

Leuchtende Kristalle

Wissenswertes über Fluoreszenz



Von Dr. Werner Lieber

Leuchtende Kristalle

Wissenswertes über Fluoreszenz

Von Dr. Werner Lieber

Herausgeber und Verlag:

VETTER K. G. vorm. Ludwig Hormuth, 6908 Wiesloch, Postfach 1348
Verlagspostamt: Wiesloch

Copyright by VETTER K. G., vorm. Ludwig Hormuth, 6908 Wiesloch

Nachdruck und Vervielfältigung, Foto- und Mikrokopie von Teilen oder Bildwiedergaben nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Herausgebers.

Bildbeiträge: Dr. W. Lieber, Heidelberg

Schutzgebühr: DM 9.50

Inhalt

Was ist Fluoreszenz?	5
Einleitung und geschichtlicher Rückblick	5
Die Entstehung und das Wesen des Lichts	6
Das Spektrum	8
Die Entstehung von Fluoreszenz und Phosphoreszenz	8
Die Ursachen der Fluoreszenz	11
Die Anregung der Fluoreszenz	12
Lichtquellen	13
Fluoreszenz-Fotografie	15
Fluoreszenz-Mikroskopie	16
Fluoreszierende Mineralien	16
Elemente	24
Sulfide	24
Halogenide	26
Oxide	28
Carbonate	30
Borate	33
Sulfate	34
Chromate, Molybdate, Wolframate	36
Phosphate, Arsenate, Vanadate	37
Silicate	38
Uranmineralien	42
Mineralien von Franklin, New Jersey	44
Nachwort	46
Schrifttum	47

Zunächst beglückwünschen wir den Leser dieser Zeilen zu dem Entschluß, eine Ultraviolett-Lampe zu erwerben. Vielleicht kam die Anregung dazu aus der Literatur, vielleicht haben auch die prächtigen Fluoreszenzfarben bei der Vorführung in Museen oder Instituten den Wunsch geweckt, selber eine UV-Lampe zu besitzen und Mineralien damit zu betrachten.

Selbstverständlich möchte man jetzt auch wissen, was man mit einer solchen Lampe anfangen kann und welche Eigenschaften der UV-Strahlung und der Mineralien dieses bunte Leuchten verursachen und warum einige Mineralien leuchten und andere nicht.

Diese Broschüre erläutert, was ultraviolette Strahlung ist, wie sie erzeugt wird und was man unter Fluoreszenz versteht. Es wird beschrieben, welche Geräte und welche Lampen auf dem Markt angeboten werden und für welchen Zweck sie gedacht sind. Und schließlich sollen am Beispiel der wichtigsten Mineralien die Fluoreszenzfarben beschrieben werden.

Was ist Fluoreszenz?

Einleitung und geschichtlicher Rückblick

Der „Bologneser Stein“ war wohl der erste künstlich erzeugte „Leuchtstoff“, den man kennt. Seine Herstellung vollzog sich ungewollt und unerwartet, war also eine überraschende Erfindung und dem Zufall und der Experimentierfreude des Schusters und Alchemisten Vincenz CASCIAROLO zu verdanken.

Im Jahr 1604 fand er auf dem Monte Paterno bei Bologna einen Stein, der durch sein hohes Gewicht auffiel. CASCIAROLO vermutete in dem unbekanntem Stein Edelmetalle und glühte ihn zwecks deren Gewinnung mit Kohle. Nach dem Erkalten des Glühproduktes fand er weder Gold noch Silber, doch zeigte der Stein die merkwürdige Erscheinung, im Dunkeln zu leuchten, wenn er vorher dem Licht ausgesetzt war. Der Bologneser Schuster hatte den ersten künstlichen Leuchtstoff gefunden.

Wie wir heute wissen, handelte es sich bei dem Stein um Baryt, der durch das Glühen mit Kohle zum Teil in Bariumsulfid überführt wurde. Dieses ist der eigentliche „Leuchtstoff“ in dem Bologneser Stein.

In der Folgezeit erschienen zahlreiche Veröffentlichungen über das eigenartige Leuchtphänomen, ohne daß bei dem damaligen Stand der Kenntnisse brauchbare Fortschritte erzielt werden konnten. Im Gegenteil, durch die Entdeckung eines neuen chemischen Elementes wurde die Verwirrung noch größer, da dieses auch **ohne** vorherige Belichtung im Dunkeln leuchtete. Nach dieser Eigenschaft nannte der Entdecker BRANDT (1669) sein neues Element Phosphor, d. h. „Lichtträger“. Ein Lichtträger, also ein Phosphor, war künftig jeder Stoff, der im Dunkeln leuchtete.

Einige Jahre später berichtete J. S. ELSHOLTZ (1681) in seinem Buch über Phosphore von einem grünen Stein, der beim Erwärmen leuchtete. Dieser Stein wurde phosphorus smaragdinus genannt und erstmals von G. K. KIRCHMAJER in seiner Dissertation (1680) beschrieben. Der Stein war vermutlich ein Stück Fluorit. Du FAY (1724) und J. B. BECCARI (1745) beobachteten, daß viele Mineralien teils durch Belichten, teils durch Erwärmen auch ohne besondere Vorbehandlung leuchteten.

BECCARI gab darüber hinaus eine Zusammenstellung aller zu seiner Zeit bekannten Leuchterscheinungen und unterschied folgende Gruppen:

1. Selbstleuchtende Pflanzen, Tiere und andere organische Stoffe,
2. Steine, die beim Schlagen, Reiben oder Zertrümmern leuchten,
3. Stoffe, die beim Kristallisieren leuchten,
4. Steine, die beim Erwärmen leuchten,
5. Stoffe, die beim Luftzutritt leuchten (Brandt'scher Phosphor),
6. Steine, die beim Belichten leuchten oder nachleuchten.

Damit hatte BECCARI eine grundsätzlich richtige Aufstellung von Leuchterscheinungen gegeben, die wir heute unter dem Sammelbegriff **Lumineszenz** (lat.: Lumen = Licht) erfassen, nämlich:

1. Biolumineszenz,
2. Tribolumineszenz,
3. Kristallolumineszenz,
4. Thermolumineszenz,
5. Chemilumineszenz,
6. Photolumineszenz (Fluoreszenz und Phosphoreszenz).

Wie später noch gezeigt wird, sind die Leuchterscheinungen im Prinzip gleichartig; sie unterscheiden sich lediglich durch die Art der „Anregung“. — Diese Abhandlung befaßt sich nur mit solchen Lumineszenzerscheinungen, die durch Bestrahlung angeregt werden, also mit Fluoreszenz und Phosphoreszenz.

Auch Fluoreszenz hatte man schon frühzeitig beobachtet, ohne aber den Zusammenhang mit Phosphoreszenz zu erkennen. Die erste Nachricht über eine fluoreszierende Flüssigkeit findet sich in einer von dem spanischen Arzt Niccolò MONARDES veröffentlichten Abhandlung aus dem Jahre 1570. Spätere Beobachtungen und Deutungen dieser Leuchterscheinungen stammen von A. KIRCHNER (1646), R. BOYLE (1680), I. NEWTON (1750), HAUY (1801), und GOETHE (1858). Eine richtige Deutung der Fluoreszenz gelang erstmals G. G. STOKES (1852), der erkannte, daß es sich dabei um ein Selbstleuchten der betreffenden Substanz handelt, wobei das anregende Licht eine kürzere Wellenlänge besitzt als das emittierte Licht. Da die Erscheinung beim Fluorit (= Flußspat) besonders gut zu beobachten war, schlug STOKES dafür die Bezeichnung Fluoreszenz vor.

Von den zahlreichen Wissenschaftlern, die sich später mit Fluoreszenz und Phosphoreszenz befaßten, seien genannt: A. BECQUEREL (1859), Sir William CROOKES (1879), LECOCQ (1886), A. VERNEUIL (1887), E. WIEDEMANN (1887), LENARD (1904) und G. URBAIN (1906). Man fand, daß besonders kurzwelliges blaues Licht, aber auch Röntgenstrahlen bei vielen Substanzen starke Fluoreszenz und Phosphoreszenz anzuregen vermochten. Darüber hinaus erkannte man die große Bedeutung von „Verunreinigungen“ in den Leuchtstoffen. Insbesondere LECOCQ kam durch seine Arbeiten zu der Auffassung, daß Fluoreszenz und Phosphoreszenz an die Anwesenheit von Spuren von Verunreinigungen geknüpft sei, die er als die eigentlichen „aktiven“ Stoffe bezeichnete. Diese Ansicht bestätigte sich in sehr vielen Fällen. Aber erst die Quantentheorie von Max PLANCK (1900) und das Atommodell von Niels BOHR (1913) halfen, das Prinzip der Lichtaussendung lumineszierender Körper zu verstehen.

Die Entstehung und das Wesen des Lichts

Jeder glühende Körper sendet um so mehr Licht aus, je höher seine Temperatur ist. Beim Kerzenlicht sind es glühende Kohleteilchen, bei der Fadenlampe der glühende Metalldraht, bei den Sternen glühende Gase, die leuchten.

Lumineszierende Körper glühen nicht, sie sind kalt, und trotzdem senden sie Licht aus. Man bezeichnet daher die Lumineszenz als „kaltes Licht“.

Um die Entstehung und das Wesen des Lichtes verstehen zu können, muß man den Aufbau der Atome kennen lernen.

Ein Atom besteht — sehr vereinfacht dargestellt — aus dem Atomkern und der Elektronenschale (Abb. 1). Der Kern enthält praktisch die gesamte Masse des Atoms und besteht aus elektrisch positiv geladenen (= Protonen) und elektrisch ungeladenen neutralen (= Neutronen) Teilchen. Die Elektronen bewegen sich mit hoher Geschwindigkeit auf Bahnen (Energiebereichen) um den Kern herum. Die Zahl der Elektronen in bestimmten Bahnen ist begrenzt, doch entspricht ihre Summe der Zahl der positiven Kernladungen, damit das Atom insgesamt nach außen elektrisch neutral, also ungeladen ist.

Die Abb. 1 zeigt schematisch den Aufbau des Natrium-Atoms. Elf positive Kernladungen werden durch 11 negativ geladene Elektronen kompensiert, die sich in den mit K, L und M bezeichneten Bereichen bewegen.

Weiter außen befindliche Bahnen (durch N angedeutet) sind nicht besetzt. Wollte man z. B. das einzelne äußerste Elektron in eine vom Kern weiter entfernte Bahn zwingen, so müßte man Energie aufwenden, denn Kern und Elektronen ziehen sich ja gegenseitig an. Tatsächlich kann durch Energiezufuhr, z. B. hohe Temperatur oder energiereiche Strahlung dieses Elektron in eine andere Bahn, z. B. in eine N-Bahn gelenkt werden. Dieser „angeregte“, energiereichere Zustand entspricht aber keineswegs dem Normalfall, und es kehrt daher sofort wieder in seine alte Bahn zurück. Die vorher aufgewendete Energie gibt es dabei vollständig in Form von Licht zurück. Daraus folgt:

Licht ist eine spezielle Art von Energie.

Bevor man die wahre Natur des Lichts erkannt hatte, gab es zwei Theorien, mit deren Hilfe seine Eigenschaften erklärt werden konnten. Einmal die Wellentheorie, die das Licht als eine transversale Wellenbewegung beschrieb, zum anderen die Korpuskulartheorie, nach der das Licht ein Strom kleinster Lichtteilchen, sogenannter Lichtquanten, sein sollte. Heute weiß man, daß beide Theorien richtig sind. Nach der Wellentheorie besitzt jede Lichtwelle die

$$\text{Geschwindigkeit } (c) = \text{Wellenlänge } (\lambda) \cdot \text{Schwingungszahl } (\nu),$$

und nach der Korpuskulartheorie hat jedes Lichtquant die

$$\text{Energie} = \text{Wirkungsquantum } (h) \cdot \text{Schwingungszahl } (\nu).$$

Diese Gleichungen sagen folgendes aus: Die Lichtgeschwindigkeit (im luftleeren Raum konstant 300 000 km/sec.) ist gleich dem Produkt aus der Länge der Welle und ihrer Frequenz, d. h. der Zahl der Schwingungen pro Sekunde. Je größer die Wellenlänge, desto kleiner ist die Frequenz; je kleiner die Wellenlänge, desto größer ist die Frequenz. Ferner: Die Energie eines Lichtquants ist gleich dem Produkt aus dem Wirkungsquantum und der Frequenz. Die Wirkungsgröße eines Naturvorganges, gleichgültig ob mechanischer, elektromagnetischer oder chemischer Art hat keinen beliebigen Wert, sondern ist ein ganzzahliges Vielfaches des Wirkungsquantum, h . Die kleinste über-

haupt beobachtbare Wirkung (an Elementarvorgängen) ist das Wirkungsquantum selbst. Das Wirkungsquantum ist eine sehr kleine, konstante Zahl, die nach dem Schöpfer der Quantentheorie „Planck'sches Wirkungsquant“ genannt wird.

Die Energie eines Lichtquants ist also unmittelbar von der Frequenz der Lichtwelle abhängig. **Je größer die Frequenz** (also je kleiner die Wellenlänge), **desto größer ist auch die Energie**; je kleiner die Frequenz, desto geringer ist die Energie.

Das Spektrum

Wenn man das Sonnenlicht mit einem Prisma zerlegt, so erhält man eine kontinuierliche Folge der verschiedenen Farben (Abb. 2). Man nennt diese Anordnung ein Spektrum. Die Wellenlänge des Lichts wird in Nanometern (abgekürzt: nm) gemessen; ebenso üblich ist die Angabe in Ångström-Einheiten (abgekürzt ÅE).

Die Wellenlänge des violetten Lichtes ist etwa 380 nm. Eine Rasierklinge von 1/10 Millimeter Stärke ist 250mal dicker als die Länge einer (blauen) Lichtwelle. Rotes Licht hat eine Wellenlänge von etwa 760 nm. Für das menschliche Auge ist nur das Licht zwischen etwa 367 nm (= 3670 ÅE) und 780 nm (= 7800 ÅE) sichtbar. Das Spektrum ist hier aber nicht zu Ende, sondern setzt sich einerseits nach Ultraviolett, andererseits nach Infrarot fort. Die Schwingungszahl (Frequenz) des blauen Lichtes ist größer als die des roten Lichtes, folglich ist nach der Gleichung $E = h \cdot \nu$ **blaues Licht viel energiereicher** als rotes. Ultraviolettes Licht z. B. von der Wellenlänge 2000 Å ist etwa 3mal energiereicher als rotes Licht.

Die Entstehung von Fluoreszenz und Phosphoreszenz

Zur Erzeugung von Licht bedarf es der Anregung des leuchtenden Körpers durch Energiezufuhr. So muß der Metallfaden in einer Glühlampe durch elektrische Energie zum Glühen gebracht werden, damit er leuchtet. Die Natriumatome von Kochsalz (= Natriumchlorid) müssen durch die Hitze einer Gasflamme zunächst angeregt werden, damit sie das intensive gelbe Leuchten zeigen, das jeder kennt, der einmal ein paar Körnchen Kochsalz in die Flamme streute. Ist in vielen Fällen zur Erzeugung von Licht eine vergleichsweise hohe Energie (z. B. die Hitze der Gasflamme oder gar des Lichtbogens) erforderlich, so genügt zur Anregung der Fluoreszenz und Phosphoreszenz bereits energiereiche Strahlung, wie z. B. ultraviolettes Licht.

Die Vorgänge bei der Anregung von Fluoreszenz sind in Abb. 3 schematisch dargestellt. M 1, 2, 3 und N 1, 2, 3, 4 sind die Elektrobahnen aus Abb. 1. Jede Elektronenbahn stellt einen bestimmten Energiezustand, ein Energieniveau dar. Ein Elektron möge auf der Bahn M 1 um den Kern des Atoms kreisen. Durch Energiezufuhr (ultraviolette Bestrahlung) wird es z. B. in die Bahn N 3 gezwungen, wobei sich seine Energie erhöht. Der Betrag der aufgenommenen Energie wird durch die Länge des Pfeiles M 1 → N 3 angedeutet. Da dieser angeregte, energiereiche Zustand nicht dem Normalfall entspricht, fällt das Elektron wieder in seine ursprüngliche Bahn M 1 zurück. Gewöhn-

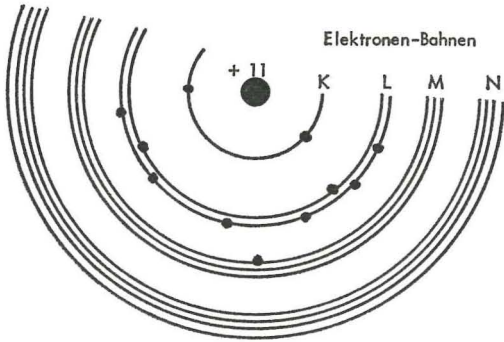


Abb. 1

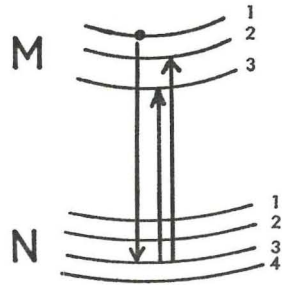


Abb. 3

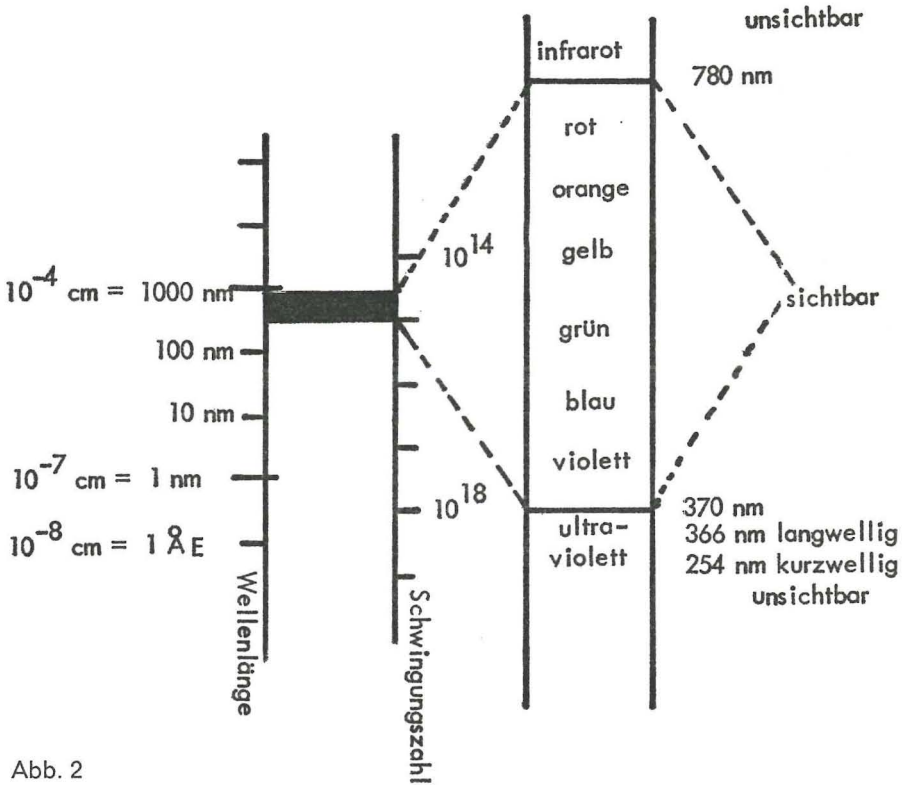


Abb. 2

lich erfolgt der Übergang in einem einzigen „Sprung“. Bei den fluoreszierenden und phosphoreszierenden Stoffen geschieht die Rückkehr jedoch stufenweise. So könnte das Elektron von N 3 erst nach M 2 und dann nach M 1 zurückspringen, oder es könnte von N 3 erst nach M 3 und dann nach M 1 zurückkehren. Die Sprünge von N 3 nach M 2 bzw. M 3 sind durch Pfeile dargestellt, während die kleinen Übergänge nach M 1 nicht eingezeichnet sind, weil sie für das Fluoreszenzleuchten keine Bedeutung besitzen. Der bei der Rückkehr in Form von sichtbarem Licht abgegebene Energiebetrag wird durch die Länge der Pfeile veranschaulicht. Wie man sieht, sind die Einzelbeträge der abgegebenen Energie kleiner als die aufgenommene Energie.

Nach der Gleichung

$$\text{Energie} = h \cdot \text{Frequenz}$$

muß also die Frequenz des abgegebenen Lichtes kleiner sein als die der aufgenommenen Strahlung. Mit anderen Worten:

Das ausgestrahlte Fluoreszenzlicht hat eine größere Wellenlänge als das eingestrahle ultraviolette Licht (Regel von Stokes).

Die Summe der insgesamt ausgestrahlten Energie muß natürlich so groß sein wie die eingestrahle Energie. Das ist auch tatsächlich der Fall. Nur sind die kleinen Übergänge, z. B. von M 2 nach M 1 mit so geringer Energieabgabe verbunden, daß die Frequenz sehr klein, die Wellenlänge also sehr groß ist. Es entsteht eine ultrarote, unsichtbare Strahlung (Wärmestrahlen). Aus den bisherigen Ausführungen folgt:

Fluoreszenz ist das durch energiereiche Strahlung (z. B. Ultraviolett) angeregte sichtbare Leuchten eines Stoffes. Das Leuchten beginnt sofort bei der Anregung und erlischt unmittelbar mit dem Ende der Bestrahlung.

Phosphoreszenz wird grundsätzlich nach dem gleichen Prinzip angeregt wie Fluoreszenz, nur besitzen manche Stoffe die Eigenschaften, die aufgenommene Energie mehr oder weniger lange zu speichern. Auf das Atommodell Abb. 3 übertragen heißt dies: Das von M 1 nach N 3 übergegangene Elektron kehrt nicht sofort auf seine ursprüngliche Bahn zurück, sondern verweilt eine gewisse Zeit in dem Zustand höherer Energie N 3. Diese Verweilzeit kann sehr kurz sein, sie kann aber auch viele Stunden betragen; das wird für jeden Stoff verschieden sein. Erst bei der Rückkehr des Elektrons wird sichtbares Licht ausgestrahlt. Nun werden aber niemals alle angeregten Elektronen einer phosphoreszierenden Substanz gleichzeitig zurückfallen, man würde dann nach einer bestimmten Zeit lediglich einen Lichtblitz beobachten. Vielmehr kehren sie schon während der Bestrahlung und vor allem mit dem Ende der Anregung zurück, und zwar anfänglich viele, mit der Zeit aber immer weniger. Man beobachtet also nach dem Ende der Belichtung ein mehr oder weniger kräftiges Leuchten, das mit der Zeit immer schwächer wird (Leuchtziffern einer Uhr).

Unter Phosphoreszenz versteht man das Nachleuchten einer Substanz nach beendeter Bestrahlung.

Auch alle anderen Lumineszenzerscheinungen beruhen auf Elektronenübergängen von einem Zustand höherer Energie auf einen energieärmeren Zu-

stand. Nur die Art der Anregung, also die Energiezufuhr, ist jeweils verschieden.

Die Ursachen der Fluoreszenz

Nicht jede Substanz fluoresziert, wenn sie mit energiereicher Strahlung angeregt wird. Und die vielen fluoreszierenden Stoffe haben nach ihrer Zusammensetzung zunächst nicht viele Gemeinsamkeiten. Viele kompliziert zusammengesetzte organische Farben, unter denen das Fluoreszein am bekanntesten ist, vermögen zu fluoreszieren; ebenso zahlreiche Mineralien, echte und synthetische Schmucksteine und künstliche anorganische Leuchtstoffe, so daß es schwierig scheint, hier ein ordnendes Prinzip zu finden. Dennoch kann man eine grobe Einleitung zunächst in zwei Gruppen vornehmen, nämlich

1. Substanzen, die **grundsätzlich**, auch in reinstem Zustand fluoreszieren. Unter „reinstem“ Zustand soll der höchste Reinheitsgrad einer Substanz ohne jede fremdartige Beimengung verstanden sein.

2. Substanzen, die in reinstem Zustand **nicht** fluoreszieren, sondern erst dann, wenn sie kleine Mengen fremdartiger Beimengungen enthalten.

Zur ersten Gruppe zählen organische Verbindungen, vor allem Farbstoffe, gewisse Uranverbindungen, mehrere komplex zusammengesetzte anorganische Salze (allgemein bekannt ist das Bariumplatincyand), die Wolframate und Molybdate der Erdalkalien und die Salze vieler seltener Erden (unberücksichtigt bleiben hier Gase und Dämpfe). Die Leuchtfähigkeit der organischen Verbindungen ist an bestimmte Atomgruppierungen innerhalb des Moleküls gebunden, von denen die konjugierte Doppelbindung ($C = C - C = C$) der Kohlenstoffatome die wichtigste ist. Viele organische Substanzen fluoreszieren in flüssigem Zustand oder in Lösung. Im Rahmen dieser Abhandlung interessieren die organischen Verbindungen nicht. Auch die Fluoreszenz der synthetischen komplexen anorganischen Salze und der Salze der seltenen Erden sei nur am Rande erwähnt.

Von großer Bedeutung ist jedoch die Fluoreszenzfähigkeit gewisser Uranverbindungen. Wie eingehende Untersuchungen zeigten, fluoreszieren **nur** Salze und Mineralien des sechswertigen Urans, die das Uranyl-Ion (UO_2)⁺⁺ enthalten. Auch die wäßrigen Lösungen dieser Uransalze sowie Urangläser fluoreszieren. Sobald das Uran jedoch in anders gebundener Form in einem Mineral enthalten ist, kann keine Fluoreszenz mehr beobachtet werden. Der Träger des Leuchtens ist demnach das Uranyl-Ion, das besonders empfänglich für anregende Strahlung ist.

Die Wolframate und Molybdate der Erdalkalien sind ebenfalls gute Leuchter. Die Ursache dafür sollen Störungen im Kristallgitter dieser Stoffe sein.

Bei allen Vertretern der ersten großen Gruppe ist die Fluoreszenzfähigkeit eine Eigenschaft des Stoffes selbst und durch seine chemische Zusammensetzung, die besondere Anordnung der Atome bzw. Moleküle bedingt.

Zur zweiten großen Gruppe zählen alle übrigen fluoreszierenden festen Substanzen. Schon LECOQ (1886) kam zu dem Ergebnis, daß reinste Tonerde ($= Al_2O_3$) nicht fluoresziert; wenn jedoch geringe Mengen Chrom darin enthalten waren, konnte ein schönes rotes Leuchten beobachtet werden. Wie

URBAIN (1906) zeigte, wird die Fluoreszenz mancher Flußspäte durch Spuren darin enthaltener seltener Erden verursacht, während reinstes Calciumfluorid nicht fluoresziert.

Kein Mineral ist ein reiner Stoff, sondern enthält die verschiedensten Fremdbestandteile. Diese kleinen Beimengungen sind die Ursache der Fluoreszenz, sie sind die „aktiven Zentren“. Als Gastatome sind sie in das Kristallgebäude der Gastgeber aufgenommen und ganz besonders empfänglich für Energiezufuhr. Sie absorbieren die Energie des ultravioletten Lichtes, wobei einige ihrer Elektronen höhere Energiezustände durchlaufen und dann unter Ausstrahlung von sichtbarem Licht in den Grundzustand zurückkehren, wie es bereits ausführlich erläutert wurde. Die geringen Beimengungen zu einer Wirtsubstanz nennt man „Aktivatoren“, weil sie den Stoff erst durch ihre Anwesenheit zur Fluoreszenz veranlassen.

Selbstverständlich zeigt ein bestimmtes Mineral, z. B. Calcit, nicht immer die gleiche Fluoreszenzfarbe; denn diese ist von der Art des Aktivators, also den Beimengungen abhängig. Natürliche Fremdbestandteile sind aber meist für die Entstehungs- und Kristallisationsbedingungen eines Minerals typisch und von dem jeweiligen Fundort abhängig. Die Fluoreszenzfarbe kann demnach in manchen Fällen ein wertvolles Hilfsmittel zur Feststellung des Mineralfundortes werden. Ja, selbst die verschiedenen Generationsfolgen innerhalb einer Minerallagerstätte können unter Umständen erkannt werden, sobald ein Mineral, das in mehreren Generationen auftritt, bei seiner Bildung verschiedenartige Fremdbestandteile in sein Kristallgitter aufnahm.

Die Anregung des Fluoreszenz

Mit Hilfe der Abb. 2 und des begleitenden Textes wurde bereits dargelegt, daß Fluoreszenz durch Bestrahlen des zu prüfenden Materials mit energiereicher Strahlung ausgelöst werden kann. Als Strahlung eignet sich Ultraviolett — künftig mit UV bezeichnet — und alle energiereicheren Strahlungsarten. Für die hier beschriebenen Versuche zur Anregung der Fluoreszenz von Mineralien kommt als anregende Strahlung nur UV in Betracht.

Die meisten Stoffe absorbieren Licht zwischen 200 und 300 nm Wellenlänge. Zwar wird nicht dieser gesamte Wellenlängenbereich von dem betreffenden Körper aufgenommen, sondern die Atome suchen im allgemeinen ganz bestimmte Wellenlängen aus der Fülle des Angebotes aus. Man kann diese bevorzugten Wellenlängen ermitteln und erhält dann ein sogenanntes Absorptionsspektrum des Stoffes. Es wäre zu mühsam, für jede zu prüfende Substanz erst die Absorptionsbereiche zu bestimmen und sie alsdann mit eben dieser genau definierten Wellenlänge zu bestrahlen. Statt dessen verwendet man zur Fluoreszenzanregung zwei Wellenlängenbereiche, nämlich

- 1) kurzwelliges UV
- 2) langwelliges UV

Ein fluoreszierendes Mineral spricht entweder auf nur einen oder aber auf beide Bereiche an; es gibt auch Ausnahmen, bei denen eine ganz bestimmte Wellenlänge zur Anregung benutzt werden muß.

Das kurzwellige UV enthält hauptsächlich Strahlung der Wellenlänge 254 nm, der kleinere Rest verteilt sich auf verschiedene andere Linien. Es eignet sich sehr gut zur Fluoreszenzanregung von anorganischen Stoffen (Mineralien), manchen organischen Verbindungen und reinen Lösungen anorganischer Salze.

Das langwellige UV enthält vorwiegend Strahlung der Wellenlänge 366 nm und leistet besonders gute Dienste bei der Fluoreszenzanalyse organischer Stoffe. Auch sehr viele Mineralien können damit zum Leuchten angeregt werden.

Als Lichtquellen, welche Strahlungen der genannten Wellenlängen erzeugen, dienen vor allem die verschiedenen Typen von Quarzbrennern.

Lichtquellen

Etwa 80% aller fluorezierenden Mineralien können durch kurzwelliges UV der Wellenlänge 254 nm angeregt werden, von denen die wichtigsten nachfolgend beschrieben werden. Die UV-Intensität wird in $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ gemessen, und zwar mit Bezug auf einen definierten Abstand zwischen Brenner und Objekt.

Außerordentlich gute Dienste leisten die netzbetriebenen (220 V) Lampen der Serie UV, 4 Watt (Abb. 4). Sie bestehen aus einem 20 cm langen, korrosionsfreien Kunststoffgehäuse, in dem der oder die Quarzbrenner montiert sind. Ihre Strahlung wird durch ein vorgeschaltetes Filter „gereinigt“, so daß überwiegend Strahlung der angegebenen Wellenlänge (kurzwellig = 254 nm; langwellig = 366 nm) ohne sichtbaren Anteil austritt. Auf Wunsch können die Lampen mit einem Tischstativ oder mit Adapter für eine Wandbefestigung geliefert werden. Alle Lampen wiegen etwa 500 Gramm.

Die Type UVS — 11 liefert nur kurzwellige Strahlung, ihre Intensität beträgt $80 \mu\text{W}/\text{cm}^2$.

Die Type UVSL — 15 strahlt sowohl lang- als auch kurzwelliges UV ab, deren Intensität 87 bzw. $80 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ beträgt. Die Lampe ist mit dem sogenannten „Multiband-Brenner“ ausgerüstet, dessen Arbeitsweise anschließend erläutert wird.

Die Type UVSL — 25 enthält zwei getrennte Brenner und kann kurz- und langwelliges UV abstrahlen. Intensität = 70 bzw. $75 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. Nur langwelliges Licht emittiert die Lampe UVL—21 bei einer Intensität von $87 \mu\text{W}/\text{cm}^2$.

Durch die besondere Konstruktion der MULTIBAND-Brenner in Verbindung mit einem Schutzglas wird die Lebensdauer des Ultraviolett-Filters etwa verdoppelt. Die Abbildung 5 zeigt, wie das Schutzglas zwischen der kurzwelligen Brennerseite und dem zu schützenden UV-Filter wirkt. Das Schutzglas absorbiert die kurzwellige UV-Strahlung, bevor sie den UV-Filter erreichen kann, während das langwellige UV ungehindert das Schutzglas samt UV-Filter passiert. Die von dem Schutzglas unbedeckte UV-Filterseite wird unter der kurzwelligen UV-Strahlung nach ungefähr 500 Betriebsstunden nahezu unbrauchbar, kann jedoch für langwelliges UV noch uneingeschränkt benutzt werden. Zu diesem Zweck muß lediglich der MULTIBAND-Brenner umgedreht werden (Abb. 6). (Anstelle der zuvor weißmattierten Brennerhälfte nunmehr die glasklare Brennerhälfte.) Das Schutzglas wechselt ebenfalls seine Position oder es kann völlig weggelassen werden.

Wesentlich energiereicher strahlen die Modelle der Serie UV-Fünffig, 6 Watt, welche ebenfalls netzbetriebene Geräte für 220 Volt sind. Ihr Gewicht beträgt etwa 900 Gramm. Abb. 7 zeigt ein Modell mit dem praktischen Handgriff und dahinter dasselbe an einem Tischstativ. Die Type UVS — 54 liefert nur kurzwelliges UV der Intensität $680 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, die Type UVL — 56 nur langwelliges UV der Intensität $720 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ und die Type UVSL — 58 sowohl lang- als auch kurzwelliges UV der Intensität 420 bzw. $640 \mu\text{W}/\text{cm}^2$.

Mit den batteriebetriebenen UV-Lampen der Serie M — 10 (Abb. 8) liegen universell anwendbare, also auch und gerade für Geländearbeiten geeignete Geräte vor, die mit etwas über 700 Gramm sehr leicht sind und mit einem Trageriem versehen werden können. Die Type M — 14 liefert nur kurzwelliges UV mit einer Intensität von $115 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, die Type M — 15 kann sowohl kurz- als auch langwelliges UV der Intensitäten 115 bzw. $150 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ausstrahlen und die Type M — 16 liefert nur langwelliges UV mit $150 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, jeweils bei 50 cm Abstand gemessen.

Ebenfalls für Arbeiten im Gelände eignen sich die batteriebetriebenen Lampen der Serie M — 40 mit Wegwerf-Batteriesatz. Die Geräte (Abb. 9) enthalten auch eine helle Pilotlampe für nächtliche Exkursionen. Ein handelsüblicher Batteriesatz aus zwei Zellen à 6 Volt reicht für rund 10 Betriebsstunden. Die Lampe wiegt etwa 2,2 kg. Type MS — 47 liefert kurzwelliges UV der Intensität $710 \mu\text{W}/\text{cm}^2$.

Abb. 10 zeigt einen Großfeld - UV - Strahler der Serie C für Handbetrieb und Wandbefestigung. Das 45 cm lange und 2 kg schwere Gerät eignet sich besonders zum Beleuchten größerer Flächen, Arbeitsplätze und Mineraliensammlungen. Die Lampen können mit einem Wechselschalter versehen werden zwecks vergleichender Beleuchtung mit Tageslicht oder UV-Licht. Auch bei dieser Serie gibt es kombinierte Geräte, z. B. für kurz- und langwelliges UV (Type CSL — 15, Intensität 160 bzw. $60 \mu\text{W}/\text{cm}^2$) oder nur kurzwellig (Type CS — 15, Intensität $260 \mu\text{W}/\text{cm}^2$) oder nur langwellig (Type CL — 15, Intensität $200 \mu\text{W}/\text{cm}^2$) oder nur kurzwellig mit zwei Brennern (Type CS 215, Intensität $2 \times 260 \mu\text{W}/\text{cm}^2$).

Eine höchst intensive Lampe für langwelliges UV repräsentiert das Modell B 100 A (Abb. 11) für Arbeiten mit besonders hoher Strahlungsenergie (Intensität bei 38 cm Abstand $6250 \mu\text{W}/\text{cm}^2$). Die Lampe wird normalerweise mit einem Hochdruckbrenner für Punktlicht und einem 2 m langen Verbindungskabel zum Transformator ausgerüstet.

Schließlich sei noch auf die Großflächen — UV — Strahler der Serie X hingewiesen, die sich zur Ausleuchtung von Vitrinen besonders gut eignen. Die verschiedenen Modelle sind zwischen 45 cm und 120 cm lang, die Strahlungsintensität liegt um ca. $1000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$.

Das Fluoreszenz-Leuchten ist in manchen Fällen schwach. Deshalb beobachtet man am besten in einem verdunkelten Raum.

Für viele Zwecke eignet sich bereits ein Kasten, in dem die Lichtquelle fest montiert ist oder von oben auf eine entsprechende Öffnung gelegt wird und der an der Beobachtungsseite mit einem schwarzen Vorhang verschlossen werden kann. Die neue tragbare „Dunkelkammer CC — 10“ (Abb. 13) ist

eine sehr preiswerte Möglichkeit, den Selbstbau irgendeines Verdunkelungskastens zu umgehen, z. B. überall dort, wo eine hauseigene Dunkelkammer nicht zur Verfügung ist.

Die Dunkelkammer CC — 10 hat bis auf die fehlende UV-Röhrenbestückung dieselben Merkmale wie das CHROMATO-VUE CC — 20. Anstelle der Schalttafel befindet sich die rechteckige Öffnung zur Aufnahme verschiedenster und zum Teil schon vorhandener Ultraviolett-Lampen. Die Einblickmuschel schließt nach dem eigentlichen Dunkelraum mit einem Kontrast- und Augenschutzfilter ab. Das Kontrastfilter unterdrückt weitgehend etwa vorhandene Untergrundfluoreszenz. Geöffnet wird die Dunkelkammer CC — 10 vorn an der Betrachterseite. Hier befindet sich ein Neoprenvorhang, welcher beim Hochschlagen durch einen Haftmagnet festgehalten werden kann.

Für gehobene Ansprüche empfiehlt sich die tragbare Dunkelkammer Chromato-Vue® CC—20 mit eingebauten Strahlern für kurz- und langwelliges UV (Abb. 14) und einem Strahler für Tageslicht. Die Abmessungen sind 36x25x36 cm, das Gewicht 5.4 kg.

Bei allen Untersuchungen mit UV-Lampen, insbesondere bei langfristigen Bestrahlungen mit intensiven Strahlern muß eine Schutzbrille getragen werden. Ultraviolette Strahlung, vor allem die kurzwellige, kann bei Unachtsamkeit zu erheblichen Schädigungen des Bindegewebes der Augen führen. Die empfohlene Schutzbrille bewahrt davor. Außerdem fördert eine solche Schutzbrille beim Beurteilen fluoreszierender Objekte den Kontrast gegen den oftmals „weich-fluoreszierenden“ Hintergrund. Daher ist sie aus Erfahrungsgründen nahezu unentbehrlich.

Fluoreszenz-Fotografie

Fotografische Aufnahmen fluoreszierender Mineralien können mit jeder beliebigen Kamera gemacht werden, wobei UV-absorbierende Filter GG 9 bzw. GG 4 von Firma Schott u. Gen., Mainz, vor dem Objektiv anzubringen sind. Bei den Aufnahmen soll die Lichtquelle so angebracht sein, daß niemals direkt Strahlung zur Kamera gelangt, auch dann nicht, wenn ein Filter vor das Objektiv geschaltet ist. Als Negativmaterial werden panchromatische Filme empfohlen, die auch für rotes Licht bis etwa 700 nm sensibilisiert sind. Bei vorwiegend blauen Fluoreszenzfarben sind orthochromatische Filme vorzuziehen. Für Farbaufnahmen empfehlen sich Tageslichtfilme. Gute Erfahrungen konnten mit Agfa Diapositiv-Filmen gemacht werden.

Die Belichtungszeiten variieren stark und sind von der Intensität des Fluoreszenzlichtes, vom Abstand Objektiv/Kamera, von der Optik, von der Stärke der Lichtquelle, vom Filmmaterial und von der Empfindlichkeit der Filme abhängig. In jedem Fall wird man mehrere Aufnahmen mit verschiedenen Belichtungszeiten machen müssen. Belichtungsmesser sprechen auf relativ schwaches Fluoreszenzleuchten nicht an, wie ein Versuch mit vorgeschaltetem GG — 9 — oder GG — 4 — Filter zeigt.

Obwohl diese Abhandlung nur die Fluoreszenz von Mineralien zum Gegenstand hat, sei noch besonders auf die Fluoreszenzuntersuchungen von Fossilien hingewiesen. Sehr oft sind im Gestein geringe ölige oder fette Reste der

versteinerten Tiere und Pflanzen enthalten, die besonders unter langwelligem UV fluoreszieren und dadurch viele Einzelheiten besser hervortreten lassen als bei Tageslicht.

Fluoreszenzmikroskopie

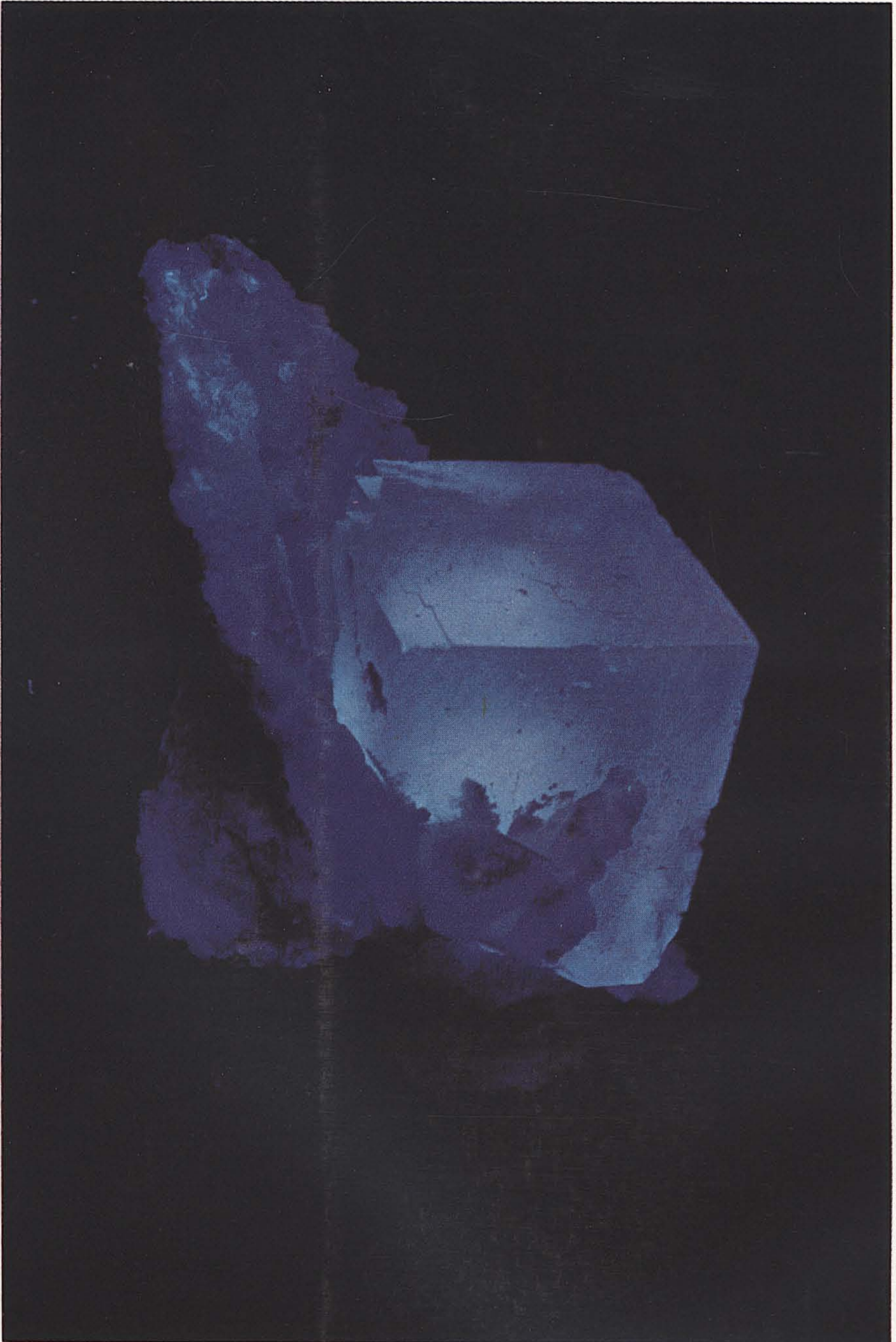
Die Technik der makroskopischen Fluoreszenzanalyse und -beobachtung ist sinngemäß auch auf die Mikroskopie zu übertragen, wenn Gesteinsdünnschliffe, Anschliffe oder sehr kleine Mineralgruppen untersucht werden sollen. Dazu eignet sich jedes lichtstarke Mikroskop, da ja das sichtbare Fluoreszenzlicht von Glas durchgelassen wird. Wie bei der makroskopischen Fluoreszenzanalyse wird die von der Lichtquelle emittierte Strahlung gefiltert. Natürlich darf im Strahlengang bis zum Objektiv nur UV-durchlässiges Material ohne Eigenfluoreszenz verwendet werden. Bevor das Licht in das Objektiv eintritt, muß das erregende UV durch geeignete Filter restlos absorbiert werden, da es die Beobachtung der Fluoreszenz sehr stören würde (Fluoreszenz der oft mit Canadabalsam gekitteten Linsen, Fluoreszenz des Augenwassers). Einrichtungen für die Fluoreszenzmikroskopie liefern die bekannten optischen Werke.

Fluoreszierende Mineralien

Die Prüfung der Fluoreszenz-Eigenschaft kann an massiven Stücken, Kristallen oder Mineralpulvern durchgeführt werden. Die Farben können dabei recht verschieden sein. Eine frische Bruchfläche kann anders fluoreszieren als eine verwitterte. Mitunter können Ätzungen zur Veränderung der Leuchtfarbe beitragen. Bei Kristallen hängt die beobachtete Lumineszenz von deren Orientierung ab; außer denen des kubischen Systems besitzen nämlich alle Kristalle gewisse Richtungen bevorzugter Lichtabsorption. Es ist daher nicht gleichgültig, ob man einen Kristall senkrecht oder parallel zu seinen Absorptionsachsen betrachtet. Auch ein pulverisiertes Mineral zeigt im allgemeinen eine etwas andere Fluoreszenzfarbe als ein massives Stück. Meistens leuchtet ein Pulver intensiver als ein derbes, kompaktes Mineral, weil das Licht an den vielen kleinen Körnchen stark zerstreut wird.

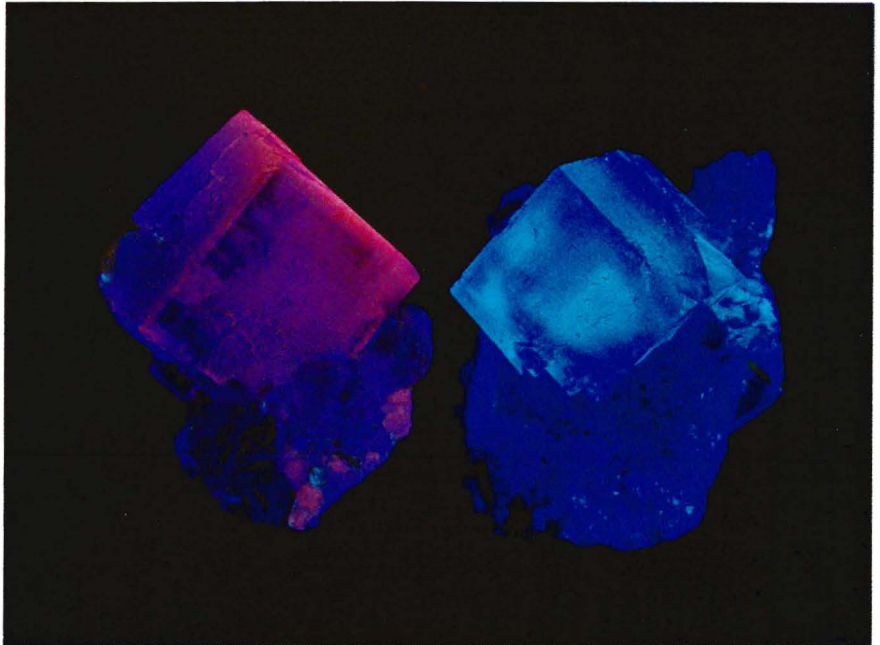
Ausgewählte Mineralien mit besonders guter Fluoreszenz können dazu dienen, die Fluoreszenzfarben kennenzulernen. Vier Sätze zu je 10 Stück für kurzwelliges und langwelliges UV sind erhältlich.

Auf den folgenden Seiten sind die fluoreszierenden Mineralien in systematischer Folge nach Elementen, Sulfiden, Halogeniden, Oxiden usw. geordnet. Lediglich die Uranmineralien sind als gesonderte Gruppe an den Schluß gestellt, weil ihre gemeinsame Darstellung für die Prospektion auf Uran von Bedeutung ist. Am Schluß sind ferner die fluoreszierenden Mineralien von Franklin, New Jersey, zusammengestellt. Diese Lagerstätte liefert so zahlreiche fluoreszierende Mineralien, daß ihre gemeinsame Beschreibung gerechtfertigt ist.

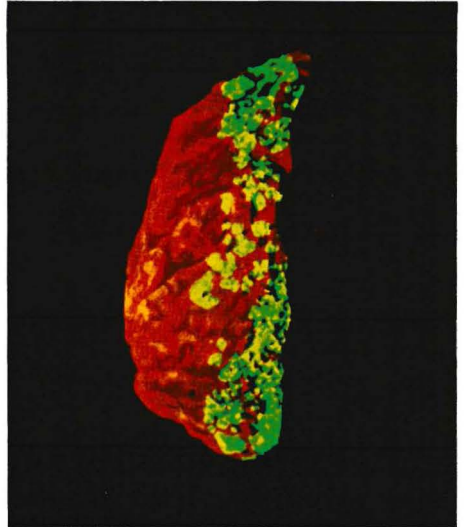
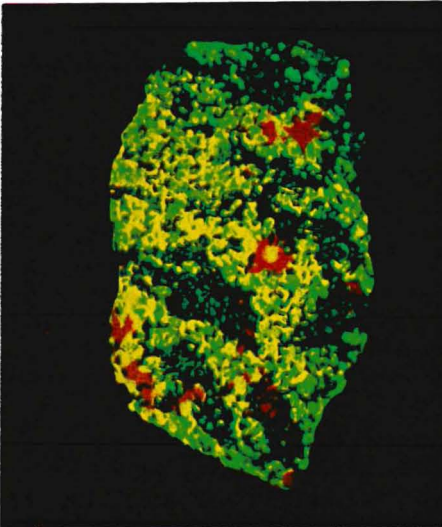
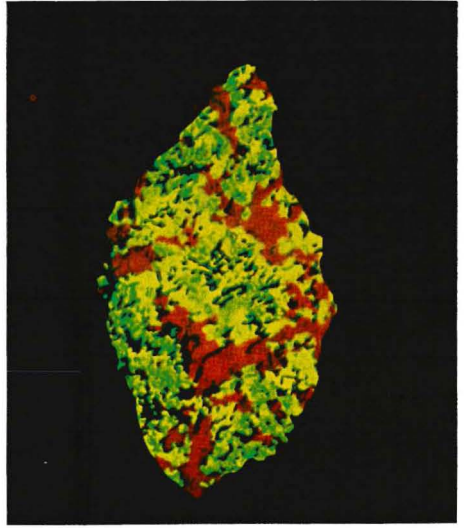












Bildlegenden

- Seite 17: Fluorit-Kristall vom Schwarzwald unter langwelligem UV.
- Seite 18 oben: Aragonit-Kristalle von Sizilien unter kurzwelligem UV ohne Filter vor der Kamera.
- Seite 18 unten: desgl. unter langwelligem UV ohne Filter vor der Kamera.
In beiden Fällen wird die UV-Farbe durch blaue Lichtanteile verfälscht.
- Seite 19 oben: Aragonit-Kristalle unter langwelligem UV mit Filter vor der Kamera.
- Seite 19 unten: Aragonit-Kristalle, die infolge intensiver Bestrahlung mit Blitzlicht nachleuchten, also phosphoreszieren.
- Seite 20 oben: Steinsalz-Kristall unter kurzwelligem UV.
- Seite 20 unten: Links der gleiche Steinsalz-Kristall unter kurzwelligem UV, rechts Fluorit unter langwelligem UV.
- Seite 21 oben: Autunit-Kristalle von Margnac unter langwelligem UV.
- Seite 21 unten: Autunit-Kristalle vom Mt. Spokane, Washington, unter langwelligem UV.
- Seite 22: Fluoreszierende Mineralien von Franklin/New Jersey
- Links oben: Rosarot leuchtender Calcit mit einigen grüngelb leuchtenden Willemiteinschlüssen. Zeit 4 1/2 Minuten, Blende 3,8, Abstand Objekt — Kamera 30 cm, Filter GG9, Lichtquelle Mineralight SL 2537 in ca. 20 cm Entfernung vom Objekt, Film 15/10 DIN Agfacolor Diapositivfilm.
- Rechts oben: Gangstufe von Willemite, durchzogen von rot leuchtenden Calciteinschlüssen. Zeit 4 Minuten, alle übrigen Daten wie bei der ersten Aufnahme.
- Links unten: Gangstufe mit grün leuchtendem Willemite, reichlich Rotzinkerz (nicht leuchtend) und rot fluoreszierenden Calciteinschlüssen. Zeit 1 1/2 Minuten. Die übrigen Daten wie erste Aufnahme.
- Rechts unten: Gangstufe mit rot leuchtendem Calcit und grün fluoreszierendem Willemite. Zeit 2 Minuten. Im übrigen wie bei der ersten Aufnahme.

Als Grundlage für diese Broschüre dienten Veröffentlichungen in der überaus umfangreichen Literatur, von denen „Handbook of fluorescent gems and minerals“ von Jack DeMent und „Gemstone-Luminescence“ von Robert Webster als zusammenfassende Werke besonders erwähnt seien.

Elemente

Die Metalle und die im Mineralreich vorkommenden Halbmetalle fluoreszieren nicht, ebensowenig Schwefel und Graphit. Die einzig bemerkenswerte Fluoreszenz zeigt sich beim

Diamant

Gewöhnlich fluoreszieren Diamanten blau, oft auch grün, orange, orangegelb, braun und rot. Die Anregung der Fluoreszenz gelingt sowohl mit kurz- als auch mit langwelligem UV. Mitunter kann auch zonare Fluoreszenz, insbesondere auf den Oktaederflächen, beobachtet werden. Die Ursache der Fluoreszenz wurde erstmals 1941 eingehend von J. ORR und J. DeMENT geprüft. Die beiden Autoren analysierten zahlreiche Diamanten spektrochemisch, um Spurenelemente aufzufinden. Nach den Ergebnissen ist es allerdings schwierig, eine Gesetzmäßigkeit oder Regel zu erkennen. Im Jahre 1942 untersuchte F. W. CHESLEY ebenfalls zahlreiche Diamanten und fand in allen Proben Aluminium, Calcium und Silicium, in manchen noch zusätzlich Magnesium, Kupfer, Eisen, Barium, Strontium, Natrium, Silber, Titan, Chrom und Blei. CHESLEY widmete sich eingehend der Zonenfluoreszenz. Unter anderen werden folgende Lumineszenzfarben beschrieben:

Fundort	Zonenfluoreszenz
Angola	innere und äußere Zone lichtblau, dunkler Kern
Premier (brauner x)	gelbgrüne äußere, dunkle innere Zone
Kongo (Oktaeder)	lichte innere Zone
Premier (schwarzer Ballas)	lichte innere Zone, außen nicht
Brasilien	lichtblau außen, dunkler Kern
Bahia	lichtblaues Band, dunkle innere Zone

Man ist sich heute noch nicht klar darüber, ob die Fluoreszenz der Diamanten durch Verunreinigungen (Spurenelemente) oder aber durch Störungen (Fehlorderungen, Baufehler) im Kristallgitter verursacht wird. Für Echtheitsprüfungen von Diamanten hat die Fluoreszenzprobe keinen Wert.

Sulfide

Alle Kiese, Glanze und Fahle, sowie die legierungsartigen Sulfide (z. B. Domeykit, Dyskrasit) zeigen keine Fluoreszenz.

Zinkblende

Viele Zinkblenden fluoreszieren nicht nur, sie zeigen auch schöne Phosphoreszenz und Tribolumineszenz, insbesondere die Stücke von Tsumeb sind dafür bekannt. Die Fluoreszenzfarbe der tribolumineszierenden Stücke ist ganz charakteristisch orange.

Man fand in natürlicher Zinkblende die verschiedensten Elemente, wie Mangan, Eisen, Kobalt, Kupfer, Aluminium, Gallium, Indium, Thallium, Germanium, Molybdän, Silber, Cadmium, Seltene Erden, Blei, Wismut usw.

Praktische Bedeutung besitzt das künstlich hergestellte Zinksulfid, das mit Spuren von Kupfer oder Silber aktiviert werden kann und als Sidot'sche Blende in den Handel kommt. Dabei zeigt das mit Kupfer aktivierte Präparat prächtige grünliche Fluoreszenz und Phosphoreszenz, während das mit Silber aktivierte Zinksulfid mit tiefblauer Farbe fluoresziert ohne zu phosphoreszieren. B. BARTELS hat (1936) im Rahmen seiner interessanten Arbeit reinstes Zinksulfid hergestellt und auf seine Fluoreszenzeigenschaft überprüft. Er fand dabei, daß Präparate, die unter 600 Grad geglüht waren, keine Fluoreszenz zeigten; solche die zwischen 700 und 900 Grad geglüht waren, leuchteten bei Bestrahlung intensiv hellblau. Lag die Glühtemperatur über 1000 Grad, so zeigte sich nur noch schwache Fluoreszenz. Wie er durch Röntgenuntersuchungen beweisen konnte, lag unter 600 Grad reine Zinkblende, die kubische Modifikation des Zinksulfides vor, oberhalb 1050 Grad reiner Wurtzit, die hexagonale Modifikation. In dem gesamten Gebiet der fluoreszierenden Präparate (also zwischen 700 und 1000 Grad) fand er neben Zinkblende auch gleichzeitig Wurtzit. Der Umwandlungspunkt von Zinksulfid liegt bei 1020 Grad. Unterhalb ist Zinkblende stabil, oberhalb Wurtzit. Die hellblaue Fluoreszenz von Zinksulfidpräparaten ist demnach wohl durch eine Übergangsstruktur bedingt.

Nach Untersuchungen anderer Autoren sollen Germanium, Indium und Thallium keine aktivierenden Eigenschaften in Zinkblende ausüben. Inwieweit die anderen genannten Elemente die Fluoreszenz beeinflussen, d. h. als Aktivator, Inhibitor oder Neutralsubstanz wirken, ist bis heute noch nicht mit Sicherheit geklärt. Es ist jedoch bekannt, daß Eisen die Fluoreszenz verhindert.

In einer Arbeit von N. RIEHL und H. ORTMANN in der Zeitschrift für Angewandte Chemie 68, 513 (1956) wird dem beim Glühprozeß in das aktivatorfreie Kristallgitter eintretenden Sauerstoff (aus sauerstoffhaltigen Zinksalzen, Hydratwasser oder vom Röstprozeß stammend) die Bedeutung eines direkten Bestandteiles der Leuchtzentren zugeschrieben.

Hellbraune, derbe Zinkblende von Wölsendorf leuchtet unter langwelligem UV schwach dunkelgelb, ebenso hellrote Kristalle von Braubach. Massive, dunkle Stücke von Freiberg, Sachsen, leuchten unter langwelligem UV gelb-orange. Die hellen Kristalle aus dem Dolomit des Binnentals fluoreszieren überhaupt nicht. Honigbraune Stücke vom Picos de Europas, Santander, Spanien, fluoreszieren unter langwelligem UV orangerot. Derbe Stücke von Caracolas, Chile, leuchten sowohl unter kurz- als auch langwelligem UV intensiv orange. Die Stücke sind stark tribolumineszierend. Dieselbe intensiv orange Fluoreszenzfarbe unter beiden Wellenlängen zeigen Stücke aus Tsumeb und Abenab, Südwestafrika.

Wurtzit

von Wiesloch in Baden leuchtet unter kurzwelligem UV kaum, unter langwelligem UV intensiv gelborange.

Greenockit

leuchtet im allgemeinen unter langwelligem UV stark gelb bis orange.

Zinnober

Dieses Quecksilbermineral fluoresziert nicht. Thomas S. WARREN beschrieb aber eine empfindliche Methode, um selbst Spuren eines beliebigen Quecksilberminerals zu erkennen. Sie beruht auf der starken Absorption von kurzwelligem UV (2537 Å) durch Quecksilberdämpfe. Zur Ausführung der Prüfung wird lediglich ein Fluoreszenzschirm (z. B. aus Willemit oder Sidot'scher Blende) benötigt. Stellt man eine UV-Lichtquelle vor einen solchen Schirm, so leuchtet er auf. Sobald sich aber zwischen Lichtquelle und Schirm Quecksilberdampf befindet, absorbiert dieser die Strahlen vollkommen, so daß der Schirm beschattet wird. Lichtquelle und Schirm sollen 5 bis 10 cm voneinander entfernt sein. Dazwischen wird eine Probe des fein gepulverten Minerals auf eine heizbare Unterlage gelegt und erwärmt. Zeigen sich auf dem leuchtenden Schirm Schatten, so ist mit Sicherheit Quecksilber in der Probe.

Andere Sulfide konnten nicht oder nicht mit Sicherheit als fluoreszierend erkannt werden.

Halogenide

Obwohl die Mineralien dieser Klasse bei weitem nicht durch so viele Arten vertreten sind wie etwa die Sulfide, gibt es unter ihnen trotzdem zahlreiche fluoreszierende Verbindungen. Der in diese Klasse gehörende Fluorit war ja bekanntlich das Mineral, an dem man Fluoreszenz erstmals beobachtet hatte. Außerdem sind die meisten Mineralien dieser Klasse farblos oder allenfalls allochromatisch (durch geringe Fremdbeimengungen) gefärbt, während bei den meisten Sulfiden die Farbe ein stoffeigenes Merkmal darstellt; sie sind idiochromatisch (= eigenfarbig) gefärbt. Alle diese Mineralien erzeugen auf einer rauhen Porzellanplatte einen farbigen Strich, die allochromatischen dagegen einen weißen Strich. Fluoreszenz und Eigenfarbe eines Minerals stehen in nahem Zusammenhang derart, daß die meisten fluoreszierenden Mineralien von Natur aus ungefärbt oder allochromatisch gefärbt sind, dagegen unter den idiochromatisch gefärbten Verbindungen kaum fluoreszierende Vertreter anzutreffen sind.

Steinsalz

Einige Fundorte liefern schön rot fluoreszierendes Steinsalz. Die Fluoreszenz kann nur bei Anregung mit kurzwelligem UV beobachtet werden, mit langwelligem UV gelingt sie überhaupt nicht. Kristalle von Hänigsen, Hannover, leuchten intensiv orangefarben. Intensiv rotes Leuchten zeigen Stücke aus dem

Kaliwerk Siegmundshall bei Wunstorf. Stücke von Friedrichshall und Heringen an der Werra fluoreszieren nicht. Kristalle von Wieliczka, Galizien, leuchten schwach rotviolett.

Sylvin

Auch dieses Salz läßt sich, wenn überhaupt, nur mit kurzwelligem UV anregen. Stücke von Staßfurt leuchten nicht. Kristalle von Buggingen, Baden, zeigen intensiv rote Fluoreszenz.

Kalomel

fluoresziert — wie übrigens alle Mineralien mit 1-wertigem Quecksilber — stark. Die Anregung gelingt sowohl mit kurz- als auch langwelligem UV. Außerdem sei auf die Probe mit dem Fluoreszenzschirm hingewiesen. Kalomel vom Moschelandsberg leuchtet unter kurzwelligem UV rötlich, unter langwelligem UV intensiv orange. Ebenso verhalten sich Proben aus Terlingua, Texas.

Fluorit

Die Lumineszenzeigenschaften des Fluorits sind seit langem bekannt, schon aus dem Grunde, weil man mitunter selbst bei Tageslicht Fluoreszenz beobachten kann. Außer Fluoreszenz zeigen die meisten Fluorite Tribolumineszenz und Thermolumineszenz. Reinstes Calciumfluorid fluoresziert nicht; stets sind kleine Mengen Aktivatoren die Ursache hierfür.

Die Fluoreszenz kann durch kurz- und langwelliges UV erregt werden. Am intensivsten fluoreszieren die kräftig gefärbten Fluorite von Cumberland. Die grünen, purpur und lila Kristalle von Alston Moor leuchten blau, dagegen zeigen die braungelben und gelben Varietäten vom gleichen Fundort keine nennenswerte Fluoreszenz. Auch die tief violetten und schwarzvioletten Stücke von Wölsendorf und Rosiclare, Illinois, leuchten nicht.

Die grünen Oktaeder auf weißem Calcit vom Artenberg, Steinach, Kinzigtal, leuchten intensiv blau, die Calcite schön rot. Gelbe Kristalle von Wildschapbach leuchten unter kurzwelligem UV schwach blau, unter langwelligem UV kräftig blau. Farblose Kristalle von Teufelsgrund leuchten ebenfalls blau, unter langwelligem UV aber weit intensiver als unter kurzwelligem. Kristalle von Oberkirch, Baden, und Sulzbach bei Regensburg fluoreszieren unter beiden Strahlungen blau. Alle Stücke Stinkspat von Wölsendorf fluoreszieren nicht.

Fluorit von Ehrenfriedersdorf leuchtet unter langwelligem UV sehr intensiv blau, ebenso farblose Kristalle von Freiberg in Sachsen, wogegen die ganz dunklen Stücke von Zinnwald keine oder nur äußerst schwache Fluoreszenz zeigen.

Die rosa Kristalle von den alpinen Fundorten leuchteten nicht. Grüne Oktaeder vom Giebelsbach bei Fiesch, Wallis, fluoreszierten prächtig blau. Zahlreiche Stücke von Weardale und Alston Moor, England, und zwar seegrüne, fast farblose und violette, leuchten unter beiden Wellenlängen höchst intensiv blau. Die Kristalle aus Cornwall fluoreszieren schwächer als die Cumberlander. Ganz dunkelviolette Stücke von Derbyshire fluoreszieren nicht.

Ebensowenig leuchten die tief dunkelvioletten Kristalle von Risiclar, Illinois, während die Stücke von Clay Center, Ohio, gelbgrüne Fluoreszenz zeigen. Massive Stücke Yttrifluorit vom Hundholmen Tysfjord, Norwegen, leuchten unter kurzwelligem UV weißgrün, unter langwelligem UV intensiv gelbgrün.

Matlockit

von Derbyshire fluoresziert unter beiden Wellenlängen intensiv und charakteristisch gelb.

Kryolith

von Island zeigt unter kurzwelligem UV keine Fluoreszenz, unter langwelligem UV schwaches, schmutzig graues Leuchten.

Nocerin

von Nocera bei Neapel leuchtet unter kurzwelligem UV intensiv weißgrün, unter langwelligem UV nur schwach graugrün.

Terlinguait

ein Quecksilber(I)-oxichlorid von Terlingua, Texas, fluoresziert unter kurzwelligem UV gelb.

Oxide

In dieser großen Klasse gibt es relativ wenig fluoreszierende Mineralien. In der Hauptsache sind dies der Spinell, die verschiedenen Korund-Varietäten und die Vertreter der Familien des Quarzes. Ursache dafür ist (ähnlich wie bei den Sulfiden) der „metallähnliche“ Charakter und der Gehalt an Schwermetallen in vielen Oxiden. Ferner sind die meisten idiochromatisch gefärbt.

Spinell

also das Magnesium-Aluminium-Oxid, fluoresziert nur in manchen Fällen. Der rote Spinell leuchtet bei Bestrahlung mit kurzwelligem UV gewöhnlich schwach rot infolge Aktivierung durch Chrom. Die violetten Spinelle können durch langwelliges UV zu schwach blauem Leuchten angeregt werden. Synthetische Spinelle, die Spuren von Mangan enthalten, fluoreszieren mit langwelligem UV grün. Unter den vielen untersuchten synthetischen Steinen gab es manche, die unter kurzwelligem UV intensiv grüngelb, unter langwelligem dagegen stark rot leuchteten.

Chrysoberyll

Während die gelben und braunen Varietäten nicht fluoreszieren, werden die grünen Kristalle von kurzwelligem UV zu schwach roter Fluoreszenz abgeregt. Aktivator ist Chrom.

Senarmonit

vom Djebel-Hamimat, Algier, zeigt lediglich unter langwelligem UV schwache, schmutzig hellbraune Fluoreszenz.

Korund

Reinstes Aluminiumoxid fluoresziert nicht. Die durch Spuren von Chrom und Titan gefärbten edlen Varietäten können jedoch fast alle zum Leuchten angeregt werden. Dabei spielen diese Spurenelemente die Rolle der Aktivatoren.

Die meisten **Rubine** fluoreszieren infolge ihres Chromgehaltes sowohl unter kurz- als auch langwelligem UV schön intensiv rot. Das Fluoreszenzspektrum enthält zwei typische Linien der Wellenlängen 6927 und 6942 Å. Die Siam-Rubine sind wegen ihres Eisengehaltes durch langwelliges UV gewöhnlich nicht anregbar. Rubine von Ceylon fluoreszieren oft gelb.

Viele blaue **Saphire** fluoreszieren infolge Eisengehaltes nicht. Aus dem gleichen Grunde lumineszieren grüne Steine und die gelben von Siam, Australien und Ceylon meist nicht oder nur sehr schwach. Die farblosen Leukosaphire werden durch kurzwelliges UV zu tief violettblauer, die von Ceylon durch langwelliges UV meistens zu orangegelber Fluoreszenz angeregt. In die folgende Zusammenstellung sind auch die Synthesen aufgenommen.

Farbe	Fundort	Fluoreszenzfarbe	anregende Strahlung
Rubin,	allgemein	meist rot	lang UV, kurz UV
	Birma	rot	lang UV, kurz UV
	Siam	—	lang UV
	Ceylon	gelb	lang UV, kurz UV
	Ceylon (Adamspeak)	rot	lang UV
Saphir,			
blau	allgemein	viele xx nicht	lang UV, kurz UV
blau	allgemein	violett	kurz UV
grün	Montana	—	lang UV, kurz UV
gelb	Ceylon, Siam	—	lang UV
	Australien		
gelb	Ceylon, Austral.	schwach orange	kurz UV
farblos	Ceylon	meist orangegelb	lang UV
farblos	allgemein	tief violettblau	kurz UV
Synthesen			
rot		meist rot	lang UV, kurz UV
blau		meist —	lang UV, kurz UV
grün		schwach orange	lang UV
grün		schmutzig braunrot	kurz UV
farblos		grünlich	lang UV

Diagnostische Bedeutung hat die Fluoreszenzfarbe (außer bei farblosem Saphir) nicht. Eine Unterscheidung zwischen echten und synthetischen Korunden ist jedoch durch ihre Phosphoreszenz-Eigenschaft möglich. Synthesen können mit Röntgenstrahlen zur Phosphoreszenz angeregt werden (Nach-

leuchten etwa 1 Minute bei Zimmertemperatur), natürliche Steine dagegen überhaupt nicht.

Quarz und Varietäten

Geringe Verunreinigungen wirken aktivierend, ganz besonders bei den kryptokristallinen Varietäten. An manchen Fundorten werden fluoreszierende **Achate** gefunden, so z. B. in den uranföndigen Gebieten von Utah und Wyoming. Im Sweetwater Co., Wyoming, gibt es grün und gelbgrün fluoreszierende Achate und Chaledon, die die typische Fluoreszenz von Uranmineralien zeigen. Tatsächlich werden sie durch Uran aktiviert. Von deutschen Fundstellen konnten lediglich einige Achate von Gronig ausfindig gemacht werden, die teilweise grün fluoreszieren. Um das Zentrum besitzen sehr viele dieser Achate ein braunrotes Band, welches unter kurzwelligem UV intensiv grün fluoresziert. Achatisiertes Holz von Holbrook in Arizona leuchtet unter langwelligem UV schön orange. **Chaledon** vom Morristown in Arizona fluoresziert unter kurzwelligem UV stark grün, ebenso Dendritenquarz von Gronig, Saar, **Chrysopras** von Jordansmühl leuchtet unter kurzwelligem UV nicht, unter langwelligem UV nur schwach schmutzigrün.

Opal

fluoresziert in den meisten Fällen. Feueropale zeigen gewöhnlich grünlich-blaue Fluoreszenz. Die Milchopale von Queensland leuchten unter langwelligem UV weiß und phosphoreszieren außerdem stark; mit kurzwelligem UV sind sie fast nie anregbar. Ebenso verhalten sich die Milchopale von Mexico. Hyalite leuchten unter kurzwelligem UV meist sehr intensiv grün, unter langwelligem nicht. So verhalten sich Stücke von Radheim/Hessen, Limburg/Kaiserstuhl, Jordansmühl/Schlesien und Waltsch/Böhmen. Auch Holzopal vom Washoe Co., Nevada, reagiert so.

Rutil, Zinnstein, Anatas und Brookit fluoreszieren nicht.

Hier seien noch zwei Hydroxide angeführt, und zwar

Hydrargillit vom Chester Co., Pennsylvania, der unter beiden Wellenlängen weiß fluoresziert, ferner

Brucit vom Lancaster Co., Texas, der unter beiden Wellenlängen intensiv weißgrün leuchtet.

Carbonate

Unter den Carbonaten gibt es eine Reihe schön fluoreszierender Vertreter. Auch hier gilt das bei den Halogeniden gesagte insofern, als auch die fluoreszierenden Carbonate meist farblos oder nur allochromatisch gefärbt sind.

Calcit

Über die Fluoreszenz von Calcit arbeiteten 1924 NICHOLS, HOWES, WILBUR und erkannten dabei die Bedeutung des Mangans als Aktivator. Manganhaltige Calcite fluoreszieren rot in verschiedenen Abstufungen. Seltene Erden, vor allem Dysprosium, verursachen orange Fluoreszenz. 1939 stellte G. FONDA künstliche, manganaktivierte Calcite her, indem er eine Lösung von Calciumchlorid und Manganchlorid mit Ammoniumcarbonat unter bestimmten Bedingungen versetzte. Das dabei entstehende, manganhaltige Calciumcarbonat zeigte dieselbe rote Fluoreszenz wie der Calcit von Franklin, New Jersey, wenn auf 30 Teile Calcium 1 Teil Mangan kam. Bei den Calciten herrschen rötliche Fluoreszenzfarben vor, grüne und gelbe sind weniger häufig.

Die ganz klaren Calcite, so vor allem die Spaltstücke des „Isländischen Doppelspats“, leuchten meist nicht. Im übrigen herrschen rötliche Fluoreszenzfarben beim Calcit vor, seltener sind weiße oder zart grünliche Farben, beispielsweise beim Calcit vom Iberg im Harz; außerdem phosphoreszieren diese Stücke kräftig. Phosphoreszenz findet man übrigens bei grünlich fluoreszierenden Calciten recht häufig. So phosphoreszierte auch ein Tropfstein vom Winterberg im Harz grünlich, die Fluoreszenzfarbe unter kurzwelligem UV war intensiv weißgrün.

Calcite von St. Andreasberg verhalten sich recht verschieden. Während die klaren Kristalle meist nicht fluoreszieren, leuchten milchige Kristalle oft intensiv rot. Schwach gelbe, mittelsteile Rhomboeder zeigen unter kurzwelligem UV grüngelbe Fluoreszenzfarbe, unter langwelligem UV weißes Leuchten. Große Spaltstücke aus kristallinem Calcit leuchteten unter beiden Wellenlängen intensiv rosarot. Diese Calcite phosphoreszieren nach Abschalten der Lichtquelle für den Bruchteil einer Sekunde höchst intensiv feurig wie glühendes Metall.

Calcit-Kristalle auf einer Magnesit-Stufe von Ilfeld/Harz leuchten unter kurzwelligem UV gelborange, unter langwelligem UV weißlich.

Steile Rhomboeder von Abenab fluoreszierten unter kurzwelligem UV gelbgrün, unter langwelligem UV weißlich.

Der Calcit von Franklin, New Jersey, leuchtet unter kurzwelligem UV ganz prachtvoll rot, unter langwelligem UV nur schwach rosa. Da der Calcit meist innig mit Willemit verwachsen ist, der unter kurzwelligem UV intensiv grün fluoresziert, bieten die Gangstücke dieses Vorkommens bei Bestrahlung mit kurzwelligem UV ganz wundervolle Farbkombinationen in immer neuen Variationen. Calcit von Terlingua/Texas leuchtet unter kurzwelligem UV charakteristisch zitronengelb.

Magnesit

Im allgemeinen fluoreszieren Magnesite nicht charakteristisch, unter langwelligem UV zeigen sie meist schmutzig graue, mitunter weißliche Leuchtfarben.

Rhodochrosit (Manganspat)

Der echte Rhodochrosit fluoresziert nicht. In der Literatur findet man zwar die Angabe, der Manganspat von Franklin, New Jersey, würde unter kurz-

welligem UV blaß rosa leuchten. Vermutlich handelt es sich dabei um einen stark manganhaltigen Calcit. Steigt der Mangangehalt über etwa 3 % an (bzw. der Mangan-Carbonatgehalt über 6 %), so wird keine Fluoreszenz mehr beobachtet. Die fluoreszierenden „Manganspäte“ von Franklin werden wahrscheinlich Mischkristalle von $MnCO_3$ und $CaCO_3$ sein.

Smithsonit (Zinkspat)

Von wenigen Fundorten sind fluoreszierende Zinkspäte bekannt geworden, so z.B. Stücke von Laurium in Griechenland, die unter langwelligem UV grünliche bis grüngelbe Fluoreszenz zeigen. Zinkspäte von Granby/Missouri leuchten unter langwelligem UV weiß. Stücke von Inyo Co., California, sollen grün fluoreszieren.

Dolomit

Bezüglich seiner Fluoreszenzeigenschaften verhält sich Dolomit ähnlich wie Calcit bzw. Aragonit. Viele Dolomite fluoreszieren wegen ihres hohen Eisengehaltes nicht.

Aragonit

Nach KUNZ und BAKERSVILLE (1903) leuchten manganaktivierte Aragonite orange bis rotorange, strontiumaktivierte grünlich und uranaktivierte gelbgrün. Bei den Aragoniten herrschen grüne und gelbliche Fluoreszenzfarben vor.

Die schönen Kristalle von Horschitz bei Biling/Böhmen leuchten unter kurzwelligem UV intensiv grünlich, unter langwelligem UV intensiv weiß. Zahlreiche Kristallstufen von Herregrund in Ungarn leuchten unter beiden Wellenlängen intensiv scharlachrot. Dieses Fluoreszieren ist sehr charakteristisch.

Ganz wundervoll ist die Fluoreszenz der bekannten Aragonit-Drillinge von den Schwefelgruben bei Agrigent. Unter beiden Wellenlängen leuchten sie intensiv rosarot. Sobald aber die Lichtquelle abgeschaltet wird, beginnt ein intensives grünes Nachleuchten. Diese prachtvolle Phosphoreszenz kann auch durch Blitzlicht hervorgerufen werden, da dieses ja bekanntlich viel ultraviolette Strahlung enthält. Das Titelbild zeigt eine phosphoreszierende Kristallgruppe von Aragonit. Die Phosphoreszenz dauert etwa 5 Sekunden bei stetiger Abnahme der Leuchtstärke; für eine fotografische Aufnahme wäre dies zu kurz gewesen. Daher wurde in folgender Weise verfahren: Bei geschlossenem Kameraverschluß erfolgte Belichtung durch einen Blitz, danach wurde der Verschluß sofort geöffnet und einige Sekunden offen gehalten, dann wieder geschlossen. Dieses Belichten durch Blitz, Öffnen und Schließen des Verschlusses wurde für eine Schwarz-Weiß-Aufnahme 15-mal, für eine Farbaufnahme 35-mal wiederholt. Die im Vordergrund erscheinende schwarze, eckige Stelle sind nichtleuchtende Schwefelkristalle.

Ebenfalls schöne Fluoreszenz und Phosphoreszenz zeigen die bekannten Aragonitkristalle (Tarnowitzit) von Tsumeb. Unter kurzwelligem UV leuchten sie hellgelb bis grünlich, unter langwelligem UV gelb (uranaktiviert?). Nach Abschalten der Lichtquelle kann man Phosphoreszenz beobachten.

Strontianit

Unter kurzwelligem UV fluoresziert stengeliger Strontianit von Ascheberg in Westfalen grünlich und phosphoresziert nach Abschalten der Lichtquelle stark grün. Strontianitkristalle von Girgenti leuchten unter langwelligem UV intensiv himmelblau.

Witherit

Stücke und Kristalle von Rosiclare, Illinois, leuchten sowohl unter kurz- als auch langwelligem UV hellgrün bis weißlich.

Cerussit

Bei Cerussit herrschen vor allem gelbe Fluoreszenzfarben vor. Die dunklen Kristalle oder solche mit Bleiglanzeinschlüssen fluoreszieren im allgemeinen nicht. Ferner ist bemerkenswert, daß die Intensität des Leuchtens bei Anwendung von langwelligem UV größer ist als mit kurzwelligem UV.

Kristalle von Holzappel leuchten unter langwelligem UV gelb, unter kurzwelligem UV kaum. Cerussit von Ems fluoresziert unter langwelligem UV zart rosa (!). Kristalle vom Monte Poni auf Sardinien leuchten unter langwelligem UV intensiv gelb. Die stärkste Leuchtkraft haben Kristalle von Leadhills in Schottland, die unter langwelligem UV gelb, unter kurzwelligem UV weißlich fluoreszieren.

Unter den Tsumeber Cerussiten leuchten nur die hellen Kristalle unter langwelligem UV schön gelb. Kristalle von Nertschinsk/Sibirien zeigen unter langwelligem UV stark gelbes Leuchten, unter kurzwelligem UV hellgelbe Farbe. Vom Phoenixville in Pennsylvania werden grün leuchtende Cerussite beschrieben.

Azurit, Malachit und Aurichalcit fluoreszieren nicht.

Hydrozinkit (Zinkblüte)

vom Bleiberg in Kärnten leuchtet unter kurz- und langwelligem UV schwach weiß.

Leadhillit

fluoresziert unter kurzwelligem UV gewöhnlich gelb.

Phosgenit

vom Monte Poni zeigt unter langwelligem UV intensives, charakteristisches Leuchten, unter kurzwelligem UV nur schwach gelbe Fluoreszenz.

Borate

Ein relativ hoher Prozentsatz der bekannten Borate läßt sich zur Fluoreszenz anregen. Der Grund dafür ist, daß das Bor selbst die Fluoreszenz nicht verhindert, zum anderen, daß die meisten Borate (von wenigen Ausnahmen abgesehen) keine Schwermetalle oder idiochromatisch gefärbten Bestandteile enthalten.

Boracit

Bräunliche Tetraeder von Hänigsen und dunkel gefärbte Würfel von Bismarckshall fluoreszieren nicht. Wahrscheinlich wird die Fluoreszenz durch Eisen verhindert. Etwas heller gefärbte Würfel zeigen schwaches Leuchten.

Kernit

von Boron, Kern Co., California, leuchtet unter kurzwelligem UV zonar gelb, ebenso unter langwelligem UV.

Ulexit

von Trona, California, zeigt unter kurzwelligem UV grün-gelbes Leuchten und nach Abschalten der Lichtquelle starke grüne Phosphoreszenz.

Colemanit

vom Death Valley, California, leuchtet bei Bestrahlung mit kurzwelligem UV weiß und phosphoresziert nach Abschalten der Lichtquelle stark grün.

Meyerhofferit

vom Death Valley, fluoresziert unter kurzwelligem UV schwach bläulich, unter langwelligem UV schwach grau.

Sulfate

Anhydrit

Kristalle von Hänigsen fluoreszieren unter langwelligem UV rötlich. Ganz charakteristisch ist die Fluoreszenz von Anhydrit von Wathlingen bei Celle, der bei Bestrahlung mit kurzwelligem UV schwach rosa, unter langwelligem UV aber intensiv blutrot leuchtet. Stücke von Staßfurt zeigen unter langwelligem UV orange Fluoreszenz.

Baryt

Bei weitem nicht alle Baryte können zum Leuchten angeregt werden. Hier seien nur wenige charakteristische Fluoreszenzfarben beschrieben.

Von der 10-Meter-Sohle der Grube Silberbach, Stolberg/Harz, zeigten 14 Stufen bei Bestrahlung mit UV beider Wellenlängen weißgrüne Fluoreszenz und nach Abschalten der Lichtquelle Phosphoreszenz. Zahlreiche andere Harzer Schwerspaten zeigten keine nennenswerte Fluoreszenz.

Viele Baryte von Freiberg in Sachsen leuchten unter kurzwelligem UV weißgrün, unter langwelligem UV mehr weißlich. Einige Kristalle von Schemnitz fluoreszieren zonar an Ecken oder Kanten weißgrün.

Versuche an über 100 Kristallen und Stufen von den verschiedensten Fundorten Cumberlands ergaben, daß kurzwelliges UV nicht zur Fluoreszenz anzuregen mag. Unter langwelligem UV leuchteten aber alle Kristalle tief meergrün.

Mehrere Stücke Baryt vom Monte Paterno bei Bologna, Ausgangsmaterial für den ersten künstlichen Leuchtstein, leuchteten bei Bestrahlung mit UV

beider Wellenlängen kräftig orange. Phosphoreszenz war nicht zu beobachten. Diese würde, wie schon in der Einleitung gesagt, erst nach Glühen des Baryts mit Kohle, als nach Reduktion des Bariumsulfates zu Bariumsulfid in Erscheinung treten.

Coelestin

Klare Kristalle von Agrigente leuchten nicht. Nur die weißen und trüben Coelestine dieses Vorkommens zeigen unter kurzwelligem UV hellviolette Fluoreszenz und nach Abschalten der Lichtquelle grünliche Phosphoreszenz. Unter langwelligem UV leuchten diese Kristalle zart rosa. — Die schönen Coelestine von Clay Center, Ohio, fluoreszieren bei Bestrahlung mit UV beider Wellenlängen weiß. Kristalle von Dundas, Ontario, zeigen nur unter langwelligem UV gelboranges Leuchten.

Anglesit

Es gibt nicht sehr viele fluoreszierende Anglesitkristalle, anscheinend sind sie nur auf einige Fundorte beschränkt und insofern charakteristisch. Aber selbst innerhalb einer Lagerstätte wechselt die Fluoreszenzfarbe der Stücke, was durch den Einschluß verschiedener Aktivatoren während des Bildungsprozesses bedingt wird.

Anglesite vom Bleiberg in Kärnten leuchten unter beiden Wellenlängen gelb. — Sehr intensive Fluoreszenz zeigen Kristalle vom Monte Poni. Unter langwelligem UV leuchten sie meist zitronengelb, unter kurzwelligem UV gelb, mitunter orangegelb oder weißlich. — Kristalle von Matlock, Derbyshire, leuchten unter langwelligem UV höchst intensiv gelb, unter kurzwelligem UV schwächer gelb. Von den Kristallen aus Tsumeb leuchten nur die helleren Kristalle, während sich die dunklen nicht zur Fluoreszenz anregen lassen. Die Fluoreszenzfarbe ist im allgemeinen honiggelb bis braungelb.

Hanksit

vom San Bernardino Co., California, fluoresziert unter kurzwelligem UV intensiv seegrün, unter langwelligem UV weiß. Nach Abschalten der Lichtquelle beobachtet man kräftige grüne Phosphoreszenz.

Gips

Wohl die schönsten Leuchtstrukturen sind an Gipskristallen zu beobachten. Insbesondere die Wieslocher Gipse zeigen bei Bestrahlung mit UV eine sogenannte „Sanduhrstruktur“, die bei Benutzung von kurzwelligem UV grün, unter langwelligem UV weißgrün leuchtet. A. JOSTEN hat im Zentralblatt für Mineralogie, Abt. A. 1930 (siehe Literaturverzeichnis) solche Strukturen beschrieben. Ferner berichtete er über Leuchterscheinungen an fünf Kristallen von Braunschweig (vermutlich Thiede), elf gerundeten Kristallen von Dux in Böhmen und drei Kristallen von Ellsworth, Ohio, die in ähnlicher Weise fluoreszieren. In Bezug auf die ausgeprägte Sanduhrstruktur trifft dies zu. Andererseits gibt es auch Gipse mit der gleichen Tracht wie die der Wieslocher Kristalle, ohne jedoch Sanduhrstruktur zu zeigen. Diese Kristalle sind in fast allen Fällen aufgewachsen. Außer der „Wieslocher Tracht“ scheint

als weitere Vorbedingung für das Auftreten der Sanduhrstruktur das freie, allseitige Wachstum, die schwebende Bildung zu sein.

Aufgewachsene Kristalle von Caltanisetta, Sizilien, die dieselbe Tracht wie die Wieslocher Gipse zeigen, fluoreszieren nur an vereinzelt Stellen. Phosphoreszenz ist ebenfalls zu beobachten. Ein Stalaktit aus kleinen Gipskristallen leuchtete unter kurzwelligem UV grünlich, unter langwelligem UV weiß.

Kleine aufgewachsene Kristalle von Schemnitz leuchten unter kurzwelligem UV schwach rosa, unter langwelligem UV stark rosa.

Nach Tracht und Habitus sind die Gipskristalle von Ellsworth, Ohio, nicht von den Wieslocher Kristallen zu unterscheiden. Auch zeigt sich nach Form und Farbe die gleiche Sanduhrstruktur. Eben solche Kristalle von Mahoning Co., Ohio, zeigen ebenfalls gute Sanduhrstruktur, die jedoch etwas schwächer leuchtet. Sehr charakteristisch für diese Kristalle ist ein etwas kräftiges Leuchten in den spitzen Ecken.

Marienglas von Osterode im Harz leuchtet unter beiden Wellenlängen stark orange. Fasergips von Wasenweiler im Kaiserstuhl fluoresziert nur unter langwelligem UV schmutziggelb. Alle untersuchten Fasergipse von Siersburg bei Merzig, Saar, zeigen unter langwelligem UV schwach oranges Leuchten.

Chromate, Molybdate, Wolframate

Schon von Natur aus gibt es in diesen Gruppen nicht viele Mineralarten. Was nun die Fluoreszenzeigenschaften betrifft, so läßt sich sagen, daß Chromate überhaupt nicht fluoreszieren. Auch künstliche Chromate zeigen keine Fluoreszenz. Molybdate und Wolframate fluoreszieren dagegen. Aber auch hier machen die Eisen- und Manganwolframate (Wolframit) eine Ausnahme. Inwieweit auch das Bleimolybdat Wulfenit eine Ausnahme macht, läßt sich schwer bestimmen. In der Literatur finden sich keine diesbezüglichen Angaben.

Powellit

Das Calciummolybdat fluoresziert unter kurzwelligem UV stark goldgelb. Aktivatoren sind nicht vorhanden.

Scheelit

Das Calciumwolframat leuchtet unter kurzwelligem UV charakteristisch blau. Diese Farbe ist eine Mischfarbe der Wellenlängen 4000—4600 Å (am intensivsten), 4700—5400 Å und 6000 Å (J. DeMent, 1943). Eines Aktivators bedarf es nicht; auch die reinsten synthetischen Präparate fluoreszieren. Die Leuchtfähigkeit soll durch Störungen im Kristallgitter verursacht sein.

Scheelit und Powellit sind isomorph. Im Kristallgitter kann Wolfram durch Molybdän ersetzt werden. Die Fluoreszenzfarbe des Scheelits ist vom Molybdängehalt abhängig, und zwar ändert sie sich von blau bei 0.0 bis 0.35 % Molybdän über weiß bei 0.35 bis 1.0 % (rein weiß bei 0.5 %) Molybdän nach gelb bei 1.0 und mehr % Molybdän. Mischkristalle mit 4.8 % Molybdän fluores-

zieren stark goldgelb, höhere Anteile bis hin zum reinen Powellit ändern die gelbe Fluoreszenzfarbe nicht mehr. Auf Grund dieser Erkenntnisse hat R. S. CANON, Jr. im Jahre 1942 eine Methode zur quantitativen Bestimmung des Molybdäns in Scheelit entwickelt, die auf dem Vergleich der Fluoreszenzfarbe einer Probe mit der Farbe von Testsubstanzen bekannten Molybdängehaltes beruht. Eine Zusammenstellung von 12 Testproben nach steigendem Molybdängehalt in Scheelit ist lieferbar.

Die vielen untersuchten Scheelite zeigen meist blaue und weißliche Fluoreszenzfarbe, gelb ist viel seltener. Alle Scheelite von Zinnwald zeigen gelbe und dunkelgelbe, charakteristische Fluoreszenzfarbe (Molybdängehalt über 1 %). Ebenso fluoreszieren Kristalle von Traversella und dem Sellenkar bei Krimml gelb.

Phosphate, Arsenate, Vanadate

Unter den Phosphaten und Arsenaten gibt es eine größere Anzahl fluoreszierender Mineralien. Die Verbindungen mit Metallen wie Eisen, Mangan, Kupfer usw. oder allgemein gesagt, die idiochromatisch gefärbten Verbindungen, fluoreszieren nicht. Vanadate fluoreszieren überhaupt nicht, weder die natürlichen noch die künstlichen. Selbst der Tujamunit, Calciumuranylvanadat, läßt sich nicht zur Fluoreszenz anregen. — In der folgenden Beschreibung sind die idiochromatisch gefärbten Mineralien nicht erwähnt. Da es unter den Phosphaten, Arsenaten und Vanadaten eine größere Zahl solcher gibt, enthält die Zusammenstellung im Vergleich zu den vielen Mineralien dieser Gruppe relativ wenig fluoreszierende Vertreter. Die zu diesen Gruppen zählenden Uranverbindungen werden am Schluß besprochen.

Monazit fluoresziert im allgemeinen rotorange.

Adamin

von der Ojuela Mine, Mapimi, Durango, Mexico, leuchtet bei Bestrahlung mit UV beider Wellenlängen prächtig grün. Aktivator sind vermutlich Spuren von Kupfer.

Amblygonit

von Dakota fluoresziert unter langwelligem UV hellgrau bis bläulichgrau.

Apatit

leuchtet im allgemeinen kaum. Sehr typisch ist jedoch die starke gelbe Fluoreszenz der Kristalle von Ehrenfriedersdorf, wenn sie mit langwelligem UV bestrahlt werden. Kristalle von Ginzling nahe Mayrhofen fluoreszieren schwach graublau. Apatite von der Knappenwand fluoreszieren nicht.

Pyromorphit

fluoresziert im allgemeinen nicht, insbesondere die grünen Kristalle zeigen keinerlei Fluoreszenz. Braunbleierz von Bad Ems leuchtet unter langwelligem UV dunkel-orange.

Viele Stufen mit fast farblosen oder ganz hellbraunen Pyromorphit-Kristallen aus der Grube Rosenberg bei Braubach leuchten unter langwelligem UV intensiv weißgelb.

Der eigentliche Chemismus des Pyromorphits läßt also ohne weiteres Fluoreszenz zu. Vielleicht wirkt in den grünen Kristallen Eisen als Inhibitor.

Mimetesit

von Tsumeb, und zwar die langen, mit Bayldonit überzogenen Kristalle leuchten unter beiden Wellenlängen schön rosarot (nach Entfernen des Überzugs). Der Mimetesit war von weißer Farbe. Die honiggelben, kurzen Kristalle vom gleichen Fundort leuchten nicht oder ganz schwach.

Pharmakolith von Wittichen in Baden leuchten unter beiden Wellenlängen weiß.

Weinschenkit von Auerbach in der Oberpfalz leuchtet schwach rosa.

Wavellit

von Magnet Cove, Arkansas, zeigt unter langwelligem UV teilweise himmelblaue Fluoreszenz.

Silicate

Diese Mineralgruppe umfaßt wohl die größte Zahl verschiedenartiger Mineralien und trotzdem sind die fluoreszierenden Vertreter recht spärlich vorhanden. Der Grund dafür ist der Eisengehalt sehr vieler Silicate. Daneben enthalten sie noch andere idiochromatisch gefärbte Bestandteile.

Phenakit fluoresziert fast nie.

Willemit

zeigt unter kurzwelligem UV prachtvolle grüne Fluoreszenz. Die genauere Beschreibung folgt im Anschluß an die Silicate gemeinsam mit den anderen Mineralien von Franklin.

Disthen

leuchtet mitunter rot bei Bestrahlung mit langwelligem UV. Aktivator ist Chrom. Auf einer Stufe vom Pizzo Forno, Tessin, fand sich unter zahlreichen nichtfluoreszierenden Kristallen nur einer, der schwach rot leuchtete.

Topas

fluoresziert weder stark noch charakteristisch. Kristalle vom Schenckenstein zeigen unter kurzwelligem UV schwach lichtgrünes bis gelbliches Leuchten, unter langwelligem UV schwach rosa Fluoreszenz.

Granat

fluoresziert wegen seines Eisengehaltes nur selten. Lediglich einige Fundstellen für fluoreszierenden Grossular wurden bekannt.

Zirkon

Braune Kristalle fluoreszieren im allgemeinen stärker als farblose. Viele Zirkone von British Columbia leuchten unter langwelligem UV orange. Aktivator ist Hafnium. Kristalle vom Burke Co., North Carolina, fluoreszieren unter beiden Wellenlängen gelb. Ebenso verhalten sich Zirkone vom Ilmengebirge.

Axinit

fluoresziert wegen seines häufigen Eisengehaltes nicht. So konnte an keinem alpinen Kristall Leuchten beobachtet werden. Der manganhaltige Axinit von Franklin fluoresziert unter kurzwelligem UV rötlich. Hier wirkt eine geringe Menge Mangan als Aktivator.

Hemimorphit

leuchtet im allgemeinen nur schwach und nicht charakteristisch. Kristalle vom Bleiberg in Kärnten leuchten unter beiden Wellenlängen gelblich.

Klinoedrit

von Franklin wird gemeinsam mit den Franklin-Mineralien besprochen.

Benitoit

vom San Benito Co., California, leuchtet bei Bestrahlung mit kurzwelligem UV brillant hellblau. Unter langwelligem UV fluoreszieren nur die weißen Stellen der Kristalle rot, die blauen Stellen nicht.

Wollastonit

von Oberschaffhausen im Kaiserstuhl leuchtet unter kurzwelligem UV rosa. Kristalle und kristalline Aggregate vom Riversite Co., California, fluoreszieren unter kurzwelligem UV goldgelb. Wollastonit von Willsboro, New York, leuchtet nur unter langwelligem UV gelb.

Pektolith

von der Rauschermühle bei Kaiserslautern fluoresziert bei Bestrahlung mit langwelligem UV zart rosa. Ebenso verhalten sich Stücke vom Steinbruch „Vulkan“ bei Haslach, ferner Kristalle von Paterson, New Jersey. Stücke von Franklin, New Jersey, fluoreszieren nur unter kurzwelligem UV gelb.

Rhodonit

fluoresziert nicht. In der Literatur wird zwar angegeben, der Rhodonit von Franklin, New Jersey, würde rot fluoreszieren. Dieser sogenannte Bustamit ist kein echter Rhodonit. Wahrscheinlich wird die Fluoreszenz durch Beimengungen von leuchtenden, manganaktiviertem Calcit verursacht.

Beryll

Gemeiner Beryll fluoresziert im allgemeinen nicht oder nur sehr schwach. Smaragd der meisten Fundorte fluoresziert nicht oder sehr schwach. Die Kristalle von den Chivor Minen in Columbien werden jedoch von langwelligem UV zu schwach rotem Leuchten angeregt. Aktivator ist Chrom. Die synthetischen Smaragde fluoreszieren unter langwelligem UV alle dunkelrot. Aquamarin und Morganit fluoreszieren nicht.

Prehnit

fluoresziert nur schwach und nicht charakteristisch.

Spodumen

Gemeinsamer Spodumen von Spittal an der Drau leuchtet unter langwelligem UV dunkelrosa.

Kunzit fluoresziert unter langwelligem UV stark goldrosa oder orange. Mit kurzwelligem UV angeregt, phosphoreszieren Kristalle vom Mt. Apatite in Maine, von Mewry in Maine und von Portland in Connecticut. Aktivator ist Mangan. Der Kunzit vom San Diego Co., California, fluoreszierte kräftig orange. Kristalle von Brasilien leuchten wenig intensiv und nicht sehr charakteristisch.

Der durch Chrom und Eisen (!) grün gefärbte Hiddenit fluoresziert nur selten, in manchen Fällen rötlich bis purpur infolge Aktivierung durch Chrom.

Apophyllit

fluoresziert nicht stark und nicht charakteristisch. Kristalle von Niederrotweil im Kaiserstuhl zeigen an manchen Stellen mit kurzwelligem UV grünes, mit langwelligem UV weißes Leuchten. Kristalle von St. Andreasberg fluoreszieren nicht.

Pyrophyllit

vom Mariposa Co., Cal., leuchtet unter UV beider Wellenlängen prächtig gelb.

Petalit

von Karibib, Südwest-Afrika, fluoresziert unter langwelligem UV schwach grau-blau.

Leucit

von Arizia, Italien, fluoresziert unter langwelligem UV weiß bis schwach gelb.

Pollucit

fluoresziert unter kurzwelligem UV manchmal rosa. Diese Literaturangabe war nicht durch Fundstellenangaben belegt. Stücke von Veruträsk leuchten unter langwelligem UV schwach lauchgrün.

Analcim

vom Renfrewshire in Schottland zeigt unter langwelligem UV schwach weißes Leuchten.

Sodalith

ist durch langwelliges UV anregbar. Stücke von Mouttonboro, New Hampshire leuchten orangerot, Stücke von Bancroft, Ontario, partiell rot.

Hauyn

vom Laacher See leuchtet unter langwelligem UV orangerot.

Orthoklas

und seine Varietäten, sowie die übrigen Feldspate fluoreszieren selten und nicht charakteristisch.

Skapolith

Die gelben, massiven Stücke von Quebec fluoreszieren unter langwelligem UV stark gelb, während die klaren gelben Kristalle aus Brasilien lila leuchten.

Datolith

von Paterson, New Jersey, leuchtet unter langwelligem UV hellgrau.

Chabasit

vom Klotz bei Idar leuchtet unter langwelligem UV hellgrau. Die Kristalle auf diesen Stücken sind sehr leicht zu identifizieren, weil der begleitende Calcit rosa, die Quarzkristalle nicht leuchten.

Die übrigen **Zeolithe** fluoreszieren weder stark noch charakteristisch. Meistens zeigen sie schwach graues, weißliches oder gelblichweißes Leuchten.

Uranmineralien

Bezüglich ihrer Fluoreszenzeigenschaften können die Uranmineralien in zwei Gruppen eingeteilt werden, nämlich

1. solche, die im natürlichen Zustand nicht fluoreszieren, sondern erst in eine andere Form umgewandelt werden müssen;
2. solche, die in natürlichem Zustand fluoreszieren.

Zur ersten Gruppe zählen die oxidischen Erze, wie z. B. Uraninit, Pechblende und deren Varietäten; die Niobate und Tantalate Betafit und Ellsworthit; die sekundären hydroxidischen Mineralien Janthinit, Gummit; die Uransilicate; das Sulfat Johannit; die Uranglimmer der allgemeinen Zusammensetzung



Es wurde schon darauf hingewiesen, daß nur diejenigen Uranmineralien fluoreszieren, die das Uran in Form der „Uranyl-Gruppe“ $(\text{UO}_2)^{++}$ enthalten, in der das Uran 6-wertig ist. Alle oxidischen Erze sind demnach nicht fluoreszierend. Jetzt kam als weitere Einschränkung die Abwesenheit von Schwermetallen in den Uranglimmern hinzu. So unterscheiden sich die beiden Verbindungen Torbernit und Autunit lediglich durch den Gehalt an Kupfer und Calcium. Der Kalkuranglimmer fluoresziert prächtig, der Kupferuranglimmer nicht. Die Fluoreszenzfähigkeit der Uranglimmer wird also durch Schwermetalle ausgelöscht.

Manche nicht-fluoreszierenden Uranmineralien können zum Leuchten angeregt werden, wenn man sie mit etwas Säure bespritzt, wodurch unter Umständen ein wenig Mineral gelöst wird. Bekanntlich fluoreszieren auch gelöste Uranylsalze. Schließlich sei auf die Fluoreszenzprobe an uranhaltigen Schmelzperlen hingewiesen. **Alle** Uranmineralien einschließlich der Oxide und der übrigen nicht-fluoreszierenden können mit dieser Methode erkannt werden.

Zu diesem Zweck wird eine winzige Menge des zu prüfenden Minerals fein gepulvert. Ferner schmilzt man an einem Magnesiastäbchen oder zweckmäßiger an der Schlinge eines Platindrahtes etwas Natriumfluorid zu einer Perle, taucht sie noch glühend in das gepulverte Mineral und schmilzt erneut, bis ein klarer Schmelzfuß entstanden ist (etwa 2—3 Minuten). Jetzt wird die Perle sofort auf eine nicht-brennbare Unterlage abgeschleudert und nach dem **völligen Erkalten** mit kurz- oder langwelligem UV bestrahlt (Fluoreszenz wird bei höherer Temperatur ausgelöscht!). Die Natriumfluoridperlen leuchten intensiv gelblich. Das Glas ist gewissermaßen eine „feste Lösung“, in der selbst Spuren von Uran nachgewiesen werden können.

Eine zusammenfassende Darstellung der Fluoreszenzeigenschaften sekundärer Uranmineralien findet sich bei H. W. BÜLTEMANN, Neues Jb. Mineral. Abh. 86, 2, Seite 155, 1954.

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Fluoreszenzeigenschaften einiger Uranmineralien:

Mineral	Fluoreszenzfarbe	
	des Minerals	der Natriumfluorid-Perle
1. Gruppe		
Oxide und Hydroxide		
Uraninit	—	intensiv gelb(-grünlich)
Pechblende u. Varietäten	—	" "
Betafit	—	gelbgrünlich "
Ellsworthit	—	" "
Thorianit	—	" "
Euxenit	—	gelbgrün
Samarskit	—	grüngelb
Ianthinit	—	gelbgrün
Fourmarierit	—	intensiv gelb
Sulfate		
Johannit	—	intensiv gelb
Zippeit	—	" "
Phosphate, Arsenate, Vanadate		
Torbernit	—	intensiv gelb
Zeunerit	—	intensiv gelb(-grün)
Fritzscheit	—	" "
Bassetit	—	" "
Walpurgin	—	intensiv gelb "
Carnotit	—	" "
Trögerit	—	" "
Parsenit	—	" "
Dewindtit	—	kein Material
Dumontit	—	" "
Renardit	—	" "
Tujamunit	—	" "
Silicate		
Uranophan	—	intensiv gelbgrün
Soddyit	—	" "
Skledowskit	—	" "
Kasolit	—	" "
2. Gruppe		
Carbonate		
Uranothallit (= Liebigit)	grün	intensiv gelbgrün
Schröckingerit	intensiv grün	" "
Sulfat		
Uranopilit	gelbgrün	" "
Phosphate, Arsenate, Vanadate		
Autunit	intens. gelb	intensiv gelb
Uranospinit	intens. gelbrün	" "
Uranocircit	intens. grüngelb	" "
Saléit	grüngelb	intensiv gelbgrün

Mineralien von Franklin, New Jersey

Wenn die fluoreszierenden Mineralien von Franklin gesondert zusammengefaßt und beschrieben werden, so geschieht es deshalb, weil dieses Vorkommen eine derartige Fülle der verschiedensten, prächtig fluoreszierenden Mineralien liefert, wie sonst kaum eine andere Lagerstätte. Die folgende Beschreibung stützt sich hauptsächlich auf eine Veröffentlichung von F. E. MUTSCHLER in *Rocks and Minerals* 242 (1954) Seite 482.

Calcit

das häufigste Gangmineral, fluoresziert bei Bestrahlung mit kurzwelligem UV kräftig rot in verschiedenen Abstufungen. Man kann orange, rötliche und auch rotviolette Fluoreszenzfarben beobachten. Das hängt vom Mangangehalt ab, der hier als Aktivator wirkt. Der Mangangehalt der Stücke kann zwischen 0.24 und 14% variieren. Kräftigste Fluoreszenz wird bei 3.6% Mangancarbonat-Gehalt (entsprechend etwa 1.8% Mangan) beobachtet. Steigt der Mangananteil auf über 6% MnCo_3 an, so tritt keine Fluoreszenz mehr auf.

Willemit

leuchtet bei Bestrahlung mit kurzwelligem UV (mit langwelligem UV nicht so intensiv) prachtvoll grün. Auch hier gibt es gewisse Abstufungen der Farben, manchmal beobachtet man ein gelblichgrün, dann wieder ein sattes dunkelgrün. Auch Willemit wird durch Mangan aktiviert.

Calcium-Larsenit

kommt mitunter in Form weißlicher Massen in den Gangstücken vor. Es fluoresziert unter kurzwelligem UV intensiv zitronengelb. Die Farbe ist so charakteristisch, daß sie als Test dienen kann.

Baryt

zeigt mit kurzwelligem UV bläuliche bis graue Fluoreszenz.

Axinit

und zwar der „Mangan-Axinit“, fluoresziert unter kurzwelligem UV rötlich. Aktivator ist Mangan.

Smithsonit

fluoresziert unter langwelligem UV gelblich.

Bustamit

wird von langwelligem UV zu schwach tiefroter Fluoreszenz angeregt.

Klinoedrit

leuchtet unter kurzwelligem UV orange, unter langwelligem UV schwach gelblich. Klinoedrit ist ein ziemlich seltenes Mineral und findet sich als Neubildung auf den Erzen von Franklin.

Hydrozinkit

zeigt unter kurzwelligem UV schwach blaues Leuchten.

Hardystonit

wird von kurzwelligem UV mitunter zu mattem, tiefvioletterm Leuchten ange-
regt.

Pektolith

leuchtet unter kurzwelligem UV gelb.

Wollastonit

zeigt unter kurzwelligem UV eine brillante orange bis rosa Fluoreszenzfarbe.
Langwelliges UV vermag auch zu schwacher Fluoreszenz anzuregen, die durch
Mangan als Aktivator hervorgerufen wird. Der Wollastonit von Paterson,
New Jersey, fluoresziert nicht.

Diopsid

in schwach grauen Kristallen aus dem Kalkstein von Franklin zeigt unter
kurzwelligem UV schwach blaues Leuchten.

Apatit

in durchscheinenden bläulichen Kristallen aus dem Kalkstein von Franklin
leuchtet unter kurzwelligem UV schwach grünlich.

Korund

in grauen oder rötlichen Körnern aus dem Kalkstein wird durch langwelliges
UV zu roter Fluoreszenz angeregt. Aktivator ist Chrom.

Die von den Franklin-Minen erhältlichen Stücke bestehen fast nie aus einem
einzigem Mineral, sondern meistens aus einem Gemisch verschiedener Mine-
ralien, wie Calcit, Willemit, Franklinit, Zinkit usw. Die Unterscheidung der
einzelnen Arten durch bloßen Augenschein bereitet manchmal Schwierigkeiten,
da einerseits kaum Kristalle gefunden werden, andererseits die natürlichen
Farben (z. B. des Willemits) sehr verschieden sein können. Man findet wei-
ßen, orangen, gelblichen, rötlichen, grauen, grünlichen Willemit. Mit der
Fluoreszenzlampe kann aber Willemit sofort an seiner brillanten grünen Flu-
oreszenzfarbe erkannt werden. Man hat diese Eigenschaft auch beim Sortieren
der Erze ausgenutzt, indem über den Klassiertischen intensive UV-Lampen
aufgehängt wurden.

Nachwort

Dem Leser der vorstehenden Beschreibung wird es nicht entgangen sein, wie wenig charakteristische Fluoreszenzfarben es gibt, mit deren Hilfe eine Mineraldiagnose möglich wäre. Der Grund dafür ist, daß ein Mineral je nach Herkunft verschieden fluoreszieren kann. Man darf daher die Fluoreszenzlampe auch nicht zu Echtheitsprüfungen heranziehen. Wohl kann man in einer Kollektion von Steinen, die von dem gleichen Fundort stammen, einen „falschen“ unter Umständen entdecken, der von einem anderen Vorkommen stammt.

Trotzdem leistet die Fluoreszenzprobe gute Dienste. Denn abgesehen von einigen tatsächlichen sehr charakteristischen Reaktionen — z.B. sei hier noch einmal an die Probe auf Quecksilber, die Unterscheidung von Powellit, Scheelit und ihrer Zwischenglieder, die Natriumfluoridperle mit Uranmineralien, die Fluoreszenz von Matlockit, Adamin, Willemit usw. erinnert — abgesehen also von diesen typischen Fluoreszenzerscheinungen, lassen sich in einem Mineralgemisch mitunter die Einzelkomponenten leicht erkennen. Technische Bedeutung hat die Fluoreszenzprobe z. B. für die Erkennung von Willemit in Erzgemischen erlangt. Auch sehr geringe Mengen fluoreszierender Mineralien, die mit bloßem Auge kaum erkannt werden können, lassen sich mit der Fluoreszenzlampe sofort feststellen.

Für den Mineraliensammler und Mineralienhändler ist es wertvoll, geklebte Kristalle oder Kristallstufen leichter zu erkennen. Auch in diesen Fällen leistet die UV-Lampe (insbesondere das langwellige UV) wertvolle Dienste, da fast alle Klebstoffe mehr oder weniger intensiv weiß oder hellgrau, manchmal grünlichweiß fluoreszieren.

Literaturverzeichnis

Braun, L. W., Fluoreszenz von manganhaltigen Calciten, University of Toronto Studies Geol. Ser. Nr. 36, 45 (1934) — **Bültemann, H. W.**, Fluoreszenzanalytische Untersuchungen an sekundären Uranmineralien, Neues Jahrb. Min. Abh. 86/2, 155 (1954) — **Chudoba, K. F. und Gübelin, E. J.**, Echt oder synthetisch? Rühle-Diebener-Verlag K. G. Stuttgart 1956 — **Danckwortt, P. W. und Eisenbrand, J.**, Lumineszenzanalyse im filtrierten ultravioletten Licht, 6. Auflage, Akad. Verlagsges. Geest & Portig KG. Leipzig 1956 — **De Ment, J.**, Handbook of Fluorescent Gems and Minerals, Mineralogist Publishing Comp. Portland 15, Oregon, USA, 1949 — **Drevermann**, Versteinerungen im ultravioletten Licht, Senckenb. naturf. Ges. Natur u. Museum 57, 193 (1927) — **Gunnel, E. M.**, Die Fluoreszenz des Illinois Flußspat u. gewisser Zinkmineralien u. verwandter Mineralarten aus dem Joplin-Missouri-District, American Mineralogist 18, 68 (1933) — **Haberlandt, H.**, Zur Fluoreszenz von Fluorit, Wiener Ber. IIa, 143, 151 (1934) und 144, 77 (1935) — **Holstein, O.**, Edelsteinbestimmungen durch Ultraviolettstrahlen, Dtsch. Goldschmiedeztg. 39, 150 (1936) — **v. Horn, Frank R.**, Verdrängung von Wolframit durch Scheelit mit Beobachtungen über die Fluoreszenz einiger Wolframmineralien, American Mineralogist 15, 461 (1930) — **Köhler, A. und Leitmeier, H.**, Das Verhalten des Kalkspates im ultravioletten Licht, Zbl. Min. Abt. A, 401 (1933) — **Köhler, A. und Leitmeier, H.**, Fluoreszenzversuche an natürlichen Sulfaten, Zbl. Min. Geol. Paläont. Abt. A, 364 (1934) — **Köhler, A. und Haberlandt, H.**, Lumineszenzanalyse von Apatit, Pyromorphit u. a. Phosphaten, Chem. d. Erde 9, 88 (1934) — **Köhler, A.**, Die Leuchtfarben der Phosphatmineralien im ultravioletten Licht, Forschungen und Fortschr. 10, 69 (1934) — **Kreutz, St.**, Über die Lumineszenz der Mineralien in Abhängigkeit von ihrem Vorkommen u. ihrer Generation, Bull. int. Acad. polon. Sci. Lettres Ser. A. 1933, ref. in Chem. Zentralbl. 1934 I, 2407 — **Miethe, H.**, Über die Photographie von Fossilien bei ihrem eigenen Fluoreszenzlicht, Photogr. Korresp. 63, 69 (1927) — **Mutschler, F. E.**, The Luminescent Minerals of Franklin, New Jersey, Rocks & Minerals 242, 482 (1954) — **Obenauer, K.**, Edelsteine im ultravioletten Licht. Wissen u. Fortschritt, März 1936 — **Obenauer, K.**, Das Verhalten der gefärbten Achate im ultravioletten Licht, Dtsch. Goldschmiedeztg. 38, 384 (1935) — **Przibram, K.**, Zur Fluoreszenz der Fluorite, Wiener Ber. IIa, 144, 97 (1935) — **Spencer, L. J.**, Fluoreszenz von Mineralien im ultravioletten Licht, American Mineralogist 14, 33 (1928) — **Warren, Th. S.**, Prospecting for Uranium with an Ultra Violet Lamp, Gems and Minerals, Juli 1955, Seite 20 — **Webster, R.**, Gemstone Luminescence, The Gemmologist, Mai 1953 ff.

Alle Fotos: W. Lieber

Register

- Achat 30
Adamin 37
Aktivatoren 12, 25
Amblygonit 37
Analcim 40
Anatas 30
Anglesit 35
Angström 8
Anhydrit 34
Anregung 6
Apatit 37, 45
Apophyllit 40
Aquamarin 40
Aragonit 32
Atombau 7
Aurichalcit 33
Autunit 43
Axinit 39, 44
Azurit 33
- Bariumsulfid 5
Baryt 34, 44
Bassetit 43
Benitoit 39
Beryll 40
Betafit 43
Biolumineszenz 6
Bologneser Stein 34
Boracit 34
Brookit 30
Brucit 30
Bustamit 44
- Calcit 31, 44
Carnotit 43
Cerussit 33
Chabasit 41
Chalcedon 30
Chemilumineszenz 6
Chrysoberyll 28
Chrysopras 30
Colemanit 34
Coelestin 35
- Datolith 41
Dewindit 43
Diamant 24
Diopsid 45
Disthen 38
Dolomit 32
Dumontit 43
- Ellsworthit 43
Euxenit 43
- Filter 13
Fluoreszenz 8, 11
Fluoreszenzlampen 13
Fluorit 6, 27
Fourmarierit 43
Fritzscheit 43
- Gips 35
Granat 39
Greenockit 26
Grossular 39
Gummit 43
- Hanksit 35
Hardystonit 45
Hauyn 41
Hemimorphit 39
Hiddenit 40
Hyalit 30
Hydrargillit 30
Hydrozinkit 33, 45
- Ianthinit 43
Johannit 43
- Kalomel 27
Kasolit 43
Kernit 34
Klinoedrit 39, 44
Korund 29, 45
Kristallolumineszenz 6
Kryolith 28
Kunzit 40
- Larsenit 44
Leadhillit 33
Leucit 40
Lichtgeschwindigkeit 7
Lichtquellen 13 ff.
Liebigit 43
- Magnesit 31
Malachit 33
Manganspat 31
Matlockit 28
Meyerhofferit 34
Mimetesit 38
Monazit 37
Morganit 40
- Nachleuchten
s. Phosphoreszenz
Natriumfluoridperle 43
Nocerin 28
- Opal 30
Orthoklas 41
- Parsonsit 43
Pechblende 43
Pektolith 39, 45
Petalit 39
Pharmakolith 38
Phenakit 38
Phosgenit 33
Phosphor 5
Phosphoreszenz 8, 10
Photolumineszenz 6
Pollucit 40
Powellit 36
Prehnit 40
Pyromorphit 38
Pyrophyllit 40
- Quecksilberminerale 26
Quarz 30
- Renardit 43
Rhodochrosit 31
Rhodonit 39
Rubin 29
Rutil 30
- Saléeit 43
Samarokit 43
Saphir 29
Scheelit 36
Schroöckerit 43
Senarmontit 28
Sidiot'sche Blende 25
Skapolith 41
Skłodowskit 43
Smaragd 40
Smithsonit 32
Sodalith 41
Soddyit 43
Spektrum 8
Spinell 28
Spodumen 40
Steinsalz 26
Stokes Regel 6, 10
Strontianit 33
Sylvin 27
- Tarnowitzit 32
Terlinguait 28
Thermolumineszenz 6
Thorianit 43
Topas 38
Torbernit 43
Tribolumineszenz 6, 27
Trögerit 43
Tujamunit 43
- Ulexit 34
Uraninit 43
Uranocircit 43
Uranophan 43
Uranopilit 43
Uranospinit 43
Uranothallit 43
Uranverbindungen 11, 42, 43
- Vanadate 37
- Walpurgin 43
Wavellit 38
Weinschenkit 38
Willemit 38, 44
Witherit 33
Wolframate 36
Wollastonit 39, 45
Wulfenit 36
Wurtzit 26
- Yttrifluorid 27
- Zeunerit 43
Zinkblende 25
Zinkspat 32
Zinnober 26
Zinnstein 30
Zippeit 43
Zirkon 39

Abb. 4 UVSL-25

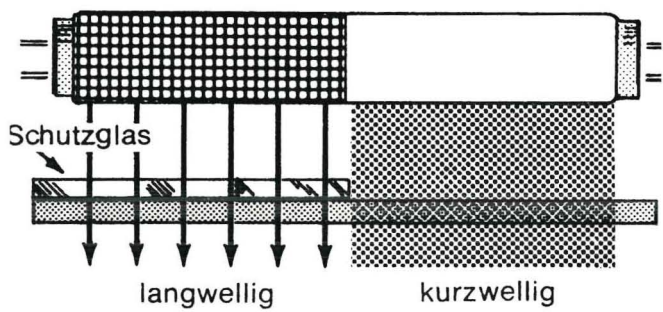


Abb. 5
Multiband-Brenner

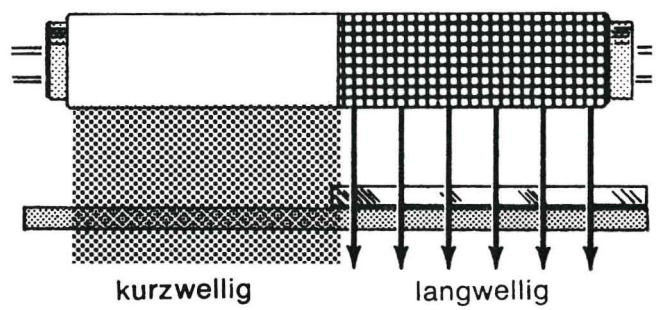


Abb. 6

Abb. 7 UVSL-58

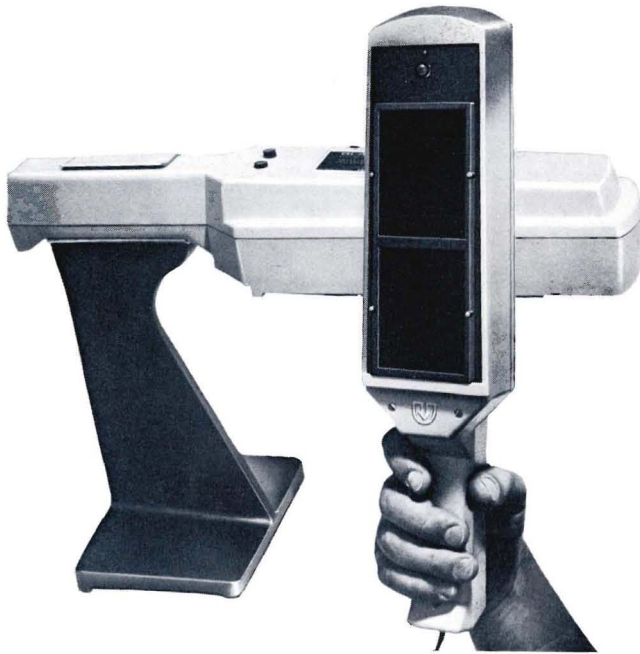


Abb. 8
Batteriebetriebene
UV-Lampe, M

Abb. 9
Batteriebetriebene UV-Lampe, MSL



Abb. 10 CSL-15

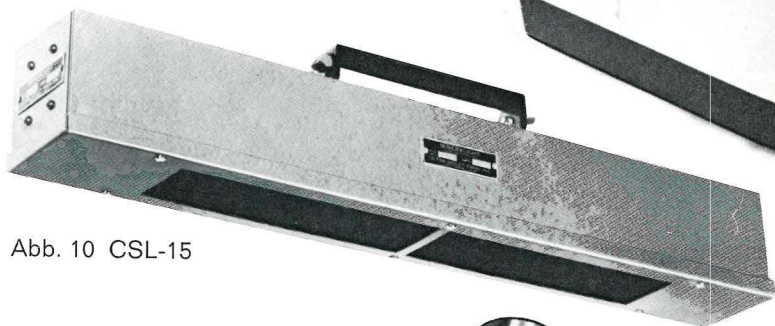


Abb. 11 B-100 A

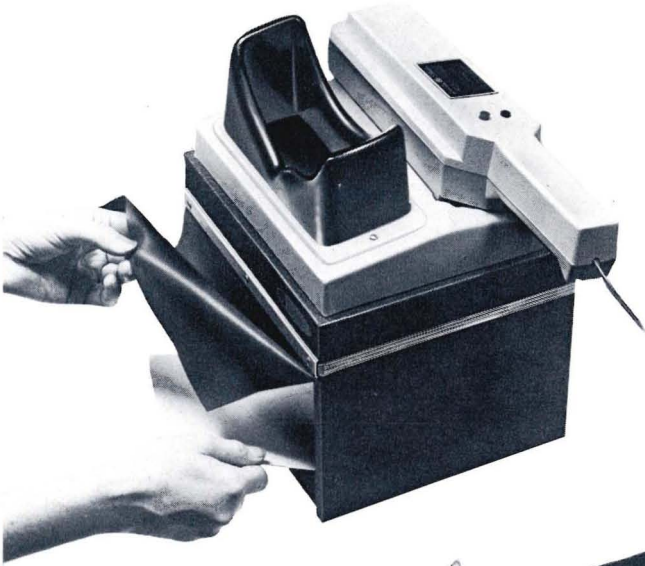


Abb. 13
Dunkelkammer CC-10

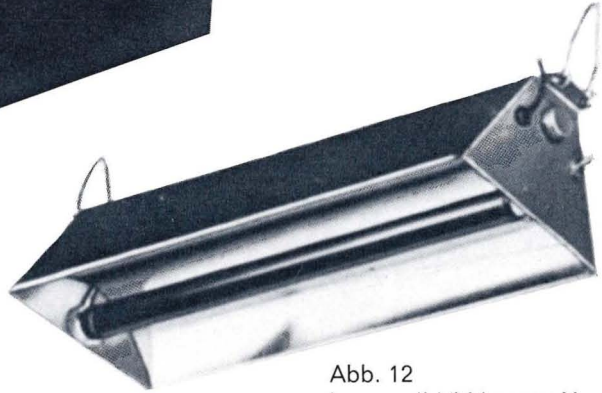


Abb. 12
Langwell-UV-Lampe X



Abb. 14
Chromato-Vue CC-20