarsachtig rood (magenta), rood en blauw. Bekijk nu eens met een goede loupe het witte vlak van zo dichtbij, dat de structuur van het beeldscherm zichtbaar wordt (niet schrikken van de elektrische knettertjes die het scherm afgeeft; die doen geen kwaad). Wat u gaat zien is zeer merkwaardig. Het witte vlak blijkt geheel te bestaan uit kleine rode, groene en blauwe vlakjes. Er komt geen spatje wit aan te pas. Het mengsel van rood, groen en blauw (maar ook een andere uitgebalanceerde combinatie) ziet ons oog blijkbaar als wit.

Laten we nu eens zien welke verrassingen de balk met de kleurvlakken te bieden heeft.

Het gele vlak blijkt te bestaan uit rode en groene stippen; het blauw ontbreekt. Men mag daaruit afleiden dat wit licht (rood + groen + blauw) in geel verandert als het blauw er aan wordt onttrokken.



Afb. 4. Het testbeeld van een kleuren-t.v. onthult de geheimen van het mengen van lichtkleuren.



Afb. 5. Wit licht verandert in gekleurd licht als daar bepaalde golflengten aan worden onttrokken. (Tussentinten ontstaan door wijzigingen van de helderheid van de verschillende componenten).

In het vierde vlak zien we met de loupe dat het magenta uit rode en blauwe stippen bestaat; d.w.z. uit wit licht minus het groen (afb. 5). Zo voortredenerend en toegespitst op mineralen, komen we tot de volgende aftrek-sommetjes:

- als een kristal uit wit licht het blauw absorbeert, dan krijgt het een gele kleur;
- absorptie van groen en blauw levert een rood mineraal;
- absorberen van rood geeft blauwgroen etc.

Alleen... waarom en hoe een mineraal een bepaalde kleur absorbeert en andere ongehinderd doorlaat, dat weten we nog steeds niet. Daarvoor moet eerst enige aandacht worden besteed aan de kleinste bouwstenen van mineralen, de atomen.

Atomen

Het zal wel bekend zijn dat atomen de kleinst mogelijke deeltjes zijn van de elementen, zoals goud, koper, zwavel, calcium etc. Een verdere splitsing levert de afzonderlijke elementaire deeltjes, waaruit alle atomen zijn opgebouwd. Het zijn alleen verschillen in de aantallen kerndeeltjes per atoom, die bepalen met welk element we te doen hebben. Maar voorlopig kunnen we volstaan met de bestudering van het eenvoudigste atoom, dat we in afb. 6 aan u voorstellen: het waterstofatoom.

En dat ziet er niet eens ingewikkeld uit: in het centrum een deeltje positieve elektriciteit, een 'proton' en in sierlijke bochten daar omheen vliëgend een negatief elektrisch deeltje, het 'elektron'. Dat is alles. De figuur die voorlopig wat terzijde staat is een 'neutron'; die speelt alleen een rol in de kern van meer gecompliceerde atomen. Dat rondzwevende elektron moet u wél goed in de gaten houden, want dat heeft in ons verhaal de hoofdrol.

De massa, zeg voor 't gemak maar even het gewicht, van het positieve proton is ca. 2000 x zo groot als die van het elektron en het is daardoor veel minder beweeglijk. De elektrische lading van beide deeltjes is wél even groot,

maar tegengesteld aan elkaar, waardoor het atoom naar buiten toe elektrisch neutraal is.

Ionen

Die elektrische neutraliteit blijft overigens niet onder alle omstandigheden gehandhaafd. Als een atoom een verbinding aangaat met een ander atoom, dan kan het daarbij een elektron aan de ander afstaan. Maar dan ontbreekt aan het eerstgenoemde atoom 1 negatieve lading, waardoor dit naar buiten toe positief wordt.

Uit het voorgaande blijkt dat het ook kan voorkomen dat een atoom bij zo'n verbinding een extra elektron opneemt, waardoor het een negatieve lading teveel gaat bevatten. Een atoom met zo'n positief of negatief ladingoverschot noemt men een ion.

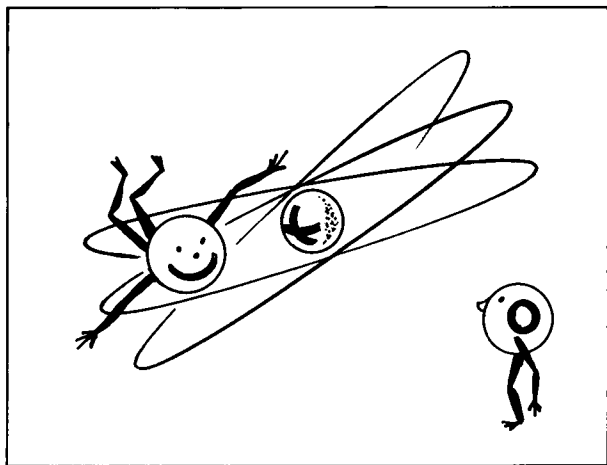
Energietoestanden

Nu moeten we wat meer aandacht gaan besteden aan het rondzwieren van het elektron. Door de tegengestelde ladingen van het elektron en het proton oefenen deze, net als magneten, een aantrekkingskracht op elkaar uit. Het elektron zou dan ook onmiddellijk op het proton vallen als zijn omwentelingsnelheid dat niet verhinderde. Omgekeerd zorgt die aantrekkingskracht er voor dat het elektron niet uit de bocht vliegt en het atoom verlaat. Zo is de zaak keurig in evenwicht; het elektron bevindt zich in de z.g. grondtoestand.

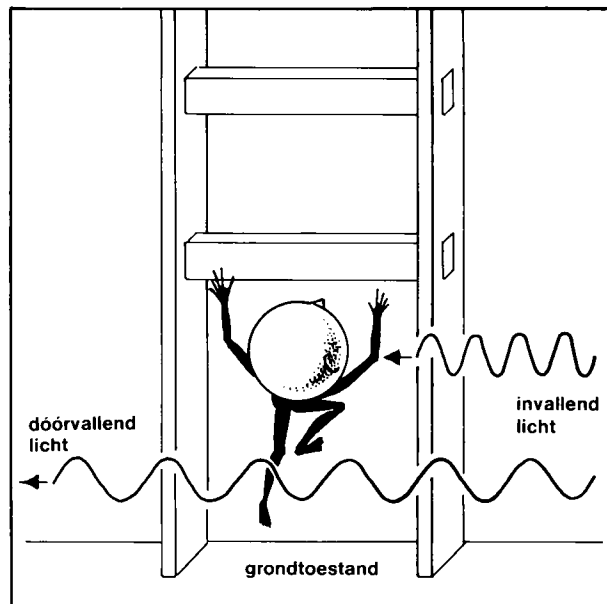
Doordat het elektron voortdurend in beweging is, draagt het naast een elektrische lading ook een hoeveelheid bewegingsenergie (kinetische energie). Stel nu eens dat het elektron door het absorberen van een portie elektromagnetische straling, een foton, wat extra energie toegevoerd zou krijgen, wat gebeurt er dan?

De snelheid waarmee het elektron om de atoomkern cirkelt neemt iets toe, waardoor het als het ware een beetje uit de bocht vliegt en een ruimere baan kiest. Het elektron verkeert nu in aangeslagen toestand en bevindt zich op een hoger energieniveau.

Er is echter een belangrijke restrictie op deze wisselwerking tussen straling en elektronen: een atoom kan slechts



Afb. 6. Een wat speelse voorstelling van een waterstofatoom. De atoomkern bestaat uit een proton (+), waaromheen een elektron (-) zijn banen beschrijft. Een neutron (0) kijkt voorlopig nog werkeloos toe.



Afb. 7. Straling, die precies voldoende energie bezit om een elektron één of meer stapjes op de energieladder te doen stijgen, wordt geabsorbeerd. De lichtstralen die daaraan niet voldoen, worden doorgelaten en die bepalen de kleur van het doórvallende licht.

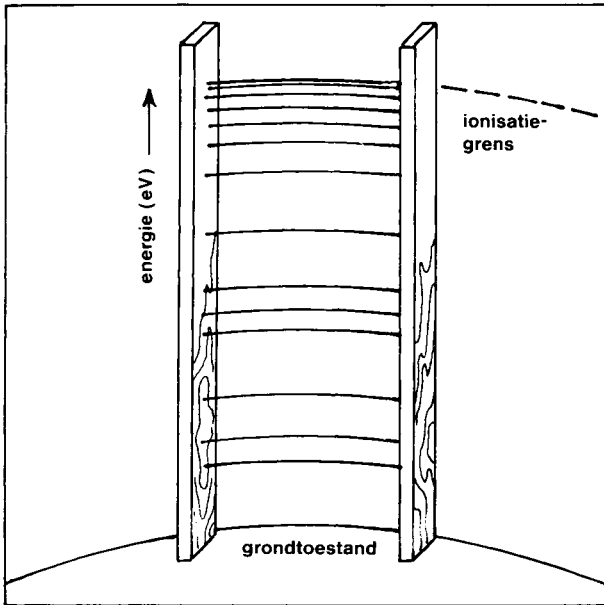
in bepaalde energietoestanden verkeren, elk met een nauwkeurig afgebakende hoeveelheid energie. Dat betekent dat alleen dié straling in een atoom kan worden geabsorbeerd, waarvan de energie precies groot genoeg is om een elektron één of meer energieniveaus omhoog te tillen. Licht met tussenliggende energieën wordt dus niet geabsorbeerd en ongehinderd doorgelaten of gereflecteerd (afb. 7).

Zo is dan eindelijk een deel van het geheim van mineraalkleuren ontsluit. In afb. 2 hebben we gezien dat licht met een bepaalde energie hetzelfde is als licht met een bepaalde kleur. Uit wit licht, dat een mengsel is van alle kleuren, absorbeert een mineraal dié kleuren, die geschikt zijn om de atomen van het mineraal op een hoger energieniveau te brengen. Het restant wordt doorgelaten en dat is de kleur die wij zien.

De energieladder

De verschillende energieniveaus die een atoom boven de grondtoestand kan innemen, zou men, zoals in afb. 7 al is gedaan, kunnen vergelijken met de sporten van een ladder. Het is alleen een wat vreemde ladder, want het is gebleken dat de sporten van zo'n energieladder zeer onregelmatig zijn verdeeld. Het aantal sporten is oneindig groot, maar doordat ze dichter bij elkaar liggen naarmate het energieniveau toeneemt, is er toch een definitief eind aan de hoogte van de energieladder: de ionisatiegrens (afb. 8). Als een elektron zoveel energie absorbeert dat de ionisatiegrens wordt overschreden (bijv. bij blootstelling aan röntgenstralen), dan kan het werkelijk uit de bocht vliegen en het atoom verlaten; daarbij een positief ion achterlatend.

De hoogte van de energieladder en de verdeling van de energieniveaus daarop zijn voor alle elementen verschillend, waardoor deze bij bepaalde onderzoeken als een soort vingerafdruk kunnen worden gebruikt ter identificatie van elementen.



Afb. 8. Schematische voorstelling van de energieladder, waarbij de sporten de bij een atoom behorende energieniveaus voorstellen. Een atoom kan alleen die straling absorberen, waarvan de energie juist groot genoeg is om een elektron van de ene 'sport' naar een hogere te tillen.

Fluorescentie

Elektronen, die door opname van een foton op een hoger energieniveau zijn gebracht, verblijven daar niet lang. Na minder dan 1 miljoenste seconde staat het elektron zijn energiesurplus weer af en springt het terug naar de oorspronkelijke baan van de grondtoestand. Dit verschijnsel kennen we als fluorescentie. Dat terugspringen kan in één sprong gebeuren, maar dat hoeft niet persé. Een afdaling met enkele tussensprongetjes kan ook, maar dat zal wel altijd via sporten van de energieladder moeten gaan. Bij elke sprong wordt een foton uitgezonden, waarvan de energie overeen komt met het verschil tussen de betreffende sporten.

Zo zou, om maar een willekeurig voorbeeld te nemen, een mineraal blauw licht met een energie van 2,8 eV kunnen absorberen, om dat in één sprong ook weer af te staan (afb. 9a).

Maar het is ook mogelijk dat eerst een terugval van bijv. 1 eV plaatsvindt (waarbij onzichtbaar infrarood vrij komt) en dat daarna een straling van 1,8 eV wordt uitgezonden, die wij als rood zien. De kleur die door de fluorescentie ontstaat wordt uiteraard toegevoegd aan de lichtstralen die het mineraal al konden passeren doordat ze niet zijn geabsorbeerd. Wat zijn nu de gevolgen van de selectieve absorptie en van de fluorescentie op de kleur van het mineraal uit dit voorbeeld?

Situatie 9a:

1e het mineraal ontvangt	wit	licht
2e het mineraal absorbeert	blauw	licht –
3e doorgelaten wordt	geel	licht
4e fluorescentie	blauw	licht +
eindkleur is	wit	

In dit geval blijft het mineraal dus kleurloos. Wat door absorptie uit het witte licht is verdwenen, wordt er door de fluorescentie weer aan toegevoegd.

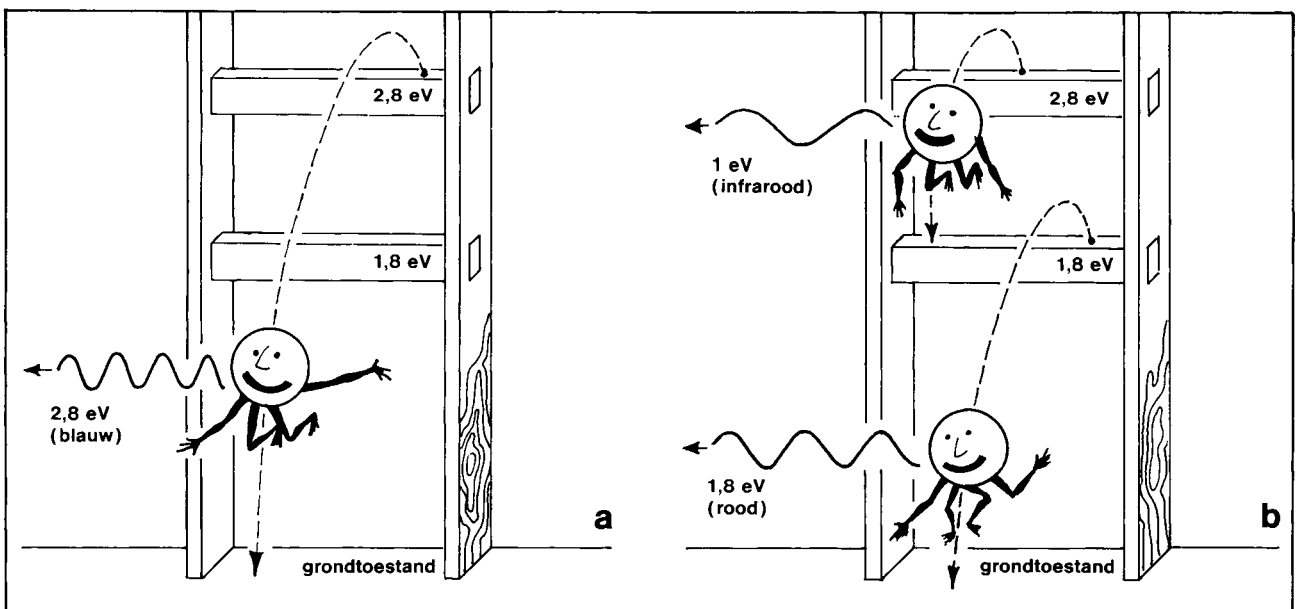
Maar nu situatie 9b:

1e het mineraal ontvangt	wit	licht
2e het mineraal absorbeert	blauw	licht –
3e doorgelaten wordt	geel	licht
4e fluorescentie infrarood		(onzichtbaar)
5e fluorescentie	rood	licht +
eindkleur is	oranje	

Afb. 9. Twee manieren waarop een aangeslagen elektron zijn energiesurplus weer kan afstaan:

- a. in één sprong naar de grondtoestand;
- b. via één of meer sporten van de ladder.

Welke baan wordt gevolgd is niet afhankelijk van het toeval, maar van selectieregels die voor elke energieladder een ander soort afdaling voorschrijven.



Uit dit voorbeeld mag ook worden geconcludeerd, dat een atoom nooit straling met een hogere energie (= een kortere golflengte) kan uitzenden dan het eerst heeft geabsorbeerd.

't Wordt gecompliceerder

Om deze ingewikkelde materie zo eenvoudig mogelijk voor te stellen is er tot hier toe steeds van uitgegaan dat een atoom zo maar één of meer elektronen beschikbaar heeft voor het absorberen van lichtstraling. Bij geïsoleerde atomen, zoals in gassen met een zeer geringe dichtheid,

is dat ook zo. Maar meestal zijn de elektronen, voor zover ze niet vast in een baan verankerd liggen, al gebruikt om verbindingen met andere atomen tot stand te brengen en zijn ze niet meer beschikbaar voor de produktie van kleur. Alleen elektronen in uitzonderlijke toestanden geven aanleiding tot kleuring. Toch kunnen deze uitzonderingen niet erg zeldzaam zijn; als dat zo was zouden de meeste stoffen transparant zijn voor zichtbaar licht.

In een volgend artikel zullen we wat dieper ingaan op de mechanismen, die verantwoordelijk zijn voor het ontstaan van kleuren in verschillende mineralen.

(wordt vervolgd)

Fotograferen door de stereomicroscop

door P. Stemvers

De stereomicroscop ontsluit voor ons een nieuwe, soms adembenemende wereld. Vooral bij kleine vergrotingen en een extra spot worden briljante beelden verkregen die lijken op de fraaie foto's die tegenwoordig gepubliceerd worden. Een voor de hand liggende conclusie is dat de fotograaf van de publikatie een camera op zijn microscoop gemonteerd heeft om daarmee zijn A4- of A3-kleurenprent te schieten. (A4 is één Gea-pagina, A3 is een opengeslagen Gea).

"Dat kan ik ook", menen velen. Zij kopen zich voor nog geen honderd gulden een camera-adapter, plaatsen die met camera en al op één der kijkers van de microscoop en gaan hun mineralencollectie te lijf. Sommigen zijn diepgelukkig met de resultaten en leggen deze bij de tijdschriftredacties op tafel ter publikatie. Anderen zijn met dezelfde resultaten diep ongelukkig en voelen zich door de leverancier van de adapter bedrogen. Fotografie door de stereomicroscop is dus een nogal emotioneel onderwerp.

Ondanks alle emoties gaan we ditmaal op het onderwerp in om een antwoord te geven aan onze lezers die, verwijzende naar de voorpagina's van Gea, vragen of deze resultaten te bereiken zijn met: 1. Een kleinbeeldcamera die met een adapter op een tubus van een normale stereomicroscop gemonteerd is, 2. een stereomicroscop met een extra fototubus, 3. een Zeiss- of Leitz-stereomicroscop. Via een omweg zullen we een antwoord op de vragen geven.

Slechte ogen

Er zijn veel mensen die niet scherp zien, die dat van zichzelf niet weten (of het misschien uit ijdelheid niet willen weten). Bij projectie in het openbaar komt deze oogafwijking tot uitdrukking want iemand die niet scherp ziet (soms zonder dit te weten), stelt slechts bij toeval zijn camera scherp in, stelt ook zijn projector niet scherp en ziet geen fouten in het resultaat. Hoe vaak wordt bij projecties niet gevraagd om "scherp" te stellen!

De redactie van een tijdschrift krijgt van scherpkijsers tot niet-scherpkijsers de resultaten op tafel. Achter de redac-

tie staan de lithograaf en de drukker. Beiden zijn scherpkijsers van beroep. Daarachter staan de lezers waarvan een deel scherpkijsers is. En dat deel ergert zich direct aan "wazige" beelden. Er zijn tijdschriften die niet 100% scherpe foto's weigeren, maar ons Duitse zusterblad Der Aufschluss heeft ze een tijdlang geaccepteerd. Met als gevolg: klachten op de ledenvergadering.

Uit bovenstaande mag u de volgende conclusie trekken: scherpkijsers ergeren zich aan niet-scherpe beelden, niet-scherpkijsers ergeren zich niet. De eerste groep heeft de beste (ik zeg niet: de duurste) optiek nodig om gelukkig te zijn. De tweede groep kan met veel minder zware eisen toe.

Test uzelf

Om de lezer in de gelegenheid te stellen een oordeel te vellen over de verschillen waarover we praten zijn naast elkaar twee foto's afgebeeld. Foto 1 is opgenomen met Zeiss macro-optiek: de Luminar, foto 2 met een Euromex BM met Canon microscoopadapter F. Wie geen verschil ziet tussen beide opnamen ziet niet scherp en is gelukkig met combinatie 1.

Technische verschillen

Een microscoop is ontworpen om met het oog waarnemen te doen. Plaatsen we er een camera achter dan gebruiken we de microscoop als fotolens. We laten deze op een 13 cm afstand naar achteren een reëel beeld projecteren in plaats van dat we door de microscoop op 25 cm afstand naar voren een virtueel beeld zien. Tot een vergrotingsmaatstaf van 25:1 moet de microscoop dan concurreren tegen de macro-objectieven van Leitz of Zeiss, die op dit gebied de absolute winnaars zijn. De kwaliteit van deze lenzen is zo goed dat een kleinbeeldfilm van 50 ASA niet in staat is alle door de lens aangeboden informatie vast te leggen. Vandaar dat deze lenzen gebruikt worden met 25 ASA KB-film (Offermann), of een groter filmformaat zoals 9x12 platen (Medenbach) en 4,5x6 (Stemvers).

En hiermee zijn de gestelde vragen beantwoord: scherpe, goed doortekende mineralenfoto's op A3- of A4-formaat zijn niet met een microscoop opgenomen maar met een Fotar van Leitz of een Luminar van Zeiss.