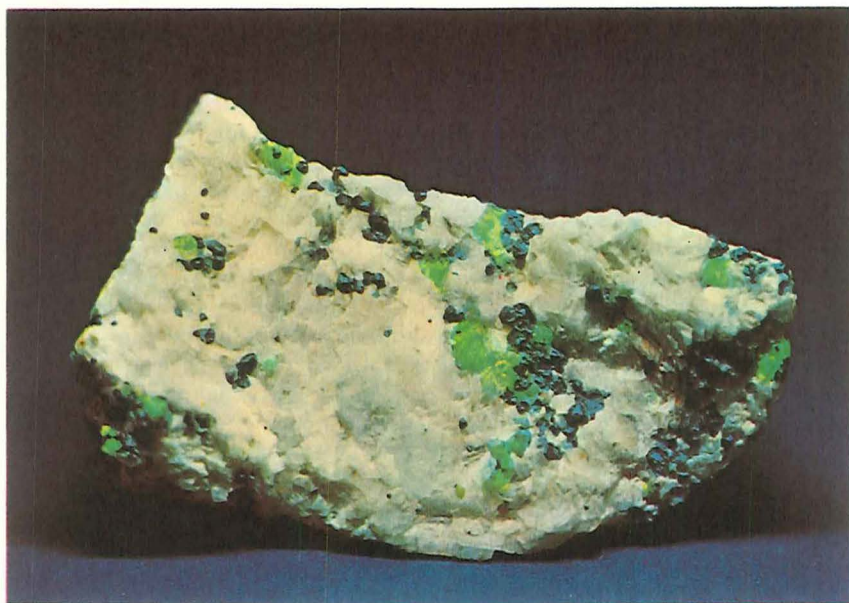


Grønt fluorescerende willemit fotograferet i ultraviolet lys.
Det rosa er kalkspat og det sorte franklinit.



FLUORESCENS & FOSFORESCENS

Ole Ingolf Jensen

Det er de færreste sten og mineraler, der har stærke farver; de fleste er enten sorte, grå eller brune. Men mange af disse kan antage pragtfulde farver, når de udsættes for ultraviolet lys (ultraviolet stråling), røntgenstråling eller katodestråler. Stenene eller mineralerne bliver lysende, ofte med en farve som er forskellig fra mineralets egen farve, og ofte ser det ud som om lyset kommer indefra mineralet selv, vi siger, at mineralet fluorescerer.

Ved at undersøge malme og mineraler med for eksempel en ultraviolet lampe, kan man få et fingerpeg om hvilke mineraler og grundstoffer de indeholder, og det benyttes også både i laboratoriet og i marken, når man for eksempel søger efter zink, lithium, wolfram og uran.

Hvis lysudsendelsen fortsætter efter bestrålingens ophør, kalder man det fosforescens, og det kan ligesom fluorescensen være vejledende, med hensyn til mineralets sammensætning og eventuelt indhold af urenheder

det vil sige fremmede grundstoffer. Om et mineral fluorescerer og eventuelt fosforescerer er ikke noget man kan se på mineralet, men det kan undersøges ved hjælp af de førnævnte energikilder, og for den ultraviolette strålings vedkommende, helst med forskellige bølgelængder.

Navnet fluorescens kommer fra mineralet flussspat (fluorit), hvoraf der forekommer stykker, som i dagslys får et violet skær, forskelligt fra fluoritens egen farve. Fosforescens har navn efter hvidt fosfor, der er instabilt og blot ved luftens tilstedeværelse kan iltes, hvorved det udsender lys. Det, som sker, har dog ikke noget med fosforescens at gøre, men er en kemiluminiscens (lysudvikling som følge af kemisk proces, der ikke skyldes temperaturforøgelse). Af andre former for luminiscens kan nævnes triboluminiscens, som kan opstå hos et mineral, når det presses eller knuses, og endelig termoluminiscens, der opstår ved opvarmning (men dog uden at det skyldes, at stoffet gløder). De to sidste former for luminiscens kan findes hos flussspat, kalkspat, apatit, skapolit og andre, og man mener, at årsagen til det er, at mineralerne engang har været udsat for radioaktiv bestråling (som har forårsaget at nogle af elektronerne er slået ud af deres oprindelige niveauer, se nedenfor).

Lad os se på årsagerne til fluorescens og fosforescens. Når elektronerne i et stof eller mineral bevæger sig stabilt i deres niveauer, vil der ikke blive udsendt nogen energi eller stråling. Men man kan ved tilførsel af energi ændre dette således, at elektronerne kommer ud i niveauer, som ligger længere væk fra kernen. Da denne position er instabil, vil elektronerne, så snart det er muligt, vende tilbage til deres oprindelige niveauer, og dette vil ske under energifrigivelse, det vil sige der kommer elektromagnetiske bølger af en bestemt bølgelængde. Hvis bølgelængden ligger mellem cirka 4000 og 7800 Ångstrøm, vil det blive til synligt lys med en eller anden farve. Hvis bølgelængden er noget mindre end de 4000 Å, udsendes ultraviolet lys (der er usynligt), og hvis bølgelængde er større end 7800 Å, infrarødt lys (varmestråling).

Hvis elektronerne ikke afgiver deres energi momentant, men forbliver et stykke tid i de niveauer, som de er kommet ud i, vil de efter bestrålingens ophør udsende energi, og hvis det kan ses, kaldes det fosforescens. - Hvor lang tid et mineral fosforescerer er meget forskelligt, det kan være fra en brøkdel af et sekund til flere minutter. Fosforescensens farve kan være forskellig fra fluorescensens, men lige så ofte har de den samme farve. Hvis et mineral er istand til at fluorescere (og fosforescere) ved to forskellige bølgelængder af ultraviolet lys, vil man se, at den mindre energirige stråling (langbølget ultraviolet lys) for eksempel kan give en grønlig fluorescens, medens en mere energirig ultraviolet stråling (kortbølget) giver en blålig fluorescens, der ligeledes har en kortere bølgelængde (end den grønne), og det samme gælder for fosforescensen.

Ser man på hvilke mineraler, der kan fluorescere, vil man skelne mellem mineraler med egenfluorescens (som er de færreste) og mineraler som behøver "urenheder", det vil sige fremmede stoffer, for at de kan fluorescere.

I den følgende gennemgang af udvalgte mineraler har prøverne været udsat for belysning med ultraviolet lys (forkortet til UV).

KALKSPAT (CALCIT) CaCO_3 . Kalkspat findes kemisk rent som dobbeltspat, og denne viser ingen fluorescens. Indeholder mineralet urenheder, vil det meget ofte fluorescere og fosforescere, og farven (farverne) vil da afhænge af, hvilke urenheder der er tilstede. Er kalkspaten gulbrun vil fluorescensen næsten altid blive grønlig eller blålig (i henholdsvis lang og kort UV), og det samme gælder for fosforescensen. Er kalkspaten hvid, kan fluorescensen blive smuk rød, og farven bliver stærkere ved kortbølget UV. Fosforescensen, der er ret kortvarig, bliver også rød. En sådan kalkspat findes ved Franklin, New Jersey i U.S.A., hvor den findes sammen med willemit og franklinit. Dette giver i UV en helt fantastisk virkning, idet willemiten, der fluorescerer intenst grønt, findes spredt i den rødt fluorescerende kalkspat. - Drypsten, marmor med mere kan ligeledes fluorescere, for eksempel kan marmor i langbølget UV få orange fluorescens, medens fosforescensen bliver grønlig. Mange fossiler af kalkspat kan ligeledes fluorescere og fosforescere.

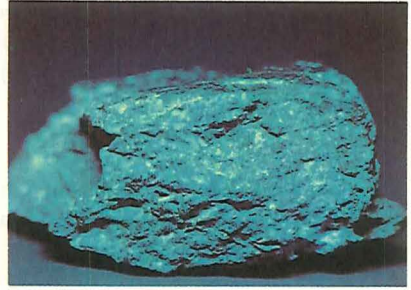
ARAGONIT CaCO_3 . Aragonit består kemisk af det samme som kalkspat (men krystalformen er anderledes), og ofte opfører det sig ligesom kalkspat i UV. Aragonit fra Sicilien kan i UV for eksempel blive rosarød, medens fosforescensen, der kan vare op til en 15 sekunder, bliver stærkt grøn.

GIPS (SELENIT) $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, ANHYDRIT CaSO_4 og TUNGSPAT (BARYT) BaSO_4 fluorescerer og fosforescerer i det store og hele som kalkspat, idet farverne kan variere fra orange til blå (alt efter bølgelængde). - I et krystalaggregat bestående af klar gips, kan man i UV se en lysende vifte eller kegle som vokser i udbredelse. Ørkenroser, dekorativt sammenvoksede gipskrystaller, som blandt andet findes i Sahara, kan også vise fluorescens og fosforescens.

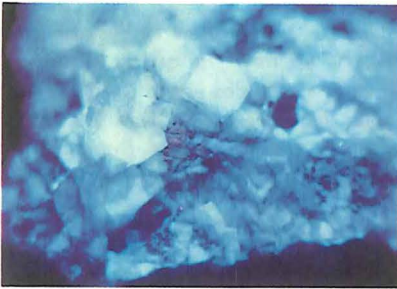
COELESTIN SrSO_4 . Coelestin minder i fluorescens og fosforescens om kalkspat. Herhjemme kan man på Møn finde coelestin-konkretioner, hvori der kan være grovkrystallinske forekomster, som kan fluorescere.



Tugtupit i UV



Scheelit i UV



Flusspat i UV



Cølestin-konkretion i UV



Kalkspatdruse i basalt. Fotograferet i almindeligt lys.



Samme druse fotograferet i UV

FLUSSPAT (FLUORIT) CaF_2 . Flusspat kan optræde med forskellige kraftige farver eller være farveløs, men ligemeget hvilken farve den har, vil den i UV få en smuk blå-violet fluorescens (hvis den da i det hele taget fluorescerer). I kortbølget UV har flusspat en meget kortvarig fosforescens.

STENSALT (HALIT) NaCl . Stensalt kan i kortbølget UV få en rød eller rødlig fluorescens.

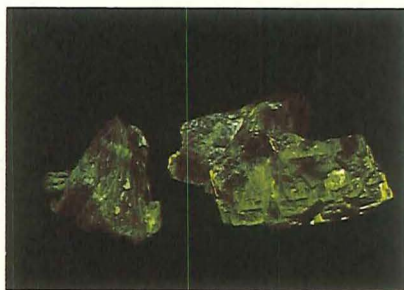
CERUSSIT (HVID BLYMALM) PbCO_3 . Cerussit kan i langbølget UV få en gul fluorescens, men der skal ligesom hos for eksempel kalkspat og gips være fremmede stoffer til stede.

KORUND Al_2O_3 . Rubin, der er en rød varietet af mineralet korund, har sin røde farve fra crom, som har erstattet en del af aluminium. I UV vil rubinen stadig være rød, men nærmest selvlysende, som om lyset kom indefra stenen selv. Syntetiske rubiner vil også blive røde i UV, så man kan ikke på denne måde skelne mellem ægte og syntetiske (men det kan gøres ved hjælp af et almindeligt lysmikroskop, idet den ægte rubin vil have et sekskantet mønster, og den syntetiske rubin vil have koncentriske ringe).

KALCEDON SiO_2 . Kalcedonens fluorescens-farve afhænger af mineralets egen farve. For eksempel kan en hvid kalcedon fluorescere hvidt og en grå grønligt. Kalcedon har ingen fosforescens.

OPAL $\text{SiO}_2, n\text{H}_2\text{O}$. Opal kan fluorescere og navnlig fosforescere, og dette gælder særligt ædelopalerne. I UV forsvinder farvespillet, iridescensen, og opalen får et mælkeagtigt skær, som er svagt grønligt. Når UV-bestrålingen ophører, lyser opalen med en klar grøn farve, og denne fosforescens kan vare op til 20 sekunder. Ved kortbølget UV bliver farverne mere blålige.

Opal forekommer også i flint, hvor man finder det som rester af kridttidens kiselsvampe, og hvis man kan se en svag tegning af svampen vil den i UV blive tydeligere - eller man kan gøre det modsatte, finde kiselsvampen ved hjælp af en UV-kilde.



Autunit fotograferet i almindeligt lys.



Autunit fotograferet i UV.

SCHEELIT $\text{Ca}(\text{WO}_4)_2$. Scheelit er et af de få mineraler, som har egen fluorescens, og det får i kortbølget UV en smuk blå farve, medens langbølget UV ikke kan fremkalde nogen fluorescens. (Hvis et mineral ikke fluorescerer kan det altså være den anvendte bølgelængde, der er forkert). Hvis scheelit i UV har en gullig eller hvid fluorescens, er det tegn på at mineralet indeholder molybdæn. Det har en meget kortvarig fosforescens.

WILLEMITE $\text{Zn}_2(\text{SiO}_4)$. Mineralet kan optræde med farverne gul, brun eller rød, men i UV bliver farven grøn, og intensiteten stiger ved kortere bølgelængde. Willemite har svag fosforescens.

BERYL $\text{Al}_2\text{Be}_3(\text{Si}_6\text{O}_{18})$. Aquamarin og smaragd, som begge er mineralet beryl, kan fluorescere fantastisk kønt, idet farven kan blive selvlysende grøn, og fosforescensen, der kan vare i flere minutter, er ligeledes grøn. Medens ikke alle aquamariner fluorescerer i UV, vil de syntetiske få en rødlig fluorescens, som bliver stærkere med den syntetiske stens egen farve.

SKAPOLIT Na,Ca-silikat . Skapolit, der ikke er et enkelt mineral, men sammensat af to analoge silikater, får i UV en kraftig gul farve (hvis det da fluorescerer).

SPODUMEN $\text{LiAl}(\text{Si}_2\text{O}_6)$. Spodumen, der i øjeblikket er det vigtigste Li-mineral, kan i UV fluorescere grønligt. Det har kun svag fosforescens.

DIAMANT C. Det hårdeste mineral, diamanten, kan også fluorescere, og med forskellige farver, dog således, at en bestemt diamant kun har én farve. Fluorescens-farverne kan for eksempel være rød, gul, grøn, blå og hvid. At en diamant ikke fluorescerer, behøver ikke at betyde, at den ikke er ægte.

Et enkelt uranmineral, **AUTUNIT** $\text{Ca}(\text{UO}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 12-10 \text{H}_2\text{O}$, skal omtales. Det gulligrønne autunit får i kortbølget UV en meget intens gulgrøn fluorescens. Mineralet har ingen fosforescens.

TUGTUPIT $\text{Na}_8(\text{Cl}(\text{BeAlSi}_4\text{O}_{12})_2)$. Det røde mineral tugtupit fluorescerer i både kort- og langbølget UV smukt rødt, og fosforescensen, der kan vare længere end et minut, bliver blå-hvid.

Det organiske mineral **RAV (SUCCINIT)** kan fluorescere i gullige og og grønlig nuancer, selv om fluorescensen ikke er kraftig. Det har ingen fosforescens.

De Smølf Juwelen.

I handelen findes mange forskellige lamper med ultraviolet lys. I filateliforretninger kan man relativt billigt købe en lampe som udsender ret langbølget UV. Den er i stand til at få de mineraler, hvor der i artiklen står: "fluorescerer ved langbølget UV", til at lyse.