

## Neue Methoden zur Erfassung von Thermolumineszenz- und Fluoreszenzerscheinungen

Johann Georg HADITSCH, Graz

Mit 3 Abbildungen

*In den Wissenschaften ist es höchst verdienstlich,  
das unzulängliche Wahre, was die Alten schon besessen,  
aufzusuchen und weiter zu führen.*

(J. W. v. Goethe 1821)

Der Lagerstättenforschung kam innerhalb der Geowissenschaften schon immer eine große Bedeutung zu, sie wurde aber in den letzten Jahren durch die rasche Abnahme der uns unmittelbar an der Erdoberfläche zugänglichen Lagerstätten und die Rohstoffverknappung besonders stark in das Bewußtsein aller gerückt. Die Notwendigkeit, verborgene oder ärmere Lagerstättenkörper zu erkunden, hat in außergewöhnlichem Maße auch die Entwicklung neuer, genauerer Untersuchungsmethoden angeregt. Über zwei derartige Verfahren, die der quantitativen Erfassung von Lumineszenzerscheinungen dienen, soll nun berichtet werden.

Von allen Lumineszenzarten hat bis heute wegen der allgemein nur unzulänglichen oder umständlichen und aufwendigen Meßmethoden lediglich die Photolumineszenz für die geowissenschaftliche Forschung eine gewisse Bedeutung erlangt. Durch die uns heute zur Verfügung stehenden leistungsfähigen Photometer ist es nun aber möglich geworden, auch für sehr schwache Lumineszenzen geeignete Meßmethoden zu entwickeln, so daß nun neben der Photo- auch die Thermolumineszenz rasch, genau und relativ billig zur Klärung geologischer und anderer Fragen herangezogen werden kann.

Werden bestimmte Minerale (z. B. Flußspat, Feldspat, Kalkspat, Wollastonit, Zirkon, Baryt) erhitzt, so können sie bei bestimmten Temperaturen in verschiedenen Farben und mit unterschiedlicher Intensität aufleuchten, thermolumineszieren. Die häufigsten Lumineszenzfarben sind gelbe, rote, grüne und blaue, mit einem oft beträchtlichen Weißgehalt. Es hat sich schon sehr bald herausgestellt, daß die Farbe weder für eine bestimmte Mineralart noch selbst für ein bestimmtes Mineral eines Vorkommens charakteristisch ist. Es zeigte sich nämlich einerseits, daß Minerale derselben Art unterschiedlich stark und mit verschiedener Farbe lumineszieren können, andererseits erwies es sich aber auch, daß gleiche Minerale der gleichen Mineralisationsphase in gleicher Weise leuchten, und darin liegt die Bedeutung dieser Methode beispielsweise für die Lagerstätten erkundung.

Hatte man früher die Leuchterscheinungen nur beobachtet, also mehr qualitativ untersucht, so versuchte man etwa seit dem Ende der zwanziger Jahre die Erscheinungen auch quantitativ zu erfassen. In diesem Zusammenhang seien hier nur der von E. H. KRANCK (1933) entwickelte Apparat und die von G. O. BRUNNER (1964) vorgeschlagene Versuchseinrichtung erwähnt.

KRANCK verwendete einen Messingblock, der elektrisch beheizt wurde und eine Bohrung aufwies, in die das Probenpulver geschüttet wurde. Die Temperatur wurde mittels eines Thermometers kontrolliert, die Leuchterscheinung über einen Spiegel, der am oberen Ende der Bohrung angebracht war, beobachtet. Der Spiegel wies eine Bohrung auf, die es gestattete, eine dahinter befindliche Vergleichslichtquelle, d. h. eine einfache kleine Glühbirne, zu beobachten und die Intensität der Lumineszenz mit der dieses Standards zu vergleichen.

Seit KRANCK gab es eine Reihe von Verbesserungen und Neuentwicklungen, darunter auch die schon oben erwähnte Einrichtung von BRUNNER, die auf dem Prinzip des Doppelstrahlspektrometers beruht, und deren Weiterentwicklungen (K. BÄCHTIGER 1967).

G. ZESCHKE (1964) schlug, weil bei den bis dahin entwickelten Geräten ein Mißverhältnis zwischen technischem Aufwand und erzielbaren Ergebnissen bestand, eine weniger aufwendige Methode vor. Bis heute hat sich diese aber, obwohl mit ihrer Hilfe eine Untersuchung sehr einfach und kostensparend durchzuführen ist, in der Lagerstättenforschung deshalb keinen Platz sichern können, weil es diese Methode leider nur gestattet, die Intensität nach fünf Klassen (sehr stark, stark, mittel, schwach, null) grobquantitativ abzuschätzen und besonders auch deshalb, weil diese Methode für besonders schwach lumineszierende Minerale oder Mineralgemenge oder selbst für stark leuchtende Minerale in einer sterilen Umgebung (z. B. spurenhafter Flußspat in einem nicht lumineszierenden Kalk) unbrauchbar ist. Sie ist auch dort nicht zu verwenden, wo es auf eine genaue Korrelation Intensität/Temperatur oder überhaupt Lumineszenz/Temperatur ankommt. Derartige Fragestellungen können sich aber bei der Untersuchung von Bohrschmantproben aus der näheren oder weiteren Umgebung einer Lagerstätte oder von deren Ausgehendem ergeben. Es galt demnach eine Methode zu finden, die nicht umständlich, teuer und zeitraubend ist, die aber dennoch genauere Ergebnisse als die Prospektionsmethode ZESCHKES liefert.

Die Möglichkeit, geringe Probenmengen bei genau bestimmbareren Temperaturen zu untersuchen, ist uns heute durch den Mikroskopheiztisch, und die, auch nur geringe Lichtintensitäten zu messen, durch die modernen Photometer geboten. Die Apparatur, der man sich bei derartigen Untersuchungen bedient, besteht aus drei Teilen, nämlich dem Mikroskop, dem Heiztisch und dem Mikroskop-Photometer, also etwa — wie bei unseren Arbeiten verwendet — aus einem Leitz-Ortholux-Pol, einem Heiztisch 1350 und einem Mikroskop-Photometer MPV. Während meiner Untersuchungen wurde kein Schutzgas verwendet, also bei normaler Atmosphäre gearbeitet. Als Probenhalter diente eine planparallele Kupferscheibe mit einem Durchmesser von 6,5 mm. Sie hatte zentral eine etwa 0,7 mm tiefe Bohrung mit einem Durchmesser von 2 mm. Dementsprechend konnte der Probenhalter etwa 2 mm<sup>3</sup> Material fassen und betrug die für die Messungen zur Verfügung stehende Fläche beiläufig 3 mm<sup>2</sup>. Da ohne Schutzgas gearbeitet wurde, war es, um eine gute Temperaturübertragung vom Heiztisch

zur Probe zu gewährleisten, notwendig, den Probenhalter nach jedem Versuch kurz zu polieren. Die Probe wurde allgemein nur lose in den Halter eingefüllt und hernach unter sanftem Druck glattgestrichen. Die Meßfläche wurde bei eingeschaltetem Analysator scharfgestellt. Da sich bald herausstellte, daß durch Dekrepiation Material aus dem Halter geschleudert wurde und sich so beträchtliche Fehler ergaben, wurden die Proben durch ein 0,4 mm dickes farbloses Korundplättchen mit einem Durchmesser von 7 mm abgedeckt.

Es ist eine Erfahrungstatsache, daß ein Mineral umso besser aufleuchtet, je rascher es aufgeheizt wird. Deshalb wählte man bisher Aufheizgeschwindigkeiten bis zu  $60^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ . Die Aufheizzeit war daher normalerweise schon nach 10 Sekunden zu Ende. Derartig große Geschwindigkeiten konnten wegen der relativ trägen Temperaturübertragung vom Heiztisch über den Probenhalter bis zur Probe nicht angewandt werden. Durch mehrere Versuche wurde bewiesen, daß die höchstzulässige Heizgeschwindigkeit für Flußspatproben der vorhin angegebenen Menge bei etwa  $80^{\circ}\text{C}/\text{min}$ . liegt.

Lumineszenzmessungen können bei vollkommen geöffneter Photometerblende bis  $620^{\circ}\text{C}$  durchgeführt werden. Wird über diese Temperatur hinausgegangen, so muß wegen des Glühens des Heiztisches mit kleineren Blendenöffnungen gearbeitet werden. Da aber ohnedies die Mehrzahl der in Frage kommenden Minerale unter  $620^{\circ}\text{C}$  luminesziert (der Flußspat tut dies üblicherweise zwischen  $150$  und  $550^{\circ}\text{C}$ ), kann meist die volle Blendenöffnung genutzt werden.

Die Eichung des Anzeigegerätes erfolgte mit Kaliumbichromat pro analysi (mit einem Schmelzpunkt von  $394^{\circ}\text{C}$ ) und reinstem Silber (mit einem Schmelzpunkt von  $961^{\circ}\text{C}$ ). Mit Kaliumbichromat wurde auch die höchstzulässige Aufheizgeschwindigkeit bestimmt, indem ein Körnchen auf die Probenoberfläche aufgebracht und die Heizgeschwindigkeit so lange variiert wurde, bis die Schmelztemperatur korrekt angezeigt wurde.

Es wurde sowohl mit ungefiltertem („weißem“) als auch mit gefiltertem Licht gearbeitet. Als Versorgungsgeräte dienten für einen Teil der Untersuchungen ein Netzgerät der Firma Leitz, für den anderen eines der Firma Knott. Als Anzeigegerät wurde ein Norma-Lichtmarken-Galvanometer benutzt. Bei völlig geöffneter Blende betrug das Meßfeld bei der gewählten Vergrößerung (Objektivvergrößerung:  $5,6\times$ )  $0,4\text{ mm}^2$ , also nur rund ein Achtel der Probenoberfläche. Damit die erhaltenen Werte jederzeit reproduzierbar sind, wurden die Reglerstufen mittels der Korundglühkurve geeicht.

Die Proben wurden teils händisch, teils maschinell gemahlen und hernach gesiebt. Es wurden von jeder Probe mehrere Siebklassen untersucht. Es erscheint mir sehr wesentlich, darauf hinzuweisen, daß die Intensität der Lumineszenz bei allen Proben sehr stark von der Korngröße des untersuchten Materials abhing. Dieser Konnex Korngröße — Intensität bedeutet, daß eine beliebig zerkleinerte und nicht weiter klassierte Probe, also eine Probe der bisher üblichen Art, nur Werte liefert, die von den Anteilen der verschiedenen Kornklassen bestimmt werden. Es ist leicht einzusehen, daß bei derartigen Mischproben das Ergebnis sehr deutlich von der Mahlbarkeit des Materials, den Eigenschaften der Mühle und der Mahldauer bestimmt wird. Für qualitative Bestimmungen wird in vielen Fällen auch in Hinkunft eine unklassierte Probe ausreichen. Für quantitative Untersuchungen, wie z. B. die Gehaltsbestimmung einer lumineszierenden Phase in

einer nicht oder in einer wesentlich schwächer leuchtenden Umgebung, sind aber korngößenmäßig genau definierte Proben unerlässlich.

Die Erfassung des Lumineszenzspektrums kann, wie auch die Untersuchungen von J. G. HADITSCH & I. O. MÜLLER zeigen, auch zu einer besseren Charakterisierung verschiedener Substanzen beitragen. Ein Beispiel möge hier genügen: Der Flußspat der Grube Beihilfe hatte in der Körnung  $500\text{--}630\ \mu$  zwei stark ausgeprägte und einen schwachen Kurvengipfel ( $300^\circ\text{C}$ ,  $380^\circ\text{C}$  bzw.  $190^\circ\text{C}$ ). Dabei geht der Hauptgipfel bei  $300^\circ\text{C}$  auf entsprechende Peaks der Kurven für  $497\text{ nm}$  und  $590\text{ nm}$  zurück, wogegen der Gipfel bei  $390^\circ\text{C}$  nahezu ausschließlich auf den entsprechenden Peak der Wellenlänge  $436\text{ nm}$  zurückgeführt werden kann. Am dritten, schwachen Gipfel sind alle Wellenlängen mit Ausnahme der von  $436\text{ nm}$  beteiligt (Abb. 1).

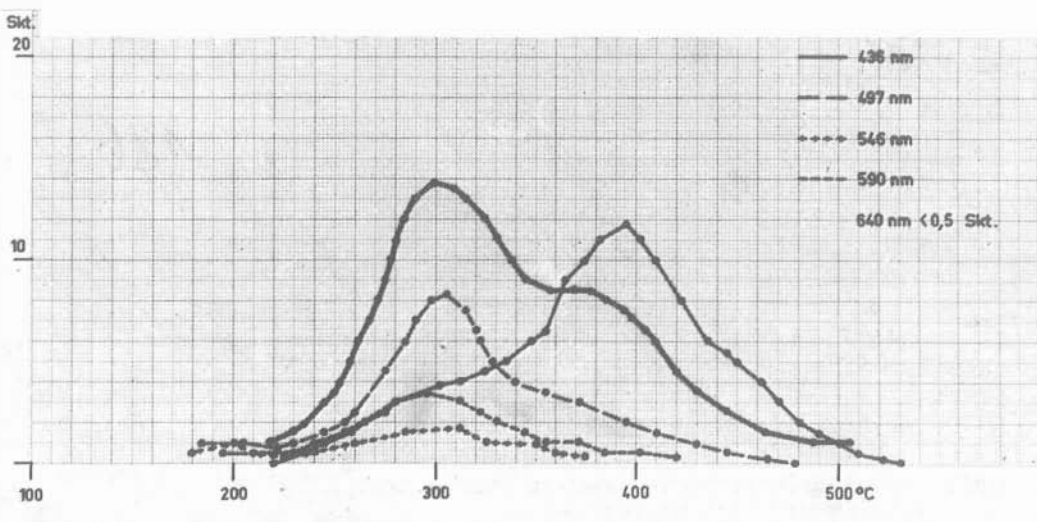


Abb. 1

Es kann als allgemein bekannt vorausgesetzt werden, daß thermisch gebildete Lagerstätten einen Dispersionshof besitzen, d. h. daß die nächste Umgebung derartiger Lagerstätten eine Aureole mit charakteristischen Mineralassoziationen aufweist. Die moderne Geochemie nutzt diese meist nur spurenhafte Mineral-(Element-)Führungen allgemein für die Lagerstättensuche. Sofern diese Aureolen auch thermolumineszierende Minerale enthalten — und dies kommt häufig vor —, kann diese Eigenheit auch dem angegebenen Zweck dienen. Um die untere Nachweisgrenze thermolumineszierender Minerale festzustellen, wurde beispielsweise Flußspat verschiedener Vorkommen in einem wechselnden Verhältnis mit sterilem Kalk intensiv gemischt und aufgeheizt. Die Untersuchung zeigte, daß Flußspat noch in einer Konzentration von nur 1% eindeutig nachweisbar ist. Eine empirische Ableitung ergab für diesen nachzuweisenden Gehalt von 1% für ein Meßfeld von  $0,40\text{ mm}^2$  und unter der Voraussetzung einer isometrischen Kornform eine Korngröße des Probenpulvers von maximal  $0,02\text{ mm}$ .

Die untere Sichtgrenze eines normalsichtigen Menschen in einem abgedunkelten Raum liegt bei den gewählten Untersuchungsbedingungen bei 1,0 bis 1,3 Skalenteilen, entsprechend dem Glühen eines Korundplättchens bei 576 bis 585° C. Mit dem Mikroskop-Photometer sind Lumineszenzerscheinungen in einem Ausmaß von nur 0,2 Skalenteilen, also etwa ein Fünftel bis ein Sechstel der vom Menschen feststellbaren Intensität, noch eindeutig erfassbar.

Die Probenvorbereitung (Mahlen, Sieben usw.) erfordert im Durchschnitt pro Probe zehn Minuten, die Untersuchung unter dem Mikroskop vom Beginn des Aufheizens bis zum Wiedererreichen der Anfangstemperatur durchschnittlich 15 Minuten. Zwei Mann können so in acht Stunden rund 20 Proben untersuchen. Bei Verwendung eines Schreibers anstelle des Galvanometers kann die Untersuchung durch eine Person allein durchgeführt werden.

Allein auf Grund der Lage und der Intensität der Peaks ist es unmöglich, auf eine bestimmte Substanz zu schließen. Da die Lumineszenz verschiedener Proben der gleichen Mineralart stark variieren kann, ist es bei Gehaltsbestimmungen vorerst notwendig, an einer reinen, hochprozentigen Probe den Lumineszenztyp festzustellen. Steht dieser fest, so können über verschiedene Mischungen im interessierenden Bereich für die einzelnen Gehalte Eichkurven aufgestellt werden, an Hand derer — nicht störende Beimengungen vorausgesetzt — beispielsweise der Halt einer Bohrschmantprobe im Hof einer Lagerstätte an einer lumineszierenden Substanz und darüber hinaus beispielsweise eine Annäherung an die Lagerstätte oder eine Entfernung von dieser, also der Annäherungsindex (HADITSCH 1974), festgestellt werden kann.

Ergänzend sei noch bemerkt, daß diese Methode vielleicht auch in der Glasindustrie oder in der Keramik mit Vorteil angewendet werden könnte.

Die hier nur kurz umrissenen Thermolumineszenzuntersuchungen zeigten eine weitere interessante Möglichkeit auf:

Es ist bekannt, daß verschiedene Minerale bei bestimmten Temperaturen zer-sprätzen. Aus dem durch eine sogenannte Dekrepiationsanalyse gewonnenen Temperatur- und sonstigen Angaben lassen sich wertvolle Schlüsse auf die Bildungsbedingungen der Minerale ziehen. Deshalb haben sich beispielsweise die Pariser Schule (um DEICHA) oder der Kuttenger Kreis (um TRDLIČKA) dieser Forschungsrichtung besonders angenommen. Leider erfordern derartige Untersuchungen kostspielige Apparaturen. Bei Verwendung der oben geschilderten Anlage können auf einfache Weise derartige Dekrepiogramme erhalten werden. Es treten nämlich durch die Dekrepiation Lageänderungen der einzelnen Probenkörnchen auf, welche wiederum eine photometrisch leicht erfassbare Änderung der Reflexion oder der Lumineszenzintensität zur Folge haben.

Wie schon eingangs erwähnt, hat von allen Lumineszenzarten bisher lediglich die Photolumineszenz — man müßte genauer sagen: die Fluoreszenz im ultravioletten Licht — in den Geowissenschaften eine gewisse Bedeutung erlangt. Allgemein ist die oft deutliche UV-Fluoreszenz von W-, Zr- und U-Mineralen bekannt. Man weiß auch, daß sich drei Viertel aller Uranminerale über ihre Fluoreszenz besser nachweisen lassen als durch radiometrische Methoden. Für die Scheelitprospektion ist die Fluoreszenzmethode heute noch die einzige mögliche. Es sei in diesem Zusammenhang nur kurz auf die Tatsache verwiesen, daß

es schon vor einiger Zeit gelungen ist, in pakistanischen Flußsanden Scheelit 1500 km von der primären Lagerstätte entfernt nachzuweisen.

Die Kenntnis der Paragenese erlaubt es auch, über ein fluoreszierendes Mineral auf Lagerstätten anderer Minerale zu schließen, so beispielsweise über den Scheelit auf Lagerstätten von Mo, Sn und Li, über den Hydrozinkit, auch ein sehr stark fluoreszierendes Mineral, auf Pb-, Zn-, Ag- und Flußspatlagerstätten, oder über den Zirkon auf Lagerstätten des Titans, des Niobs und des Tantalts. Die aus dem Gesagten hervorgehende große Bedeutung dieser Prospektionsmethode hat dazu geführt, daß verschiedentlich, so z. B. auch von G. ZESCHKE (1964), Listen mit Angaben über fluoreszierende Minerale veröffentlicht wurden.

Obwohl diese Methode, besonders seit dreißig Jahren, soweit ausgebaut wurde, daß heute mit ihr über vierhundert Minerale nachgewiesen werden können, ließ sie sich bisher nur unter gewissen Vorbehalten verwenden. Aus den bisherigen Veröffentlichungen ist nämlich leicht zu entnehmen, daß viele verschiedene Minerale unter Umständen megaskopisch die gleiche Fluoreszenzfarbe haben können, weshalb auch beispielsweise ZESCHKE (1964, p. 38) vor dem Gebrauch der von ihm selbst wiedergegebenen Listen warnte: „Es ist nicht ratsam, daß ein weniger Geübter an Hand der Tabellen versucht, eine Mineralbestimmung durchzuführen.“

Die eigentliche Schwierigkeit liegt oder lag also nicht darin, fluoreszierende Minerale nachzuweisen, als vielmehr darin, diese auf Grund ihrer Fluoreszenzfarbe eindeutig anzusprechen.

Noch ein anderer Aspekt: Auch in den Geowissenschaften hat in den letzten Jahren die Chromatographie eine gewisse Bedeutung erlangt. So werden in zunehmendem Maße in der Geochemie und Sedimentpetrographie Rf-Werte bestimmt, d. h. solche, die das Verhältnis der Substanzwanderung zur Entfernung der Lösungsmittelfront vom Start angeben und denen bei der Charakterisierung verschiedener Substanzen die größte Bedeutung zukommt. Nun kann z. B. ein durch eine Oxin-Alkohol-Ammoniak-Chromatographie gewonnener Fleck auf dem Papier unter dem ultravioletten Licht megaskopisch einen gelbgrünen Ton, der für Pb, Co, Ni, Cu, Zn, Mn, Hg und Al sprechen kann, zeigen. Konnte bisher in einem solchen Fall nur durch Erfahrung unter den acht möglichen das richtige Element herausgefunden werden, so gestattet es nun die von mir angewandte und unten geschilderte Methode, durch reines Ausmessen des UV-Lumineszenz-Spektrums das Element zu bestimmen.

Für die Messungen wurden ein Leitz-Mikroskop mit MPV und neun Filter verwendet. Die Untersuchungen zeigten, daß für die Erfassung der Fluoreszenzspektren bereits sechs verschiedene Filter ausreichen. Als UV-Quelle diente eine Hanau-Quecksilber-Niederdrucklampe, die Licht der Wellenlänge 253,7 nm lieferte. Die Ergebnisse der Messungen wurden von einem Goertz-Schreiber registriert.

Bekanntlich hängt der wirtschaftliche Wert des Scheelits von seinem Mo-Gehalt ab, der sich, wie das folgende Beispiel zeigen soll, UV-spektralanalytisch gut erfassen läßt:

Es wurden 12 Scheelitproben mit genau bekanntem Mo-Gehalt untersucht. Die Intensitäten für zwei bestimmte Wellenlängen (432 nm und 550 nm) herausge-

griffen und zueinander in Beziehung gebracht, ergaben ein Nomogramm, das sehr rasch eine Molybdängehaltsbestimmung erlaubt (Abb. 2). Der Zeitbedarf beträgt pro Bestimmung etwa drei Minuten.

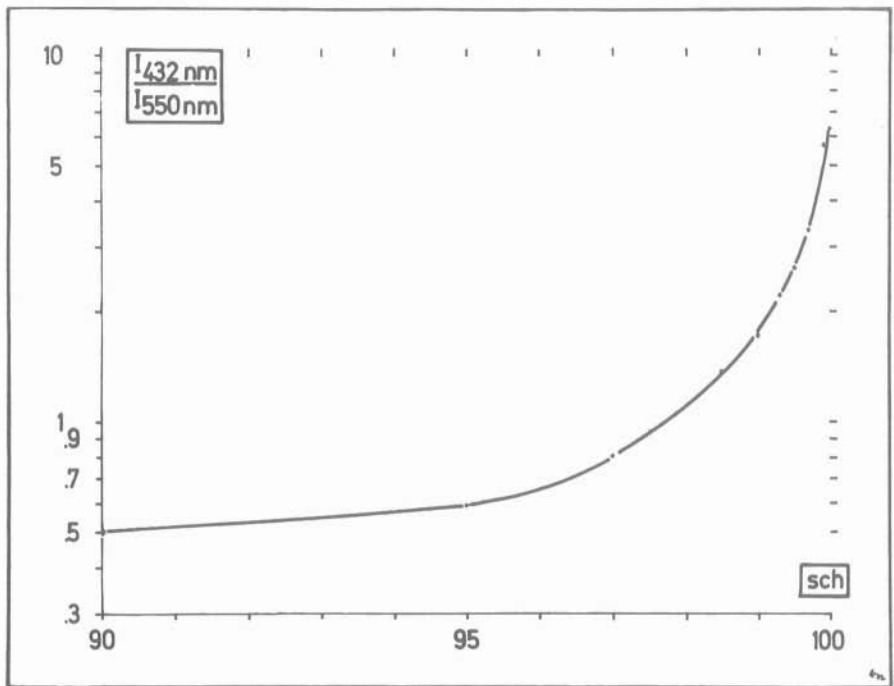


Abb. 2

Ein großer Vorteil dieser Methode liegt wieder in der Möglichkeit, auch kleinste Bereiche zu vermessen, also etwa Waschproben genau zu bestimmen. Die folgende Darstellung (Abb. 3) zeigt das Spektrogramm eines nur  $20 \mu^2$  großen Meßfeldes. Was hier für den Scheelit gezeigt wurde, gilt in gleicher Weise auch für alle anderen spektralanalytischen Untersuchungen unter dem UV-Licht, also etwa für die Bestimmung sekundärer Uranminerale oder die Auswertung von Papier- oder Dünnschicht-Chromatogrammen usw. Auch Schmelzkuchen lassen sich nun besser untersuchen als früher, da es noch nicht möglich war, die Elemente eindeutig anzusprechen, weil z. B. Cu, Sr, W und Zr gelb, Sb, As, Bi, Cd und Nb grün leuchten.

Für die Geowissenschaften und die Geotechnik ergeben sich aber auch noch andere Möglichkeiten. So kann z. B. die Fluoreszenz der Feldspäte und Zirkone für eine genauere Systematik alter Erstarrungsgesteine und Metamorphite genutzt werden, was vielleicht auch zu einer besseren Kenntnis ostalpiner Gesteinsserien, beispielsweise des Altkristallins, beitragen könnte.

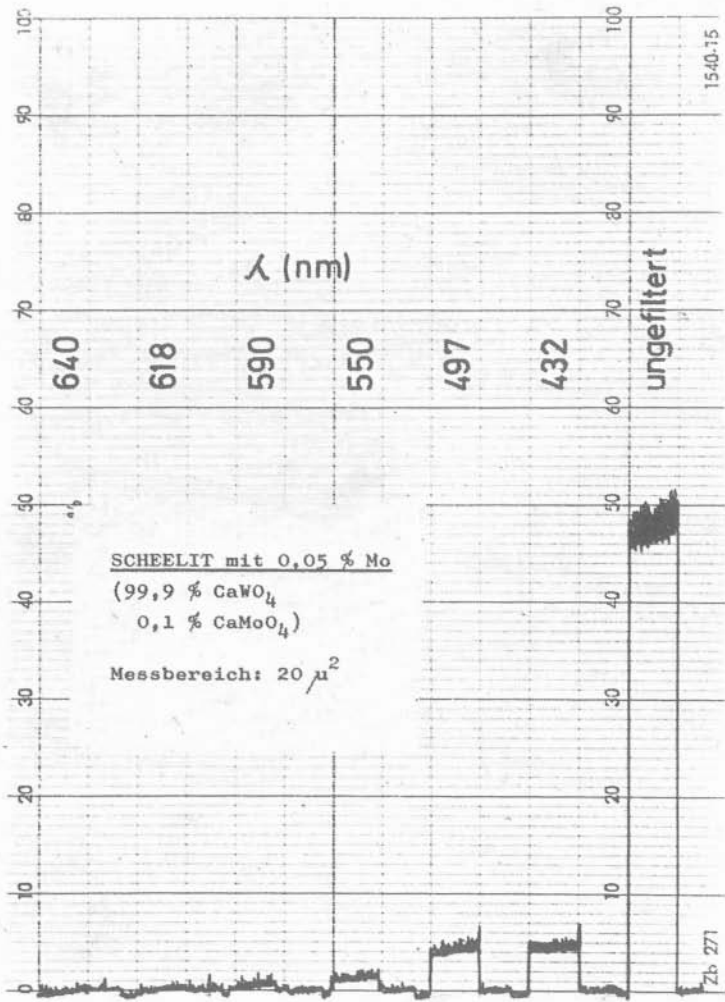


Abb. 3

Bekanntlich kann man für die Deutung der Herkunft detritärer Zirkone morphologische Gesichtspunkte heranziehen. Möglicherweise kann man auch hier mittels der UV-Spektralanalyse weiterkommen.

In der Petrographie kann diese Methode in Verbindung mit Fluorochromen (Fluorescein-Natrium = Uranin, Rhodamin B, Thiochrom, Auramin usw.) und mit oder ohne automatische Integrationstische beispielsweise zur Texturmessung quasiisotroper Gesteine, zur Feststellung der Klüftigkeit, der Klüftweite, der



Porosität, der Penetrationsgeschwindigkeit und des Durchtrennungsgrades der Mikrorisse dienen, alles Fragen, die vor allem auch für die Klärung felsmechanischer Probleme wichtig sind.

In der Geochemie wird sich nun wahrscheinlich die Möglichkeit ergeben, mit Hilfe der UV-Absorption und der Darstellung auf einem Willemitschirm noch geringere Hg-Mengen nachzuweisen, als dies nun, z. B. mit dem Quecksilberdetektor, möglich ist.

Gleiche Minerale, aber verschiedene Vererzungsphasen zeigen häufig, bedingt durch ihren Spurenelementgehalt oder durch syngenetische Gitterfehlstellen, eine unterschiedliche Fluoreszenz. Es lassen sich so an Hand unterschiedlicher UV-Spektren eines Minerals unterschiedliche Vererzungsphasen nachweisen.

Weitere Möglichkeiten ergeben sich in der Geohydrologie für die Wassergüte- und -wegebestimmung.

Dem Erdölgeologen bietet sich die Möglichkeit, die Zusammensetzung des Erdöls besser zu bestimmen: Rohöl hat eine andere UV-Lumineszenz als raffiniertes, leichtere Öle eine andere als schwerere, naphthenbasiische eine andere als paraffinbasiische.

In der Baustoffprüfung kann man nun bedenklichen Hornstein besser und rascher nachweisen als mittels des verlängerten Kupfernitrattests oder der Wassertropfenprüfung. Auch kann die Güte von Steinhärtepräparaten nun durch Fluoresceinimpfung quantitativ erfaßt werden. Eine einfache fluoreszenzanalytische Untersuchung kann auch einen Hinweis auf die Brauchbarkeit einer Hochofenschlacke für den Straßen- und Eisenbahnbau liefern.

Auch im Gesteinshüttenwesen gibt es Anwendungsmöglichkeiten für diese Methode. So gibt es überhaupt nur wenige Gläser und Glasuren, die fluoreszenzfrei sind. Die Seltenen Erden zeigen eine besonders starke Fluoreszenz, Aluminiumhydroxydanreicherungen leuchten gelb. So lassen sich die verschiedenen Gläser auf Grund ihres Fluoreszenzspektrums besser charakterisieren, Inhomogenitäten und Schlieren lassen sich auf diese Weise quantitativ festhalten. Beim Quarzglas kann die Fluoreszenzfreiheit oder -armut als Reinheitskriterium angesehen werden. Reparaturen an Porzellanwaren, an Glasuren und an der Emaille können nun besser erkannt und Fälschungen aufgedeckt werden.

Schließlich ist auch zu erwarten, daß diese Methode auch in anderen Bereichen der Wissenschaft und Technik, so in der Medizin, in der Botanik, Pharmakognosie, Lebensmittelkontrolle, Gummiindustrie, im Umweltschutz und in der Kriminologie zu genaueren Ergebnissen führen wird.

### Ausgewähltes Schrifttum

- BÄCHTIGER, K.: Die Thermolumineszenz einiger skandinavischer und nordamerikanischer Plagioklase (Teil V der Laboratoriumsuntersuchungen an Plagioklasen). — Schweiz. Min. Petrogr. Mitt., 47, 1967, 1: 365—384.
- BRUNNER, G. O.: Thermolumineszenzmessung mit Doppelstrahlspektrometer. — Helv. Phys. Acta, 37, 1964, 1: 51—54.
- HADITSCH, J. G.: Eine neue Methode der Thermolumineszenzuntersuchung und ihre mögliche Anwendung in der Lagerstättenerkundung. — Im Druck (1974).
- , Eine Schnellmethode zur Bestimmung des Mo-Gehaltes im Scheelit. — Im Druck (1975).
- , & MÜLLER, I. O.: Die quantitative Bestimmung von Thermolumineszenzspektren, dargestellt an verschiedenen „weißblau“ lumineszierenden Flußspäten. — Im Druck (1974).

- KRANCK, E. H.: Einige Beobachtungen über Thermolumineszenz. — Soc. Sci. Fenn., Comm. Phys.-Math., V, 1933, 1: 1—14.
- MOENKE, H. & MOENKE, L.: Optische Bestimmungsverfahren und Geräte für Mineralogen und Chemiker. — 568 p., 264 Abb., 14 Tab., Akad. Verlagsges. Geest & Portig K.-G., Leipzig 1965.
- ZESCHKE, G.: Prospektion und feldmäßige Beurteilung von Lagerstätten. — 307 p., 218 Abb., Springer-Verlag, Wien 1964.

Anschrift des Verfassers: Hochschulprof. Dr. Johann Georg HADITSCH, Maria-trosterstraße 193, A-8043 Graz, Österreich.