

PETR KÜHN*

ZUR ENTSTEHUNGSTEMPERATUR DER ZINKBLENDE

Zusammenfassung: Verfasser studierte die Homogenisationstemperaturen der Zweiphaseneinschlüsse in Zinkblenden aus Banská Štiavnica und Horní Město im Zusammenhang mit der Farbe des Minerals. Die Homogenisationstemperaturen der sekundär-primären und primären Einschlüsse in gelben bis braunen Zinkblenden der angeführten Fundorte liegen im Intervall von 110 bis 322 °C. Der Verfasser kommt auf Grund seiner Messergebnisse und der Angaben aus dem Schrifttum zum Schluss, dass es keinen direkten Zusammenhang zwischen der Farbe der Zinkblende und ihrer Homogenisationstemperatur gibt; der Eisengehalt, und also auch die Farbe des Minerals, hängt wahrscheinlich noch von einer Reihe anderer Faktoren ab.

Dem Studium der Kristallisationstemperaturen der Zinkblende wird in der letzten Zeit eine erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt, da sie als eine der bedeutendsten Charakteristiken der physikalisch-chemischen Bedingungen bei der Entstehung hydrothermaler Lagerstätten angesehen werden. In diesem Zusammenhang wird angeführt, dass auch die Farbe der Zinkblende als Kriterium der Entstehungstemperatur der Lagerstätten dienen kann, da licht- bis honiggelb gefärbte Zinkblenden charakteristisch für niedrig temperierte Lagerstätten sind, während die Zinkblende der höher temperierten Vorkommen regelmässig dunkel, braun bis schwarz gefärbt ist.

Diese Farbunterschiede werden durch isomorphe Vertretung von Zink durch Eisen im Zinkblendegitter verursacht. G. Kullerud (1953) hat sich als erster mit dem Studium des Systems FeS (Magnetkies) — ZnS (Zinkblende) beschäftigt und hat die Grenze, bis zu der bei gegebener Temperatur das Zink im Zinkblendegitter durch Eisen vertreten werden kann, bestimmt. Die so erkannte Gesetzmässigkeit hat er zur Bestimmung der Kristallisationstemperatur einiger Zinkblenden benutzt (G. Kullerud 1953, G. Kullerud, H. Neumann 1953). Seine Ergebnisse, und auch die einiger anderer Autoren, die gleichfalls versucht haben, diese Methode zur Temperaturbestimmung zu benutzen (z. B. F. Novák, M. Kvaček 1964, u. a.) geben allerdings Temperaturen, die nicht mit den Intervallen, in denen die hydrothermalen Lagerstätten entstehen konnten, übereinstimmen und teilweise sogar erheblich höher liegen.

Zur Bestimmung der Kristallisationstemperaturen werden auch noch zwei andere Methoden benutzt: die Dekrepitationsmethode und die Methode der Messung der Homogenisationstemperaturen von Zweiphaseneinschlüssen (siehe Z. B. G. Smith 1956). Diese letztere ist schon früher mit Erfolg bei Zinkblenden angewandt worden (W. H. Newhouse 1933), und hat sich später beim Studium von Zinkblenden einer grossen Beliebtheit erfreut.

Unlängst hat sich mit der Bestimmung der Homogenisationstemperaturen von Zweiphaseneinschlüssen in Zinkblenden C. Varček (1965) befasst, der so die Kristallisationstemperaturen der Zinkblenden einiger unserer und ausländischer Lagerstätten, besonders von Banská Štiavnica, bestimmt hat. Auf Grund seiner Messungen kommt er zum Schluss, dass die Kristallisationstemperaturen der Zinkblende direkt proportional der Farbe des Minerals ist, und führt für verschieden gefärbte Zinkblenden folgende Intervalle der Homogenisation der Zweiphaseneinschlüsse an:

hell gefärbte	100—180 °C;
braune	180—260 °C;
dunkelbraune	260—290 °C;

* Dr. P. Kühn, Institut für Mineralogie, Petrographie und Geochemie, Montanistische Hochschule, Ostrava 5, Hladnovská 9.

für schwarze Marmatite nimmt er Kristallisationstemperaturen von über 300 °C an.

Ich habe ebenfalls die Homogenisationstemperaturen von Zweiphaseneinschlüssen der Zinkblende gemessen (P. K ü h n 1962); meine Befunde decken sich allerdings nicht mit den Ergebnissen C. V a r č e k's. Ich habe vor allem hellgefärbte gelbe und braune Zinkblenden von Banská Štiavnica und Horní Město studiert (siehe Tab. 1). Gleich auf den ersten Blick fällt auf, dass ich z. B. bei hellgelben Blenden Temperaturen gemessen habe, die weit den von C. V a r č e k angegebenen Temperaturintervall überschreiten. Bei hellbraunen Blenden ist die Situation dieselbe; bei einer hellbraunen Blende vom Bieber Hauptgang habe ich sogar an einer grossen Anzahl von Einschlüssen die höchste Temperatur, die bisher an Zinkblenden mit dieser Methode bestimmt worden ist, gemessen (322 °C, siehe Tab. 1, Zeile 9).

Die Homogenisationstemperaturen der Zinkblende vom Schacht Jaromír in Horní Město sind gleichfalls interessant. Es handelt sich hier um zonar gefärbte, unregelmässig ausgebildete Kristalle aus einem Drusenhohlraum. Die oberen Teile der Kristalle sind gelb, während die auf der Unterlage aufsitzenden Teile braun gefärbt sind; beide Zonen sollten also verschiedene Kristallisationstemperaturen haben. Es hat sich aber gezeigt, dass die Homogenisationstemperaturen der Einschlüsse aus den beiden verschieden gefärbten Zonen fast identisch sind und dass die heller gefärbte Zone sogar etwas höhere Temperaturen zeigt als die dunklere (in der gelben wurde 111–134 °C, in der braunen Zone 94–126 °C gemessen). Die dunklen Zonen dieser Kristalle sind auch unter dem Mikroskop deutlich zonar; nicht einmal hier konnte eine Abhängigkeit der Homogenisationstemperaturen von der Färbung der Zone, in der sich die gemessenen Einschlüsse befinden, festgestellt werden.

Aus den Veröffentlichungen anderer Autoren ergibt sich folgendes Bild (Literaturhinweise siehe z. B. P. K ü h n 1962, C. V a r č e k 1965): die Homogenisationstemperaturen bewegen sich für

hellgelbe bis gelbe Blenden im Intervall von	40 bis 277 °C.
hellbraune bis braune im Intervall von	110 bis 322 °C.
dunkelbraune im Intervall von	80 bis 280 °C.

Tabelle 1. Homogenisationstemperaturen von Zweiphaseneinschlüssen in Zinkblenden

Farbe	Fundort	Homogenisationstemperatur, °C
Banská Štiavnica		
Hellgelb	Bieber Hauptgang	147–183; 218–223
Gelb	Halde	176–217
Gelb	Spítalier Gang	179–187; 216–277
Hellbraun	Bieber Hauptgang	164–201
Hellbraun	Bieber Nebengang	226–260; 274
Hellbraun	Bieber Hauptgang	154–210; 239; 273–287
Hellbraun	Terezia	204–237; 253–288
Hellbraun	Bieber Hauptgang	161–168; 244; 264–291
Hellbraun	Bieber Hauptgang	150–166; 260–295; 308–322
Braun	Bránik-Stollen	175–177; 193–202; 241–262
Braun	Bieber Hauptgang	118–142; 163–192; 230–283
Horní Město		
Hellgelb	Jaromír II. Sohle	111–131
Braun	Jaromír II. Sohle	94–126

Es kommt also eine direkte Proportionalität zwischen der Farbe und der Homogenisationstemperatur der Zweiphaseneinschlüsse in Zinkblenden kaum in Betracht, und eine Bestimmung von Intervallen, in denen die Zinkblenden einer bestimmten Farbinintensität kristallisiert haben sollten, ist in grossem Masse unsicher. Die Farbe der Zinkblende hängt von der Menge des isomorph im Kristallgitter enthaltenen Eisens ab; diese Menge wird durch die obere Grenze der Mischbarkeit im System $\text{FeS}-\text{ZnS}$ bestimmt, die nach G. Kullerud (l. c.) nur dann erreicht werden kann, wenn sich bei gegebener Temperatur die Zinkblende im Gleichgewicht mit überschüssigem FeS , das als Magnetkies vorhanden sein muss, befindet. Die Menge von Eisen im Zinkblendegitter ist aber in jedem einzelnen Falle vor allem durch die relativen Konzentrationen der Ionen Fe^{++} und Zn^{++} in der Lösung im Augenblick der Entstehung der betreffenden Zinkblende bestimmt.

Der Eisengehalt im Zinkblendegitter sollte also entweder kleiner sein als die Grenze der isomorphen Mischbarkeit nach G. Kullerud (l. c.), oder er sollte höchstens diese Grenze erreichen können; die so nach dem Eisengehalt aus dem Diagramm von G. Kullerud bestimmten Kristallisationstemperaturen sollten dementsprechend niedriger oder gleich der wirklichen Kristallisationstemperatur sein. Wenn aber die so bestimmten Temperaturen höher als die vorgesehenen oder als die durch andere Methoden festgestellten sind (z. B. G. Kullerud, H. Neumann 1953, F. Novák, M. Váček 1964, u. a.), und wenn also die Eisenmenge im Zinkblendegitter höher als die maximale Grenze der isomorphen Löslichkeit nach G. Kullerud ist, muss daraus auf die Existenz weiterer Faktoren, die die isomorphe Löslichkeit von Fe im ZnS -Gitter beeinflussen, geschlossen werden. (In dieser Hinsicht müssen auch die Folgerungen der Wertung von G. Kullerud's Methode in P. Kühn 1962, S. 234, Punkt 3, revidiert werden.)

Einer der schwerwiegendsten Einwände gegen die Benutzung des Zustandsdiagrammes des Systems $\text{FeS}-\text{ZnS}$ nach G. Kullerud (l. c.) zur Bestimmung der Entstehungstemperatur der Zinkblende ist der, dass das Zustandsdiagramm unter Bedingungen bestimmt worden ist, die nicht mit den Entstehungsbedingungen der natürlichen Zinkblenden vergleichbar sind (es ist z. B. unter Ausschluss von Wasserdampf und Lösungsgenossen, die einen wesentlichen Bestandteil der hydrothermalen Lösungen bilden, u. a. bestimmt worden).

Schlussfolgerungen

Aus den bisher veröffentlichten Arbeiten über die Beziehungen zwischen Farbe und Kristallisationstemperatur der Zinkblende kann gefolgert werden, dass:

1. die Farbe der Zinkblende, die durch den Gehalt von isomorph gelöstem Eisen bedingt ist, nicht nur von der Kristallisationstemperatur, sondern auch von den gesamten physikalisch-chemischen Kristallisationsbedingungen, von denen wahrscheinlich die relativen Konzentrationen der Ionen Zn^{++} , Fe^{++} und HS^- in den Lösungen, aus denen die Zinkblende kristallisiert, die wichtigsten sind, abhängt. Daraus folgt, dass unseres Wissens;

2. kein direkter Zusammenhang zwischen Farbe und Kristallisationstemperatur der Zinkblende, so wie er von C. Váček (1965) vorausgesetzt wird, existiert.

SCHRIFTTUM

Kullerud G., 1953: The FeS-ZnS System a geological thermometer. Norsk geol. Tidsskrift 32, Oslo. — Kullerud G., Neumann H., 1953: The temperature of granitisation in the Rendalsvik area, Northern Norway. Norsk geol. Tidsskrift 32, Oslo. — Kühn P., 1962: Hohe Homogenisationstemperaturen von Einschlüssen der Zinkblenden von Banská Štiavnica (tschechisch). Sborn. věd. prací VŠB v Ostravě 8, Ostrava. — Newhouse W. H., 1933: The temperature of formation of the Mississippi Valley lead-zinc deposits. Econ. geol. 28. — Novák F., Kvaček M., 1964: Geochemie des Sphalerites vom Turkaňk-Gangzug im Kutná Hora-Erzrevier. Sborn. geol. věd, řada TG 4, Praha. — Smith F. G., 1956: Geologische Thermometrie nach Einschlüssen in Mineralen. (Russische Übersetzung, ergänzt von G. G. Lemmlejn.) Moskau. — Varček C., 1965: Beitrag zum Studium der Thermalität der Zinkblende. Geol. sborn. Slov. akad. vied 16, Bratislava.

Zur Veröffentlichung empfohlen von C. Varček.