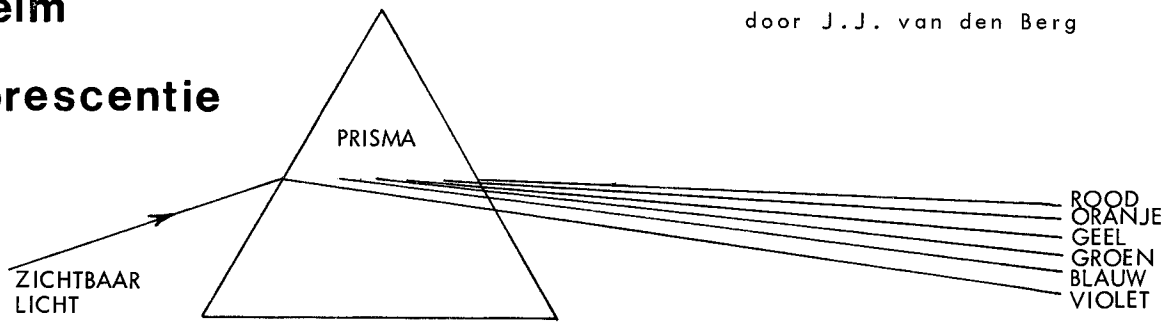


Het geheim van fluorescentie

door J.J. van den Berg



Iedere mineralenverzamelaar heeft wel eens vol bewondering staan kijken naar de geweldige kleurverandering van sommige mineralen als ze belicht worden door ultraviolet licht.

Het is een fantastisch gezicht als plotseling een mineraal, dat van eigen kleur groen is, onder dit licht helder rood wordt.

U hebt zich wellicht eens afgevraagd hoe dit eigenlijk komt en daarom hoop ik in dit artikel een tipje van de sluier op te tillen.

LICHT

Om het geheim van fluorescentie te ontrafelen moeten we eerst iets weten van lichtstralen.

Eén van de bekendste onderzoekers op dit gebied was Sir Isaac Newton (1642 - 1727). Newton ontdekte o.a. dat een driehoekig glazen prisma het zonlicht kon splitsen in een regenboog of kleurenspektrum.

Hieruit konkludeerde Newton dat het witte licht, dat met het oog zichtbaar is, van verschillende kleuren of golflengten van licht is, keurig gerangschikt van rood (de bovenste of langste golflengte), daarna oranje, geel, groen, blauw naar violet (de onderste of kortste golflengte).

Na Newton ontdekte men dat dit spektrum veel breder is dan oorspronkelijk werd gedacht, maar dat alleen de sectie van rood naar violet met het menselijk oog waargenomen kan worden.

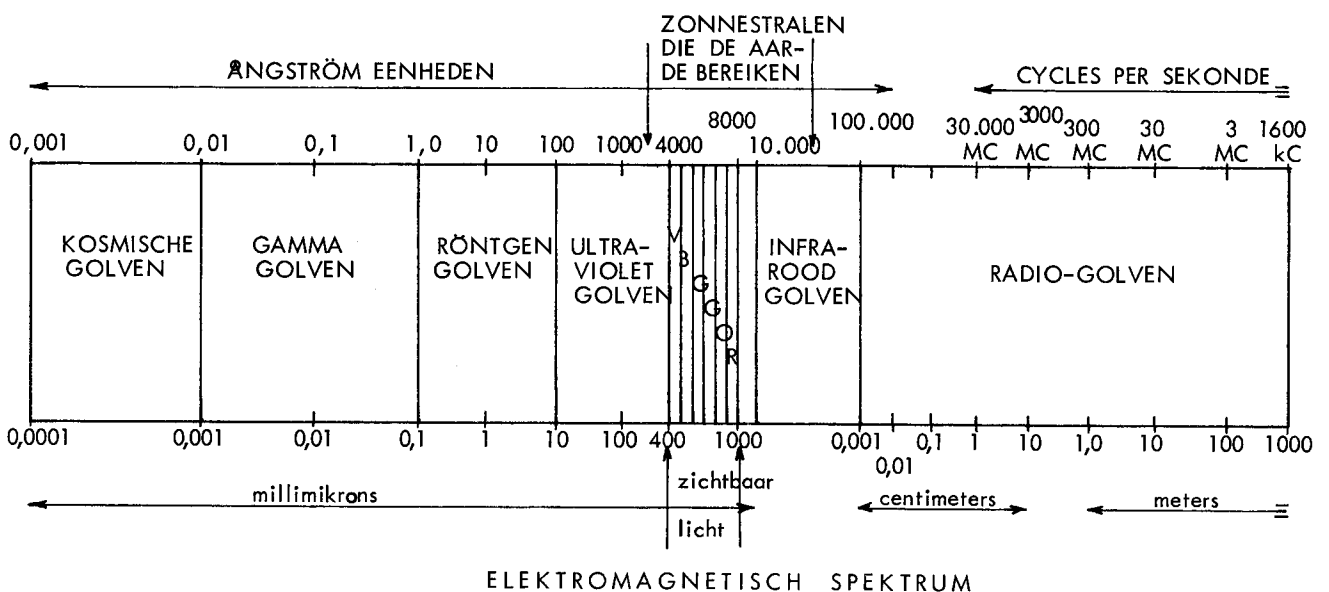
De kortere golflengten, juist naast het violet, worden ultraviolet-stralen genoemd en de langere golflengten net naast het rood zijn de infrarood-stralen.

Met het ultraviolet licht moet men voorzichtig zijn, omdat het de ogen kan verwonden.

Op het diagram kan men vinden dat de stralen tussen 4000 Ångström en 7000 Ångström de aarde bereiken (1 Ångström lengte, (normaal aangegeven met de hoofdletter Å of de Griekse letter lambda λ) is 0,000.000.1 mm of 0,1 millimikron) en dat het licht in diverse kleuren uiteen valt.

Elk voorwerp dat wij met de ogen kunnen zien, is eigenlijk kleurloos. De kleur van een voorwerp hangt af van welke golflengte licht het reflecteert of doorlaat. Een rode appel is rood, omdat als hij bestraald wordt met wit licht, alleen de rode golflengte (van 6000 - 7000 Å) wordt gereflekteerd en de rest doorgelaten (geabsorbeerd wordt).

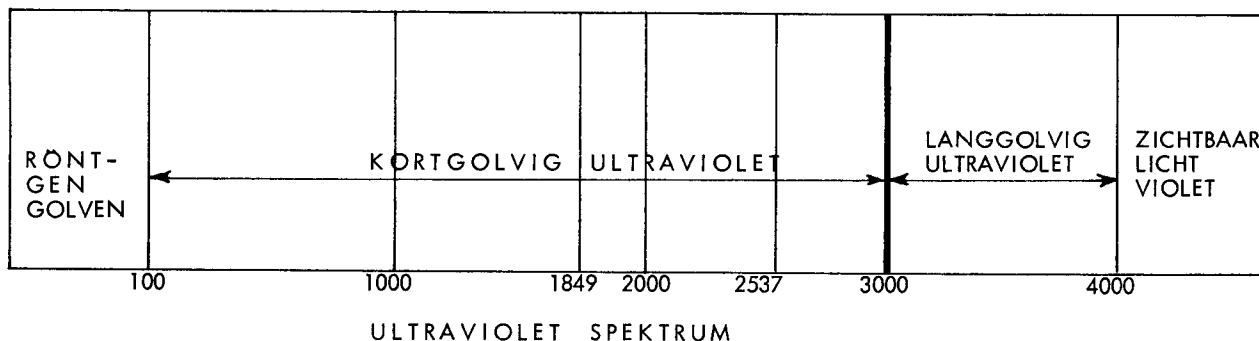
Een groen glas is alleen maar groen omdat de groene golflengte wordt gereflekteerd en de rest wordt doorgelaten.



Als een voorwerp doorzichtig is, reflekteert het toch een aantal golflengten; de rest van de golflengten van het licht wordt omgezet in warmte. Zwarte voorwerpen zijn zwart, omdat ze alle lichtgolflengten absorberen. De geabsorbeerde lichtenergie wordt omgezet in warmte. Zwarte kleding zit ook warm, omdat alle lichtgolflengten worden geabsorbeerd en worden omgezet in warmte. Witte kleding reflekteert de meeste golfleng-

ten en is zodoende vrij koel, vandaar dat we lichte kleuren in de zomer dragen en donkere in de winter.

Het gaat ons nu om de ultraviolet-stralen tussen de 4000 \AA , de stralen die men nog met het menselijk oog kan zien, en ongeveer 100 \AA , vlak tegen de röntgen-stralen aan. Deze stralen kunnen weer verdeeld worden in langgolvig ultraviolet en kortgolvig ultraviolet, volgens het onderstaande diagram.



Langgolvig ultraviolet licht zijn die golven, die net beneden het zichtbare violette licht liggen tussen de 3000 \AA en 4000 \AA . Dit ultraviolette licht is bekend onder de naam "zwartlicht" en wordt toegepast voor inspectiedoeleinden in de industrie, medische wetenschap, biologie, lichtinstallaties in theaters, e.a. Een leuke toepassing, die het vermelden wel waard is, hebben fabrikanten van wasmiddelen gevonden voor deze stralen. Het is n.l. mogelijk een bepaalde stof toe te voegen (kleurloos) die gedurende het wasproces in de kleding gaat zitten. Beschenen door het zonlicht zal daarom de ene was witter zijn dan de andere.

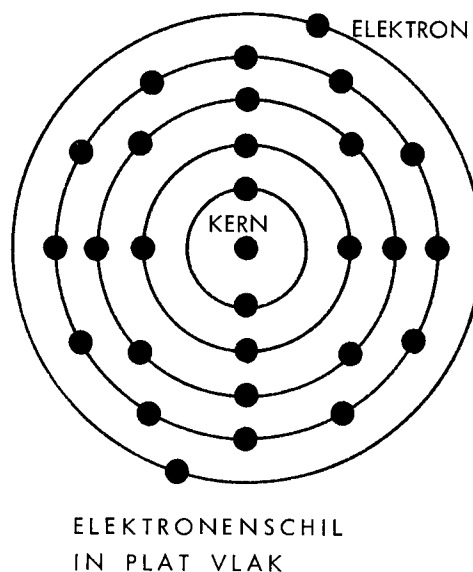
U.V.-licht door te laten. Dit wordt gedaan met paars gekleurd glas, waarvan de moderne staaflampen zijn gefabriceerd. Tevens geldt e.e.a. als waarschuwing dat er U.V.-licht wordt uitgestraald, hetgeen men niet kan zien.

FLUORESCENTIE

Het ontdekken van het kleurenspektrum stimuleerde verdere onderzoekingen. In 1852 ontdekte Sir Georges Stokes, een Britse fysikus, dat het mineraal fluoriet als het blootgesteld werd aan kortgolvig licht, deze golven absorbeerde en weer omzette in langere golven die opnieuw werden uitgezonden. Dit verschijnsel noemde hij fluoresceren en het resulteerde in de wet van Stokes. Fluorescentielicht heeft altijd een grotere golflengte dan het invallende licht. Om dit goed te kunnen begrijpen is enige kennis van de fysische structuur van de

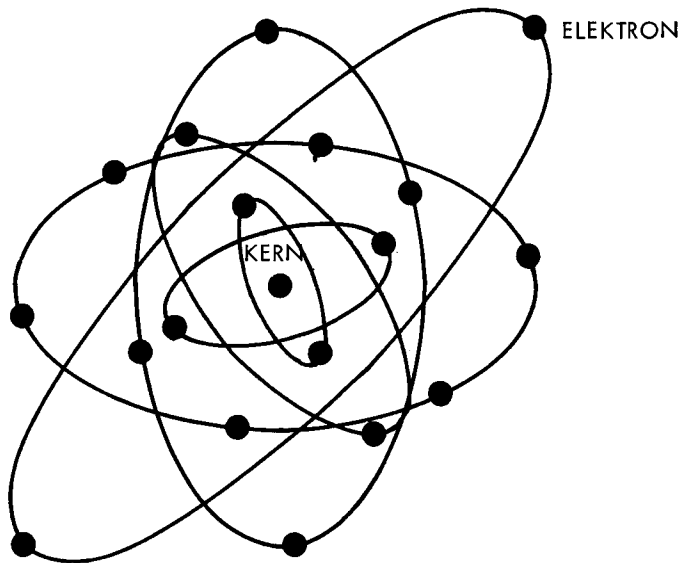
Kortgolvig ultraviolet licht zijn die golven die tussen 3000 \AA en de röntgen golven liggen. De eenvoudigste kortgolvig ultraviolet-bron zendt het meeste van zijn energie uit bij één enkele golflengte van 2537 \AA ; ook wordt nog licht van andere golflengten uitgestraald. Een kleinere hoeveelheid ultraviolet licht wordt opgewekt bij 1849 \AA , maar hiervan zal heel weinig door het glas gaan van de meest gebruikte U.V.-lampen. Al het ultraviolet licht dat wordt uitgestraald bij 1849 \AA zal geabsorbeerd worden door de lucht. Ten gevolge hiervan wordt ozon gevormd in de lucht, dat het oxydatieproces versnelt. Direkte bestraling met kortgolvig ultraviolet licht (2537 \AA) kan bacteriën doden. Deze bestraling wordt dan ook vaak toegepast in ziekenhuizen en bij het bewaren van voedingsmiddelen. In langdurige aanraking met de huid kan het een derde graads verbranding veroorzaken. Dit is ook de golflengte die de ogen kan beschadigen.

Terwijl langgolvig ultraviolet licht gemakkelijk door normaal glas en plastic heengaat, zal kortgolvig licht dit niet doen. Dit betekent dus dat het niet de huizen binnendringt door vensterglas en dat de ogen goed zijn beschermd door een zonnebril. De glazen van lampen voor kortgolvig ultraviolet licht zijn dan ook gemaakt van zeer speciaal glas met een hoog siliciumgehalte. Alle lampen die ultraviolet licht uitstralen, stralen ook zichtbaar licht uit. Daarom is het nodig dit licht te filteren om alleen het



materie nodig. We weten dat alle stoffen opgebouwd zijn uit kleine deeltjes, de molekulen, die weer zijn opgebouwd uit atomen, beide te klein om met het menselijk oog waar te nemen. Een atoom is weer opgebouwd uit nog kleinere deeltjes, t.w. de atoomkern, waaromheen elektronen cirkelen.

De banen waarin de elektronen zich bewegen kunnen verschillende diameters hebben. De verschillende elektronenbanen kunnen worden weergegeven in een plat vlak. Elke baan heeft zijn eigen energieniveau. De baan met de grootste diameter heeft het hoogste energieniveau.



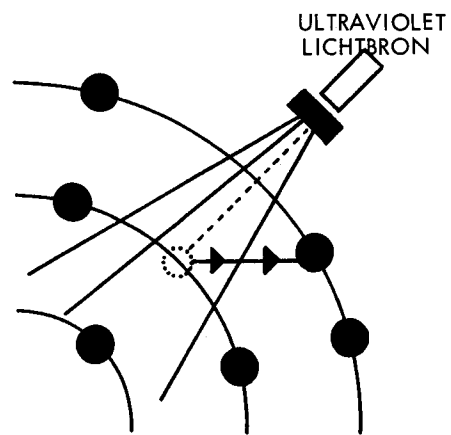
ELEKTRONEN IN DE RUIMTE

Niels Bohr, een Deense natuurkundige, ontdekte in 1913 dat een elektron, bewegend in zijn eigen baan op bepaalde afstand van de kern, altijd een bepaalde hoeveelheid energie behoudt. Minder energie zou dat elektron dicht bij de kern plaatsen en meer energie van de kern verwijderen naar een andere elektronenbaan met grotere diameter.

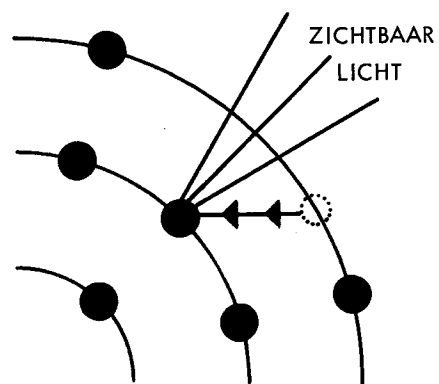
Alle golven, ook de ultraviolet golven, zijn vormen van energie. Ultraviolet licht beschonen op de meeste voorwerpen zal geabsorbeerd worden en omgezet in warmte. Sommige substanties hebben echter een structuur die gevoelig is voor bestraling door U.V.-licht. In dat geval zal een elektron, beschonen door U.V.-licht, een extra energie verkrijgen. In dat atoom zal dan dat elektron zich begeven naar een baan met elektronen met meer energie, dus verder van de kern (een hoger energieniveau). Door deze beweging zal er een gat ontstaan in de baan met elektronen, waar de eerste uitgewipt is. Om het atoom in evenwicht te houden zal deze plaats ingenomen moeten worden door een ander elektron. Dit kan alleen geschieden door een elektron uit een hoger energieniveau.

Het vervangende elektron zal dan naar beneden gaan, maar kan dat alleen als het zijn energie prijsgeeft om in een lagere baan terecht te komen.

Het is deze energie die wij kunnen waarnemen als zichtbaar licht. Dit licht wordt fluorescentielicht genoemd. Wat nu verklaard is, is de fluorescentie door één elektron. In werkelijkheid zullen miljoenen elektronen deze beweging ondergaan als een bepaalde stof wordt bestraald met ultraviolet licht, zodat we geen interruptie zien in de lichtafgifte.



ELEKTRONEN-VERPLAATSING



FOSFORESCENTIE

Bovenstaand is verklaard hoe zichtbaar fluorescentielicht verkregen wordt als een fluorescerend voorwerp beschonen wordt met ultraviolet licht.

Als het ultraviolet licht wordt weggenomen zullen bij de meeste fluorescerende substanties de elektronen spoedig in hun eigen energiebaan terugkeren. Het fluorescentielicht is dan totaal verdwenen.

In sommige materialen is het terugkeren der elektronen zeer vertraagd. In dat geval blijft het materiaal licht uitstralen zolang de elektronen in beweging zijn.

Dit continue uitstralen van licht, zonder belichting door U.V., noemt men fosforescentie. Sommige materialen zullen maar enige seconden fosforesceren en andere langer. Dit hangt helemaal af van de opbouw van het materiaal.

FLUORESCENTIE IN DE MINERALOGIE

Ultraviolet licht is reeds vele jaren een zeer belangrijk hulpmiddel in de mijnbouw. Veel belangrijke ertsen fluoresceren. Het zinkerts Willemiet fluoresceert met een prachtige groene kleur en is zodoende voor de geologen eenvoudig op te sporen.

De meeste amateurgeologen beperken zich tot het tentoonstellen van fluorescerende mineralen in een donkere uitstallkast, hetgeen een zeer fascinerende aanblik geeft.

U zult zich nu afvragen welke mineralen er fluoresceren. Dit is heel moeilijk van te voren te bepalen en het hangt helemaal af uit welke elementen het mineraal bestaat en van de aanwezigheid van aktivatoren (elementen die het fluoresceren mogelijk maken). Deze aktivatoren verschijnen in de meeste mineralen als onzuiverheden. Bekende aktivatoren zijn mangaan, koper, zilver, lood, uranium en chroom. De kleur van robijn wordt verkregen door verontreiniging met chroom. Dit chroom is ook aktivator om de rode robijnkleur onder een U.V.-lamp te veranderen in een zeer heldere fluorescerende kleur rood. De hoeveelheid onzuiverheid is ook bepalend. De bekende calciet van New-Jersey bijv. is verontreinigd met 3% mangaan, dit geeft een wonderschoone rose kleur onder de U.V.-lamp. Men heeft echter ook op dezelfde plaats calciet gevonden met verontreinigingen van 1% en 5% mangaan. Deze calcieten fluoresceren echter in het geheel niet. Zo ziet u, dat het een zeer moeilijke materie is.

Als u in het bezit bent van een U.V.-lamp zou ik u de raad willen geven elk nieuw gesteente of mineraal, dat in uw bezit komt, eerst onder deze lamp

te houden. Zo kunt u zien of een bepaald mineraal fluoresceert of niet. Op deze manier kunt u een heel attractieve verzameling verkrijgen. Er zijn diverse mineralen bekend om hun fluorescentie; hieronder volgen er enkele:

- calciet : eigen kleur wit en grijs, fluoresceert tot helderwit, rose en blauw
- celestien : eigen kleur melkwit, fluoresceert tot blauw
- scheeliet : eigen kleur geel of grijs, fluoresceert tot geel
- cerussiet : eigen kleur wit, fluoresceert tot helder geel
- scapoliet : eigen kleur lichtgroen, fluoresceert tot helder geel
- adamiet : eigen kleur geel/groen, fluoresceert tot helder groen
- autuniet : eigen kleur geel/groen, fluoresceert tot helder groen
- willemiet : eigen kleur zacht geel/groen, fluoresceert tot helder groen
- fluoriet : diverse eigen kleuren, fluoresceert meestal tot paars.

Ik hoop u met dit artikel enigszins wegwijs te hebben gemaakt in de wondere wereld van de fluorescentie.

LEZERS SCHREVEN ONS :

Dure stenen op de GEA-BEURS

Dit jaar waren wij met vakantie in St. Johann i/p in Oostenrijk. De boeken hadden ons namelijk verteld dat vandaar uit gemakkelijk gebieden konden worden bereikt waar mineralen te vinden zouden zijn.

Na eerst een dag rust te hebben genoten stelde ik voor de daarop volgende dag naar het Zillertal te gaan, doch mijn vrouw was voor het Stubachtal.

De volgende morgen stapten wij in de auto, en na een kleine echtelijke woordenwisseling reden wij weg, richting Stubachtal.

Dit is een schitterend dal, waar men nog niet wordt overlopen door toeristen en de natuur is daar adembenemend.

Kortom, een dal voor geo-, bio- en eksterogen want... Aan het eind van dit dal, bij de Stausee, moet men de auto achterlaten. Deze Stausee was het eerste doel van onze tocht, want een berggids in St. Johann had ons verteld dat vandaar een nieuwe weg werd aangelegd door de bergen: de Tauernmoos Strasse.

Deze weg mocht men slechts te voet gaan, dus maakten wij ons voor de + 5 uur durende wandeling gereed. Gelijk volleerde stuwadoors verdeelden wij de mee te nemen lading t.w. fototas met inhoud, kijker, 2 linnen schoudertassen voor het eventueel opbergen van vondsten, hamers, beitels enzovoort.

Bepakt als muilezels vingen we de tocht aan. De eerste duizend meter van de weg bestond uitsluitend uit modder waardoor wij van wandelen moesten overgaan op soppen. Het modderbad verdween

in een tunnel van ongeveer 300 meter lengte waar uitsluitend duisternis heerste. De zaklantaarn vertelde ons dat de tunnelwand was bekleed met zeer fijn steengraas, zodat, mocht er iets hebben gezeten, wij er toch niet bij konden. Uit de tunnel komend stonden wij voor een schitterend uitzicht en op een asfaltweg.

Loerend, bukkend, rapend en wegwerpend vervolgden wij onze tocht. Toen, opeens, bleven wij staan voor een groen gekleurd gesteente dat ons vanuit de rotswand aanstaarde. Blijkbaar een poreus gesteente, want naargeestig sijpelde water uit vele kleine spleetjes. De zon toverde lichtflitsen op prachtige groene kristallen die zich in de glimmerschist ophielden.

Voorzichtig begonnen wij met hamer, beitel en verbanddoos te werken. Het ene stuk na het andere viel ons ten deel, en werd, verpakt in papier, in de linnen tassen opgeborgen.

Ter plaatse werd uitgevonden dat de kristallen straalsteen waren. Toen de tassen vol waren besloten wij terug te gaan. Letterlijk en figuurlijk rustte op mijn schouders de taak om de stenen te dragen. (Je kunt beter puimsteen vinden).

Ik liep voor mijn vrouw uit.

Plotseling meende ik in de, aan de rechterkant van de weg aflopende helling, schitteringen als van kristallen in het zonlicht te zien. Vanzelf begon ik meteen aan de afdaling, en zette mijn voet op een (daarop al jarenlang wachtende) steen. Deze vervulde zijn taak prima, kantelde, en ontnam mij