

Von besonderer Bedeutung für das „Bohnerz“-Problem ist die Entwicklung der oberflächennahen Markasitabscheidung. Durch die allmählich fortschreitende Gebirgsabtragung rückte die Oberfläche immer näher an die tieferen und markasiterfüllten Klufteile heran, damit rückte aber auch die reduzierende Zone tiefer. Die „nachstoßende“ Oxydationszone erfaßte schließlich die Eisensulfide und wandelte sie in Eisenoxide bzw. Eisenhydroxide um. Der „Melnikovit-Markasit“, der auf dem Mittagkogel gefunden werden konnte, unterliegt einer äußerst schnellen Umwandlung. Da beim Auseinanderschlagen einiger Limonitknollen noch der ursprüngliche Markasit im Innern festgestellt werden konnte, liegt die Vermutung nahe, daß die Sulfidbildung bzw. die Oxydation geologisch gesehen vor nicht allzulanger Zeit stattgefunden haben müsse und daß vielleicht in manchen günstigen Situationen noch Sulfidbildung stattfindet.

Durch die weiteren Entwicklungsvorgänge im Karstgebiet gelangen die umgewandelten Markasite und Pyrite („Pseudomorphosen nach Markasit und Pyrit“) schließlich in das darunterliegende Höhlensystem. Je nach der Art und Länge des Transportes werden sie mehr oder minder abgerundet („Pseudo-Bohnerze“).

Diese genetische Abfolge der „Bohnerze“ ist somit in lückenloser Kontinuität am und im Mittagkogel verwirklicht. Es sind dadurch auch gute Aussagemöglichkeiten über die Entstehung der „Bohnerze“ und Pyrite der Nördlichen Kalkalpen gegeben, da sämtliche genannten Erzformen als „bodenständig“ bzw. als auf primärer Lagerstätte befindlich identifiziert werden konnten. Die Einstufung als echtes „Karsterz“ kann daher mit guter Berechtigung erfolgen.

## Photolumineszenz in den Höhlen des Mährischen Karsts

Von Josef Slačik (Příbram)

Lumineszenz wird als Überschuß von Lichtstrahlung eines Körpers in Bezug zu seiner Wärmestrahlung definiert; dieser Überschuß dauert nach der Anregungsbeendigung mehr als  $10^{-10}$  Sekunden. Je nach der Art des Anregungseffektes sind Photolumineszenz, Radiolumineszenz, Thermolumineszenz, Tribolumineszenz u. a. zu unterscheiden. Nähere Angaben über physikalische Grundlagen der Entstehung von Lumineszenz und über ihre theoretische Auslegung bietet das spezielle Schrifttum (K. Przíbram 1953, W. Lieber 1957, Z. Holzbecher 1957 u. a.).

Photolumineszenz wird durch Anregung mit ultravioletten Strahlen verursacht, wobei die Wellenlänge und die Intensität der benützten UV-Strahlen maßgebend sind. Photolumineszenz ist ein Sammelbegriff für zwei Effekte: Fluoreszenz, die nur während der UV-Bestrahlung

aktiviert ist, und Phosphoreszenz (Nachleuchten), die sekundenlang weiterdauert.

Die Photolumineszenz von Kalzit ist schon längere Zeit bekannt und wurde von vielen Autoren studiert. Es seien, um nur einige zu nennen, folgende erwähnt: W. P. Headden 1923, W. Witteborg 1932, A. Köhler — H. Leitmeier 1933, W. L. Brown 1934, R. Rost 1948, Z. Trdlicka 1964 u. a. Die ersten Beiträge über Lumineszenz der Höhlenkalzite stammen aus späteren Jahren: von H. A. Bamber 1952, H. Ingalls 1953, A. L. Pill 1954 und B. J. O'Brien 1956.

In den Höhlen wurde die Lumineszenz gewöhnlich bei Blitzlichtaufnahmen „entdeckt“ (G. Dittrich 1959 a, b; P. Henne — B. Krauthausen 1965; R. Burkhardt — R. Nesrsta 1970). Wenn man beim Blitzen die Augen schließt und sie danach öffnet, kann man das Nachleuchten der Tropfsteine und der Sinterbildungen in einem magisch bläulich- bis grünlichweißen Licht bewundern. Auf den Farbaufnahmen sind dann die weißen Farbtöne unnatürlich bläulich verfärbt.

Im weiteren wird über drei Forschungsgebiete näher diskutiert:

- a) Problematik der Aktivatoren von Lumineszenzeffekten.
- b) Photographie in Lumineszenzstrahlung.
- c) Beleuchtung von Schauhöhlen mit UV-Strahlen.

#### *Problematik der Aktivatoren (Erreger) von Lumineszenzeffekten*

Alle lumineszierenden Stoffe sind grundsätzlich in zwei Gruppen einzuteilen (W. Lieber 1957, K. Pátek 1962).

Die sogenannten Kristallophore sind anorganische Stoffe, deren Lumineszenz vom Vorhandensein verschiedener Fremdbestandteile (Aktivatoren, aktiven Zentren, Störkörper) im Kristallgitter abhängig ist. Sind diese Störkörper nicht vorhanden, also im nichtkristallinen Zustand oder in einer Lösung, leuchten die Kristallophore nicht.

In die zweite Gruppe gehören Substanzen mit sogenannten „diskreten Zentren“, die auch in reinstem Zustand ohne jede fremdartige Beimengung und in Lösung lumineszieren. Es sind überwiegend organische Substanzen. Als Beispiel von „diskreten Zentren“ sei nur am Rande die konjugierte Doppelbindung von Kohlenstoffatomen erwähnt.

Der Kalzit gehört in die Gruppe der Kristallophore. Viele Autoren studierten die Problematik der Störkörper. Bei hydrothermalen Kalziten werden verschiedene Fremdbestandteile für die Lumineszenz verantwortlich gemacht. Die weitaus überwiegende rote oder rosafarbige Lumineszenz wird von den meisten Autoren auf Mangengehalte zurückgeführt (Ch. Palache 1928, W. L. Brown 1934, R. Rost — K. Tuček 1944, G. P. Barsanov — V. A. Seveleva 1952 u. a.). S. Gleason 1972 gibt für rote Lumineszenz noch Samarium und Mangan in Kombination mit Tellur oder Blei als Ursache an. Weiße Lumineszenz soll nach G. P. Barsanov — V. A. Seveleva 1952 von Strontium verursacht werden. Für künstlich erzeugte Kalzite gibt S. Gleason 1972 folgende Aktivatoren an: Zinn —

weiß, Wismut — grün, Magnesium — blaugrün, Lanthan und Neodym — orange. C. R. Fonda 1940 studierte künstliche Kalzite mit Manganzusatz, die ebenfalls orangerot fluoreszierten.

Höhlenkalzite sind gewöhnlich in ihrer chemischen Zusammensetzung einfacher. Mangan, Samarium, Blei und Tellur sind höchstens in Spurenmengen vorhanden, und man kann spärliche Angaben über rot fluoreszierende Höhlenkalzite namentlich auf Mangan zurückführen (G. Dittrich 1959 a, b). Bei Höhlensinter und Tropfsteinen beobachtete man überwiegend bläulich-, gelblich-, grünlich-, bräunlich- und reinweiße Fluoreszenz und eine grünlich- oder bläulichweiße Phosphoreszenz (A. L. Pill 1954, G. Dittrich 1958/59, 1959 a, b, P. Henne — B. Krauthausen 1965, A. M. Kropačev — K. A. Gorbunova — V. M. Fedorov 1970, J. Slačik 1971, 1972, 1973).

P. Henne — B. Krauthausen (1965) geben als vermutliche Störkörper nicht abgesättigte Ionen  $S^{2-}$ ?,  $Ca^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Ba^{2+}$ ? an. K. Prziabram (1956, 1958, 1959 a, b, 1960), der sich sehr eingehend mit dem Problem der Lumineszenzerreger befaßte, führt die Lumineszenz auf das Vorhandensein organischer Substanzen zurück. Diese Substanzen (z. B. Porphyrine, Huminsäuren, Aminosäuren u. a.) stammen von Staub und organischen Rückständen von der Erdoberfläche. Mit Regenwasser werden sie in die Höhlen eingespült und absorbieren sich bei der Kristallisation der Sintermasse. Schon früher hat H. Haberlandt (1940, 1944) über das Porphyrinvorkommen in Kalziten von Bad Deutsch-Altenburg berichtet.

Der Verfasser (J. Slačik 1972) beobachtete in den Slouper Höhlen im Mährischen Karst eine sehr schwache Fluoreszenz im Großen Dome (Stare skúly). Da Sinterbildungen dort nicht vorkommen, kann man annehmen, daß diese Lumineszenz von Überzügen der Höhlenwand mit Verbrennungsprodukten herrührt, die sich bei jahrhundertelanger Fackelbeleuchtung abgesetzt haben. Über Fluoreszenz von bituminösen Stoffen, die den Verbrennungsprodukten nicht unähnlich sind, berichten I. A. Preobraženskij — S. G. Sarkisjan (1954).

Der Verfasser (J. Slačik 1971) verglich auch Lumineszenzeffekte mit Spektralanalysen von Kalksteinen, Kalziten und Sinterbildungen aus Höhlen im Mährischen Karst. Die Ergebnisse sind allerdings für weitere Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet nur orientierend.

### *Fotografie in Lumineszenzstrahlen*

Hat man die Absicht, in Lumineszenzstrahlen zu fotografieren, ist zweierlei zu beachten. Die benützten Filme müssen eine geeignete Empfindlichkeit für die überwiegende Lumineszenzfarbe und für die allgemein niedrigere Intensität der fotografierten Flächen und Objekte haben. Namentlich bei Farbfotos sollte man überhaupt nur sehr farbige Objekte aufnehmen und daher die richtige Auswahl treffen. Zweitens darf man die reflektierten violetten Primärstrahlen, die man oft auch

als „violette Fluoreszenz“ bezeichnet, nicht allzuviel in das Objektiv ein-  
treten lassen.

Mitunter ist es möglich, erst mit UV-Beleuchtung sehr schöne Kon-  
traste zu bekommen, die diese Aufnahmen zweckmäßig machen. Die  
Kontraste werden durch sogenannte Lumineszenzgifte (überwiegend  
Eisen- oder Tonüberzüge) verursacht. Bei Mikrofotos sind die Kontraste  
bei konzentrischen oder schichtweisen Sinterbildungen sehr attraktiv, bei  
normalen Aufnahmen wird eher der Kontrast zwischen leuchtenden  
Sinterbildungen und schwarzem Kalkstein oder Lehm-, Sand- und  
Schotteranschwemmungen ausgenützt.

Noch interessantere Möglichkeiten bietet die Phosphoreszenz-  
fotografie. In diesem Falle können die Kontraste noch stärker sein, ob-  
wohl eigentlich nur mehr oder weniger grünlichweiße Partien vorhanden  
sind, die mit den schwarzen kontrastieren. Als Nachteil ist die sehr  
geringe Intensität sowie die kurze Nachleuchtedauer zu erwägen. Es gibt  
zwei Wege, mit denen man zu guten Ergebnissen kommen kann. Ist die  
Intensität sehr klein, arbeitet man mit geöffnetem Verschuß. Das Objektiv  
wird mit der Hand zugedeckt und diese nach dem Blitzen schnell ent-  
fernt. Das wiederholt man mehrmals; Probeaufnahmen sind unentbehr-  
lich. Bei intensiverem und langem Nachleuchten kann ein Aufblitz aus-  
reichen, wenn man den Fotoblitzkontakt anstatt in die X-Buchse in die  
M-Buchse für Lampenblitz einsteckt. Die Verzögerung beim Öffnen  
des Verschlusses genügt bei den meisten Kameratypen zu einwandfreien  
Phosphoreszenzaufnahmen.

### *Beleuchtung von Schauhöhlen mit UV-Strahlen*

Wie schon oben erwähnt wurde, bewirkt eine UV-Beleuchtung von  
Höhlenszenarien bessere Kontraste zwischen lumineszierenden Sinter-  
bildungen und nichtlumineszierendem Kalkstein und Ablagerungen. Auf  
Grund dieses Effektes wurden schon vor Jahren Versuche mit geeigneten  
UV-Leuchten vorgenommen. Bekannt sind solche Beleuchtungen aus der  
Höhle von Sonora (Texas, USA) und aus einigen Höhlen Frankreichs.

Der zweckmäßigste Vorgang bei der Besucherführung ist der Auf-  
enthalt in Höhlenräumen, die nur mit gut versteckten UV-Leuchten aus-  
gestattet sind, so daß die Tropfsteine und Sinter wie „von selbst leuch-  
tend“ aussehen (H. Trimmel 1972). Die ersten Schritte in der ČSSR sind  
in zwei Höhlen gemacht worden. In der *Dolomithöhle* von Bozkov (Nord-  
böhmen) wird der Besucher zuerst im normalen Licht mit der Szenerie  
bekanntgemacht, dann wird das Licht ausgeschaltet und nur die UV-  
Leuchte erregt eine Fluoreszenz. Der Nachteil dieser Anordnung ist die  
schlechte Akkomodationsfähigkeit des Auges, so daß der Effekt nicht  
voll ausgenützt wird. In der *Ochozer Höhle* bei Brünn ist an einer sehr  
geeigneten Stelle eine Blitzlichtanlage aufgestellt, die eine sehr schöne  
Sinterbildung ausgezeichnet kontrastreich anleuchtet.

Im Mährischen Karst befaßte sich der Verfasser mit eingehenden Untersuchungen, die zum Auffinden der zur Installation von UV-Leuchten geeigneten Stellen führten (J. Slačik 1972, 1973). Die grundsätzlichen Anforderungen für die Zweckmäßigkeit der UV-Beleuchtung sind diese:

1. genügend intensive Fluoreszenz der Höhlenausstattung auch auf größere Entfernung bzw. genügend langes Nachleuchten;
2. maximaler Kontrast zwischen Sinterbildungen und Umgebung;
3. optimale Attraktivität der Szenerie im UV-Licht, die besser sein muß als in der normalen Beleuchtung;
4. technische Faktoren; dazu gehören: Geräumigkeit der Höhlenpartien, guter Zutritt und die Möglichkeit, allen Besuchern diese Schau zu gewähren;
5. zur Beleuchtung dürfen nur langwellige UV-Strahlen benützt werden, um nicht die Gesundheit der Besucher zu bedrohen.

Das eingehende Studium der Lumineszenzeffekte wurde in den Schauhöhlen des Mährischen Karstes durchgeführt. Der Verfasser benützte als UV-Strahlenquelle eine Leuchte MSL-45 der Firma Ultraviolet Products Inc. San Gabriel, California, USA. Diese Leuchte emittiert Langwellenstrahlung mit einem Maximum bei 3650 Å und kurzwellige mit 89 Prozent der gesamten Energie bei 2536 Å. Die Untersuchungen wurden im Kurzwellenlicht ausgeführt, beobachtet wurden Fluoreszenz und Phosphoreszenz.

Zur Beobachtung der Phosphoreszenz wurde noch ein elektronisches Blitzlichtgerät TR-64 mit Farbtemperatur 5800<sup>0</sup> K, Blitzdauer 1/600 Sekunde und Leitzahl 28/21<sup>0</sup> DIN herangezogen. Das Blitzlicht emittiert ein Bandspektrum von 3100 bis 5000 Å. Das Nachleuchten wurde mit einer Stoppuhr, die Intensität der Fluoreszenz mit einem Belichtungsmesser Weimarlux cds gemessen. Die relative Intensitätsmessung wurde in sogenannten <sup>0</sup>WL, d. h. Leitzahlen in geometrischer Reihe mit Quotient 2, angegeben.

An zahlreichen Höhlensintern, an Bergmilch und Tropfsteinen wurden die Helligkeit der Eigenfarbe, die Intensität der Fluoreszenz und die Nachleuchtedauer aus verschiedenen Bestrahlungsentfernungen mit UV-Strahlen und Fotoblitzen gemessen (J. Slačik 1973). An dieser Stelle sollen nur die allgemeinen Ergebnisse angeführt werden.

Die Intensität der Fluoreszenz ist ziemlich proportional zur Helligkeit der Eigenfarbe. Dieses Verhältnis kann nur dann als bestimmend angenommen werden, wenn man die Eigenfarbe abhängig vom Vorhandensein von Eisenoxid- oder Lehmüberzügen betrachtet.

Das Verhältnis zwischen der Intensität der Langwellenfluoreszenz und Nachleuchtedauer, mit Blitzlicht erregt, zeigt eine sehr große Varianz. Das dürfte darauf zurückzuführen sein, daß beide Effekte von jeweils verschiedenen Aktivatoren abhängig sind.

Die Nachleuchtedauer (D) folgt im Verhältnis zur Entfernung des Blitzlichtes (d) sehr genau der Funktion:

$$D = f(\log d)$$

Aus der graphischen Darstellung gehen die geeignetsten Objekte für die Phosphoreszenzbeleuchtung hervor. Die Nachleuchtedauer bei Benützung des Fotoblitzes ist allgemein etwas höher als bei der Beleuchtung mit UV-Leuchte.

Neben den erwähnten Forschungen an einzelnen Tropfsteinen, Sinterbildungen und Kalziten wurden eingehende Rekognoszierungen der gesamten Höhlenszenarien durchgeführt. Dazu soll einiges gesagt werden.

Die intensiven Fluoreszenzeffekte von Sinter und Tropfsteinen werden mitunter bei Auftreten von Wasserflächen verstärkt, öfter aber durch das Vorhandensein der Reflexion der violetten Strahlen der UV-Quelle sowie durch intensive Fluoreszenz der elektrischen Installationen (Gehäuse, Schaltkasten, Kabel), Geländeranstriche und anderer störender Objekte entwertet. Bei einer etwaigen technischen Vorbereitung von UV-Beleuchtungsanlagen im Schauhöhlenbetrieb ist es unbedingt nötig, eine Detailuntersuchung über alle störenden Einflüsse im Bereich der fluoreszierenden Objekte vorzunehmen.

#### *Balcarka-Höhle*

Obwohl es in dieser Höhle sehr schöne Tropfsteinbildungen gibt, ist es nicht gelungen, geeignete Stellen für eine Installation von UV-Leuchten zu finden. Die Intensität der Lumineszenz der Sinterbildungen ist ziemlich klein, was wahrscheinlich auf die Tatsache zurückzuführen ist, daß die Höhle sehr nahe an der Erdoberfläche liegt (Lumineszenzgiftbezüge!). Die Fluoreszenz ist aus 10 Meter Entfernung kaum wahrnehmbar.

#### *Höhlensystem von Sloup-Sosuvka*

In diesem Höhlensystem sind sehr interessante Sinterbildungen und Bergmilch mit hoher Fluoreszenzintensität vorhanden; es fehlt aber an Attraktivität. Sehr oft gibt es Sinterüberzüge ohne Tropfsteine, was eine zu monotone Fluoreszenz bietet. Der Erwähnung wert ist der „Gang zum Silbernen Felsen“, dessen komplette UV-Beleuchtung eine phantastische Schau gewähren könnte. Die Stalagmitenpartie Hájek hat die längste Nachleuchtedauer und wäre daher zur Beobachtung von Phosphoreszenz sehr geeignet.

#### *Katharinenhöhle*

Die großen Räume in dieser Höhle wirken sehr dunkel und kontrastlos. Die Kalksteinblöcke in der Mitte reflektieren violette Strahlen

und gleichen hinsichtlich dieser Intensität der schwachen Fluoreszenz der hie und da vorkommenden Sinterbildungen. Dennoch wurden drei Stellen gefunden, die für eine lokale Illumination mit UV-Leuchten geeignet wären. Komplikationen bestehen in der Notwendigkeit, die normale Beleuchtung auszuschalten, was in großen Räumen ziemlich schwer ist.

### *Alte Ochozer Höhle*

Die Ochozer Höhle nimmt im Mährischen Karst eine Ausnahmestellung ein. Diese ist dadurch bedingt, daß in fast allen zugänglichen Räumen sehr guter Kontrast herrscht. Die Intensität der Lumineszenz ist ziemlich hoch und noch bei Beleuchtung aus 15 bis 25 Meter gut wahrnehmbar. Der Boden besteht aus Lehm, Sand und Schotter und hat keine störenden Betonsteige und Geländer. Lehm, Sand und Schotter absorbieren violette und UV-Strahlen, so daß der Endeffekt ganz dunkle Flächen neben intensiver Lumineszenz sind.

Die Führung ist so, daß man den Hin- und Rückweg auf fast derselben Trasse macht. Daher wäre es möglich, den ersten Weg mit UV-Beleuchtung, den zweiten mit normaler Beleuchtung auszustatten.

### *Punkvahöhlen*

In den eigentlichen „trockenen“ Punkvahöhlen sind nur zwei Stellen zur UV-Beleuchtung geeignet, davon eine im Vorderen Dom, wo Komplikationen mit wechselnder Beleuchtung vorkommen können. Die geeignetste Szenerie im ganzen Mährischen Karst bietet der Märchendom bei der Punkvafahrt. Dieser Dom entspricht allen obengenannten Anforderungen für die Zweckmäßigkeit einer Installation von UV-Leuchten. Die sehr effektiven Kontraste sind überdies mit einer langen Nachleuchtdauer kombiniert, so daß ein sogenannter Kulisseneffekt, d. h. ein allmähliches Erlöschen der Phosphoreszenz von Tropfsteinsäulen und Sinterbildungen in verschiedener Entfernung, sehr ausdrucksvoll wird.

#### *Schrifttum:*

- Bamber H. A. (1952): Phosphorescence in Caves. *Cave Science*, Vol. 2, 366.  
Barsanov G. P., Seveleva V. A. (1952): Materialy po izučeniju ljuminiscencii miněralov. *Trudy Mineralogičeskovo muzea AN SSSR*, vyp. 4, 1952, vyp. 5, 1953, vyp. 6, 1954.  
Brown W. L. (1934): Fluorescence of Magniferous Calcites. *Univ. Toronto Stud. Geol. Ser. No 36*, 45.  
Burkhardt R., Nesrsta R. (1970): Luminiscenční jevy u krápníku. *Sborník OVM Blansko 2*, str. 57.  
Dittrich G. (1958/59): Lumineszenzbeobachtungen an Calciten aus dem oberen Donautal. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 11, 5, 218. Bonn.  
Dittrich G. (1959 a): Höhlenminerale unter der Quarzlampe. *Der Aufschluß* 10, 2, 32.  
Dittrich G. (1959 b): Liechtensteiner Minerale in der Quarzlampestrahlung. *Bergheimat 1959*, Zeitschrift des Liechtensteiner Alpenvereines.

- Fonda G. R. (1940): The preparation of fluorescent Calcite. *Journ. Phys. Chem.* 44, 435.
- Gleason S. (1972): *Ultraviolet Guide to Minerals.*
- Haberlandt H. (1940): Neue Ergebnisse der Lumineszenzanalyse an Mineralien mit organischen Beimengungen in ihrer geochemischen Bedeutung. *Chemie der Erde*, Vol. 13, 212.
- Haberlandt H. (1944): Porphyrinkomplexverbindungen als färbende Einlagerungen in hydrothermalen Kalkspatkristallbildungen. *Wien. Chem. Ztg.* Vol. 47, Nr. 7/8.
- Headden W. P. (1923): Phosphorescence and Luminiscence in Calcites. *Amer. Journ. Sci. Ser. 5*, 5, p. 314.
- Henne P., Krauthausen B. (1965): Ein Beitrag zur Klärung der Phosphoreszenzerscheinungen bei Tropfsteinen. *Die Höhle* 16, 1.
- Holzbecher Z. (1957): *Luminiscenční analýza.* Praha 1957.
- Ingalis H. (1953): Phosphorescent formations in Whiting's Neck Cave, Va. *The Nat. Spel. Soc. News* 11, 7, Trenton.
- Köhler A., Leitmeier H. (1953): Das Verhalten des Kalkspates im ultravioletten Licht. *Zentralblatt für Mineralogie etc.* 1953, Abt. A, No. 12, S. 401.
- Kropačev A. M., Gorbunova K. A., Fedorov V. M. (1970): Ljuminiscencija vtoričnovo kalcita Divjeje peščory. *Peščory*, vyp. 8-9, Perm.
- Lieber W. (1957): Die Fluoreszenz von Mineralen. 5. Sonderheft zur Zeitschrift „Der Aufschluß“. Heidelberg.
- O'Brien B. J. (1956): „After-glow“ of cave calcite. *The Nat. Spel. Soc. Bull.* 18, 50, Washington.
- Palache Ch. (1928): The phosphorescence and fluorescence of Franklin minerals. *Amer. Min.* 13, 330.
- Pátek K. (1962): *Luminiscence.* SNTL Praha.
- Pill A. L. (1954): Radioactive Minerals and Cave. *Cavescience* Vol. 4, No. 22, p. 286.
- Preobraženskij I. A., Sarkisjan S. G. (1954): *Minerály osadočných porod.* Moskva 1954.
- Przibram K. (1955): Verfärbung und Lumineszenz. *Beiträge zur Mineralphysik.* Wien 1955.
- Przibram K. (1956): *Irradiation Colours and Luminiscence.* London Pergamon Press.
- Przibram K. (1958): Fluorescence of absorbed water. *Nature* 182, 520.
- Przibram K. (1959 a): Über die weite Verbreitung einer bläulichen Fluoreszenz organischen Ursprunges. *Naturwiss.* 46, S. 666.
- Przibram K. (1959b): Atmospheric dust and fluorescence. *Nature* 183, p. 1048.
- Przibram K. (1960): Fluorescence of organic traces in anorganic substances. *Nature* 188, p. 657.
- Rost R. (1948): Světélkování nerostu. *Příroda* 41, 1, 1.
- Rost R., Tuček K. (1944): Manganocalcite from Příbram. *Rozpravy České Akad.* 54, No. 11.
- Slačík J. (1971): Příspěvek k fotoluminiscenci vápencu a kalcitu Moravského krasu. *Sborník OVM Blansko* 3, str. 21.
- Slačík J. (1972): Studium fotoluminiscence v některých jeskyních Moravského krasu. *Sborník OVM Blansko* 4.
- Slačík J. (1973): Praktické využití fotoluminiscence v jeskyních Moravského krasu. *Speleologický věstník* 1, Brno.
- Trdlička Z. (1964): Příspěvek k fotoluminiscenci žilných manganatých karbonátů z ČSSR. *Acta Universitatis Carolinae. Geologica* No. 3, p. 181.
- Trimmel H. (1972): Mündliche Mitteilung.
- Witteborg W. (1952): Die minerogenetische Bedeutung der Lumineszenzerscheinungen des Kalkspates. *Zentralblatt für Mineralogie etc.*, 1952, S. 364.



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Die Höhle](#)

Jahr/Year: 1973

Band/Volume: [024](#)

Autor(en)/Author(s): Slacik Josef

Artikel/Article: [Photolumineszenz in den Höhlen des Mährischen Karsts 116-123](#)