

GRÉTA KMINIAKOVÁ, SOŇA KIPIKÁŠOVÁ*

DIE ELEKTRONENMIKROSKOPIE IN DER ERFORSCHUNG VON ERZSTRUKTUREN

(Abb. 1—9)

Kurzfassung: Die Autorinnen unterbreiten die Ergebnisse der struktur-textuellen Forschung von Erzmineralen. Diese wurde nach der Methode des elektrolytischen Ätzens durchgeführt. Die Auswertung der entwickelten Strukturen wurde sowohl unter dem Erz, als auch unter dem Elektronenmikroskop gemacht. Dadurch wurde eine tiefere Erkenntnis der Konsistenz von Erzmineralaggregaten gewonnen. Die Ergebnisse dokumentieren die Mannigfaltigkeit des Aggregat- und Strukturausbaus der Körner von Erzkristallen sowie idiomorpher Kristalle.

Резюме: Авторки подают в статье результаты структурно-текстурных исследований рудных минералов, которые проводились методом электролитического разъединения и определения получившихся структур с одной стороны под рудным, с другой стороны под электронным микроскопом. Таким образом было получено более глубокое представление консистенции минеральных агрегатов. Результаты демонстрируют разнообразие агрегатного и структурного строения зерен кристаллических рудных минералов как и идиоморфных кристаллов.

Als untrennbarer Bestandteil der Grundgesamtheit an Erkenntnissen, auf Grund deren die verschiedenen Aspekte der Genese von hydrothermalen Lagerstätten bewertet werden, gilt die Erforschung und Bewertung der struktur-textuellen Verhältnisse der Minerale.

Das Niveau unserer, bei der Erforschung gewonnenen Erkenntnisse, ist vom Gesamt-niveau, der zur systematischen Forschung in Anwendung zu bringenden Methoden abhängig.

Die Erkenntnisse über den struktur-textuellen Bau von Mineralen hydrothermaler Lagerstätten, werden gegenwärtig aus Makro- und Mikroforschungen gewonnen.

In den polierten Anschläften, anhand welcher die struktur-textuellen Erscheinungen von Erzmineralen mikroskopisch erforscht werden, pflegen die Aggregatescheinungen wenig ausdrucksvoll, gegebenenfalls infolge der Polierungsmethoden und der Anfertigung der Anschläge, häufig künstlich verwischt zu sein. Dabei wird bei gebräuchlicher Arbeit eine Entwicklung der Struktur systematisch nicht durchgeführt; diese orientiert sich nur auf Fälle mit besonderem Augenmerk. Deshalb sind in der mineragraphischen Forschung einige Methoden der Strukturätzung nur dürftig erarbeitet.

Eine komplexere Erforschung des struktur-textuellen Aufbaues erfordert die Gewinnung von Erkenntnissen höherer Präzision und Vergrößerung, als dies die gebräuchlich angewendeten Methoden der Erforschung der Struktur von Erzmineralen ermöglichen.

Die mikroskopischen Methoden werden durch das Auflösungsvermögen der jeweiligen Mikroskope bestimmt. Dieses ist durch die durchschnittliche Wellenlänge des sichtbaren

* Dipl.-Ing. G. Kminiaková, CSc., Chemische Abteilung des Technischen Museums in Košice, RNDr. S. Kipikášová, CSc., Geologische Abteilung des Ostslowakischen Museums in Košice.

Lichtes, die sich um ein halbes Mikron bewegt, gegeben. Bei der üblichen mineralographischen Forschung wird gewöhnlich nicht einmal die Erforschung von Mineralen bei maximaler Vergrößerung ausgenutzt. Für gewöhnlich werden reihenmäßig nur einige hundertfache Vergrößerungen verwendet. Tausendfache Vergrößerungen, die an der Grenze des Auflösungsvermögens von Lichtmikroskopen liegen, werden nur vereinzelt verwendet. Deshalb war bisher der Aggregatbau von Erzmineralen in kleineren Dimensionen als in mikroskopischen, also in submikroskopischen, zumal bei uns, fast unbekannt.

Die submikroskopischen Dimensionen werden durch die durchschnittliche Wellenlänge des Lichtes ($0,5 \mu\text{m}$) und die Ausmasse der elementaren Zellen des Grossteils von Mineralen (10 \AA) begrenzt. Bis zur Entwicklung des Elektronenmikroskops gab es keine Methode, anhand welcher Teilchen von Millimikrometernmaßstab direkt betrachtet, bzw. photographiert hätten werden können.

Die Erforschung des Aggregatbaus von Erzmineralen in diesen Dimensionen, befindet sich noch im Stadium der Entwicklung, weil die Methodik der Elektronenmikroskopie in die struktur-texturellen Forschungsarbeiten noch nicht zur Genüge durchgedrungen ist. Der Mangel an Forschungen und die Unvollständigkeit der Erkenntnisse in dieser Richtung, ermöglichen die Erhaltung der traditionellen Vorstellungen vom homogenen und vereinfachten monokristallinischen Charakter von Körnern kristalliner Aggregate sowie idiomorpher Kristalle der Minerallagerstätten. Auf einer solch idealisierten Vorstellung beruhen auch einige Ansichten von der Mineralgenese.

Die Methodik der Forschung

Der tieferen Erforschung des Aggregatbaus von Mineralen der Lagerstätten, und parallel mit dieser Forschung auch der Erarbeitung methodischer Verfahren, widmen sich die Verfasserinnen dieses Beitrags bereits mehrere Jahre. Sie widmeten sich zumal:

1. der Erarbeitung von Entwicklungsmethoden der Strukturerscheinungen von Erzmineralen;

2. den Forschungsmethoden, beruhend auf höherem Auflösungsvermögen, zumal unter dem Elektronenmikroskop.

Die Entwicklung der Struktur durch Anätzung beruht im Grunde darauf, dass das verwendete Reagens, durch dessen Einwirkung auf die Probe, eine Ausprägung jener Stellen ermöglicht, an welchen die regelmässige Anordnung des Kristallgitters gestört ist, bzw. jener Stellen, an welchen sich ausnahmslos fremdartige Bestandteile, Teilchen, Unreinheiten u. a. m., befinden. Diese Abschnitte widerstehen nämlich den Einflüssen des Reagens unterschiedlich, da sie durch unterschiedliche Kräfte gebunden werden, als dies bei kontinuierlichen Strukturgittern der Fall ist. In einigen Fällen wird zur Entwicklung der Körnigkeit von Kristallaggregaten die verschiedenartige Löslichkeit der Körner in Abhängigkeit von der Orientierung des Kristallgitters zur Schleiffläche ausgenutzt. In anderen Fällen wiederum nutzt man die Tatsache, dass sich die einzelnen Strukturteilchen, selbst ein und dasselben Minerals, durch ihr verschiedenartiges elektrochemisches Potential unterscheiden.

Sofern die Autorinnen zur Entwicklung des Aggregatbaus von Erzmineralen die Strukturanätzung verwendeten, bewährte sich bei der systematischen Forschung die elektrolytische Ätzung anhand des Gerätes „Elypovist“ der Firma Zeiss. Die Anwendung dieses Gerätes bewies sich bei der Entwicklung verschiedenartiger Strukturbau bei Erzmineralen deshalb als günstig, da es die direkte Beobachtung des Ätzungsvorganges,

sowie eine feine Regulierung der Bedingungen ermöglicht. Es ermöglicht die gleichzeitige Anfützung von verschiedenartig widerstandsfähigen Strukturen, gegenüber dem Ätzmittel, und zwar durch die Wahl von geeigneten Bedingungen (Reagens, dessen Konzentration, Spannung, Ätzdauer u. a. m.), sodass die Entwicklungsintensität in geeigneter Richtung beeinflusst werden kann. Geätzt wird im Milieu des strömenden Reagens. Die Geschwindigkeit der Strömung kann kontinuierlich geändert werden. Die Ätzungsabfälle werden laufend abgeschwemmt und es ist so eine gleichmässige Konzentration des Reagens gewährleistet. Die Bedingungen der Ätzung können selbst während des Ätzungsganges in der gewünschten Richtung geändert, genau bestimmt und prompt eingehalten werden.

Diese Art von Entwicklung der Struktur erlaubt es, nach Gewinnung einiger Erfahrung, ein soleb qualitatives Niveau zu erlangen, sodass es möglich ist, diese in einem gesamten Intervall von Mikrovergrösserungen auszuwerten und auch eine kontinuierliche Erforschung der Submikrodimensionen anhand der Elektronenmikroskopie durchzuführen. Als Präparate zur elektronenmikroskopischen Erforschung des Baues der Struktur von Erzmineralen, wurden ein- und zweistufige Abdrücke verwendet. Diese wurden von markierten Stellen der mikroskopisch studierten Anschlüsse angefertigt. Zuerst wurden diese bei minimaler Vergrösserung des Elektronenmikroskopes, welche sich mit den maximalen des optischen Erzmikroskopes deckt, perlustriert. Zu stärkeren Vergrösserungen wurde, je nach Bedarf, allmählich übergegangen.

Dieser methodische Zutritt wurde systematisch angewendet. Die elektronenmikroskopische Erforschung der Strukturen von Erzmineralen birgt mehrere Vorteile, die folgendmassen zusammengefasst werden können:¹

1. Sie ermöglicht bestens ein Anknüpfen an die bisherigen mineragraphischen und andere Erkenntnisse vom struktur-texturellen Bau von Erzmineralen.
2. Weiters ermöglicht sie die bisherigen Erkenntnisse der Mikrostruktur durch die Kenntnis deren Baues in Submikrodimensionen zu vertiefen (bis zu sechzigtausendfache Vergrösserungen) und somit die Interpretationen, die grundsätzlich auf mikroskopischen Erkenntnissen beruhen, zu beglaubigen.
3. Die bisher bekannten mikroskopischen Beobachtungen können der Entwicklung einer neuen Methodik dienlich gemacht werden, wobei eine Konfrontation der Ergebnisse möglich ist.
4. Die Kontinuität der Forschung unter dem Elektronenmikroskop mit der mikroskopischen Forschung ermöglicht nicht nur ein komplexeres Verständnis der submikroskopischen Erscheinungen, sondern auch eine in sich abgeschlossene Beurteilung der unter dem Erzmikroskop gemachten Beobachtungen über die Strukturercheinungen, was aus der perfekten Kenntnis deren Baues in Submikrostrukturdimensionen resultiert.
5. Die Komplexität und Zuverlässigkeit der gewonnenen Ergebnisse steht im günstigen Verhältnis zur der Vorbereitung und dem Studium der Proben, gewidmeten Zeit.

Aus diesen Gründen betrachten die Verfasserinnen gegenwärtig dieses methodische Verfahren, zur Erforschung von Erzmineralen, als das geeignetste und zuverlässigste.

¹ Eine eingehende Analyse der Forschungsmethodik vom Standpunkt der Lösung von Fragen der Verfahrenswahl, deren Möglichkeiten, sowie eine detaillierte Analyse der Präparatzubereitung wurde von den Autorinnen bereits in mehreren Arbeiten veröffentlicht. Es sind dies zumal: S. Kipriaková, G. Kminiačková (1966); G. Kminiačková (1957).

Erkenntnisse vom Aggregatbau der Minerale

Bei der Erforschung des struktur-textuellen Baues von Mineralen, werden im Einklang mit den gebräuchlichen Arten verfolgt:

1. Die innere Morphologie — der innere Bau der einzelnen Kristalle, bzw. der Körner von Kristallaggregaten (beispielsweise der zonale Bau, die Verdoppelung, der Mosaikbau und andere Defekte).

2. Die äussere Morphologie — die äusseren Strukturerscheinungen der Körner wie Gestalt, Grösse, räumliche Anordnung der Körner im Aggregat, als auch die gegenseitigen Verhältnisse der Minerale.

Es zeigte sich, dass die Begriffe von der inneren und äusseren Morphologie recht relativ sind, weil unsere Bewertung, ob der inneren oder der äusseren Morphologie von der Empfindlichkeit der jeweiligen Beobachtungsmethoden abhängig ist.

Laufend wurde von den Autorinnen beobachtet, dass Kristallabschnitte, die bei mikroskopischen Vergrösserungen als „Körner“ in Erscheinung traten, sich bei elektronenmikroskopischer Vergrösserung als Aggregate kleinerer kristalliner Diskontinuitäten, Körner herausstellten, von denen jedes gewöhnlich noch eine weitere innere Gliederung aufwies.

Diese Beobachtung sei an einem Beispiel belegt. In Abbildung 1 ist ein einige Mikrometer grosser Teil eines kristallinen Tetraedritkornes zu sehen, der im Lichtmikroskop als Zehntelmillimeter grosser Abschnitt eines Kornes kristallinen Tetraedrits in Erscheinung tritt. In Abb. 1, bei der eine ungefähr 20-tausendfache Vergrösserung im Elektronenmikroskop angewendet wurde, kann mit Bestimmtheit festgestellt werden,

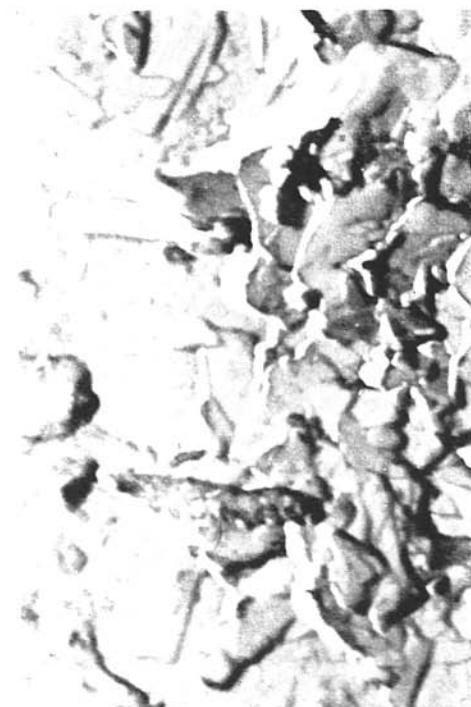


Abb. 1. Submikroskopische Struktur eines Tetraedritkornes. Den kristallographischen Begrenzungen des aggregaten Baues, der sich an der rechten Seite der Abbildung konzentriert zufolge, kann geschlossen werden, dass es sich um Inklusionen von Arsenopyritkristallen handelt. Stellenweise können auch kollomorphe Gebilde unterschieden werden. Elektrolytisch geätzt, Reagens HCl. Zweistufiger Abdruck, Kohlenstoffaufdampfung. Ungefähr 20 000 \times vergrössert.

Sämtliche Photographien wurden angefertigt von S. Kipíkásová, G. Kmíniková. Die Proben entstammen dem Gang Křízová bei Gelnica.

dass es sich hierbei keinesfalls um ein homogenes Korn, sondern um ein Aggregat von reihenmässig einige Millimikrometer messender Diskontinuitäten handelt. Es lassen sich idiomorphe, bzw. hypidiomorphe Kristalle, deren Gesamtmorphologie Arsenopyrit bekunden, unterscheiden. Diese sind eng von abgerundeten Teilchen überwachsen u. ä. m.

Die Forschungen haben gezeigt, dass ein ähnlicher, verschiedenartiger Aggregatabau bei submikroskopischen Dimensionen von Erzmineralen keinsfalls eine Ausnahme bildet.

Durch kontinuierliche Strukturbeobachtungen in einem Gesamtintervall an Grössen-dimensionen wurde nicht nur eine Reihe gänzlich neuer Erkenntnisse und bisher unbekannter Strukturerscheinungen gewonnen, sondern es wurde auch der Gesamteharakter des polykristallinen, d. i. des aggregaten Baues von Erzmineralen, tiefer begriffen.

Wie bekannt, ist es bei vielen Erzmineralen praktisch unmöglich, blos mittels mikroskopischer Forschung an polierten Anschliffen, den Strukturbau zu erkennen. Dies gilt sowohl für isotrope als auch für anisotrope Minerale. Als Beispiel sei hier der Chalkopyrit angeführt. Bei diesem Mineral können verhältnismässig selten die Erscheinungen einer Anisotropie beobachtet werden, die selbst in Immersion häufig äusserst schwach zu sein pflegen. Ein polykristalliner Bau wird erst nach Anwendung einer geeigneten Entwicklungsmethode der Strukturerscheinungen, bei geeigneten Forschungsmethoden, offenbar.

Als Beispiel diene globularer Chalkopyrit. In Abbildung 2 ist ein solcher Chalkopyrit bei geläufig verwendeter (reihenmässig hundertfacher), Mikrovergrösserung zu sehen. Obwohl diese richtig entwickelt wurde sieht man, dass auf diese Art am Chalkopyrit nur unregelmässig gruppierte, verschieden intensive Schwärzungen, krumme Rillen u. a. m. zu erkennen sind. Bei tausendfachen Vergrösserungen (Abbildung 3) die sich an

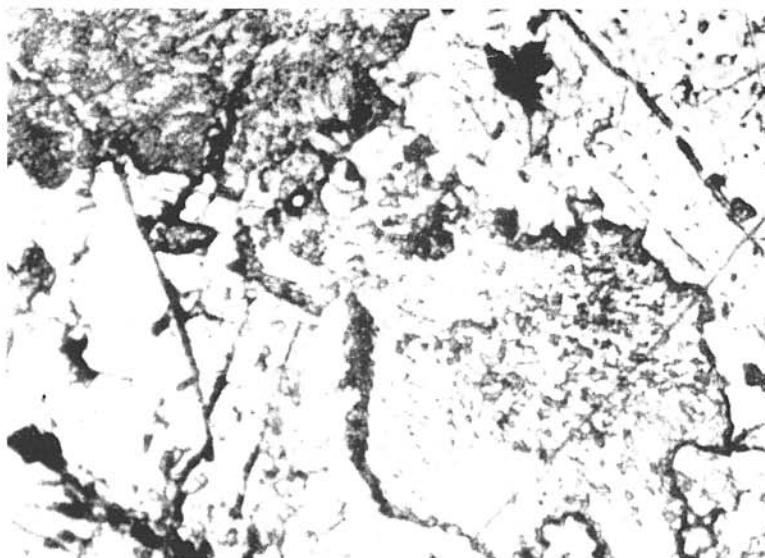


Abb. 2. Mikroglobularer Chalkopyrit, angefertigt bei niedrigeren Mikrovergrösserungen. Siehe auch Abb. 3, verfertigt von dem selben Chalkopyrit-Strukturtyp, bei maximaler Mikrovergrösserung, Anschliff, Elektrolytisch geätzt, Reagens HCl, Umgfahr 180 X vergrössert.

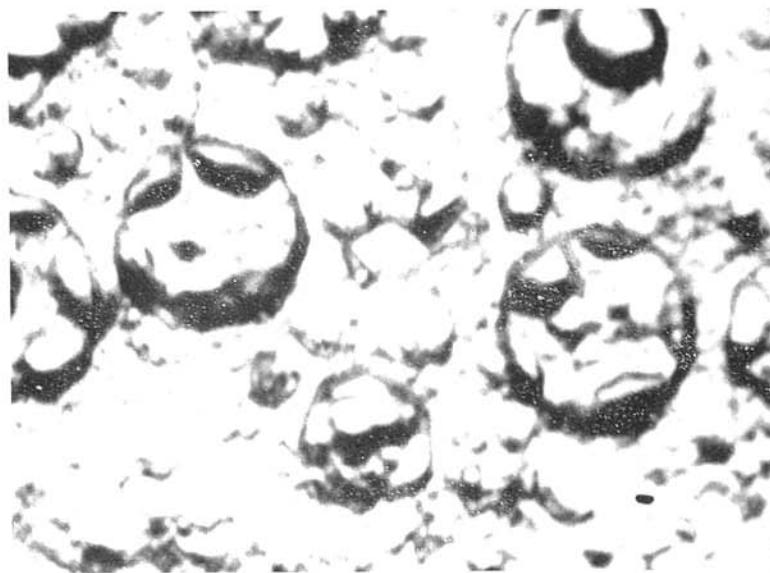


Abb. 3. Bild mikroglobulären Chalkopyrits, verfertigt bei maximalen Mikrovergrösserungen. Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass die Ausmasse der Globulen im Intervall zwischen hundertstel und tausendstel Millimeter schwanken. Anschliff, Elektrolytisch geätzt, Reagens HCl. Ungefähr 27 000 \times vergrössert.

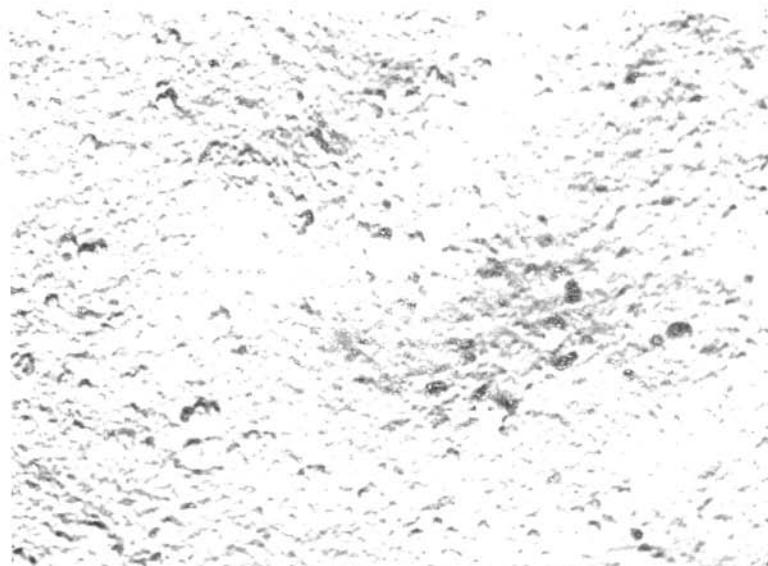


Abb. 4. Sulomikroskopische Struktur des Chalkopyrits. Aus der Abbildung ist der globulare Bau ersichtlich, wobei die Ausmasse der Globulen hundertstel Millimikrometer nicht übersteigen. Zweistufiger Abdruck, Kohlenstoffaufdampfung, Elektrolytisch geätzt, Reagens HCl. Ungefähr 36 000 \times vergrössert.



Abb. 5. Submikroskopische Struktur des Chalkopyrits, die als Blockbau charakterisiert werden kann. Zweistufiger Abdruck, Kohlenstoffdampfung. Elektrolytisch geätzt. Reagens HCl. Ungefähr 36 000 X vergrössert.

der Grenze des Auflösungsvermögens von Lichtmikroskopen bewegen, kann festgestellt werden, dass es sich um Chalkopyrit mit globularer Struktur handelt. (Die Ausmasse der Globulen schwanken grösstenteils zwischen hundertstel und tausendstel Millimeter.)

Die Bereicherung der Strukturforschung durch die kontinuierliche Erkenntnis einer weiteren Dimensionsreihe, die der Lichtmikroskopie unzugänglich ist — die submikroskopische — ermöglicht es, unsere Kenntnis vom Gesamtecharakter des Aggregatbaues von Erzmineralen noch mehr auszudehnen. Soherart wurde festgestellt, dass Abschnitte (Blöcke, Globulen, Körner und ä.), die mikroskopisch als einheitlich betrachtet werden, gewöhnlich aggregative Gruppierungen Millimikronen grosser Diskontinua sind.

Zur Illustration kann auch die obenangeführte elektronenmikroskopische Abbildung (Abb. 4) dienen. Es können auch Beispiele submikroskopischen aggregaten Baues von Chalkopyrit angeführt werden. In Abbildung 5 kann der submikroskopische globulare Bau beobachtet werden. Die Ausmasse der Globulen im angeführten Beispiel übersteigen einige Millimikrometer nicht. Weiters wäre hier der Blockbau des Chalkopyrits (Abbildung 5) zu erwähnen. Auch der kornförmige Pyrit (Abbildung 6) und dessen submikroskopische Erscheinung (Abbildung 7) verdienen der Erwähnung.

Bei Konsultationen Herrn Doz. Dr. C. Várhelyi, C.Sc., betreffs der gewonnen Resultate wurden die Verfasserinnen dieses Beitrags von jenem wiederholt und in verschiedenen Zusammenhängen, auf eine interessante Erscheinung aufmerksam gemacht: der aggregate Bau ähnelt in seinem Submikraausmass durch dessen Verschiedenartigkeit der struktur-textuellen Erscheinungen jenen, die wir aus Mikro- und Makrobeobachtungen kennen.

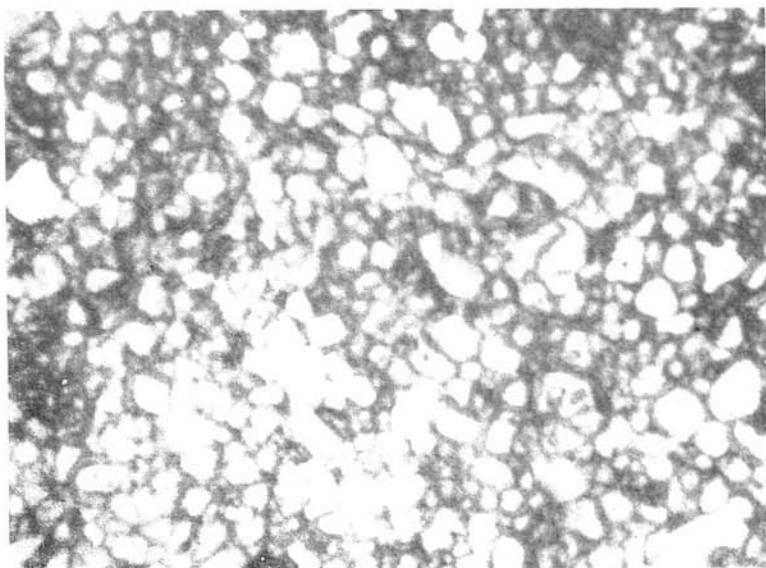


Abb. 6. Körnerförmiger Bau eines Pyritaggregates. Anschliff, Elektrolytisch geätzt, Reagens HCl 1 : 1 + CrO₃. Ungefähr 2200 X vergrössert. Siehe auch Abb. 7.

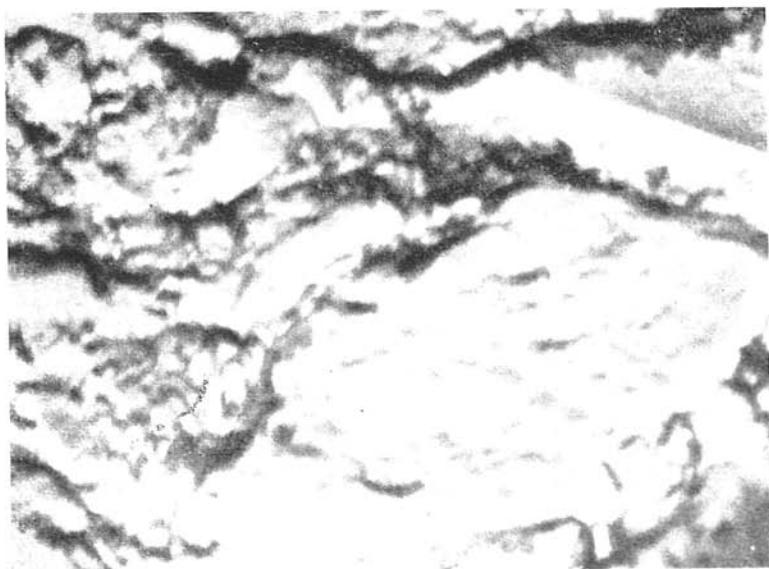


Abb. 7. Pyrit. Die Grenzen der Körner im Pyritaggregat (Abb. 6) stellen ein feineres Aggregat kleiner Körnchen unregelmässiger Formen dar. Im Relief der grösseren Körner ist eine weitere strukturelle Gliederung der Oberfläche zu bemerken. Elektrolytisch mit HCl + CrO₃ geätzt, Einstufiger Kohlenstoffabdruck. Ungefähr 18 000 X vergrössert.

Die aggregate Struktur von idiomorph begrenzten Kristallen

Im Verlaufe der Arbeit gelangten die Verfasserinnen zu der Ansicht, dass der verschiedenartige Aggregatbau nicht nur bei Körnern kristalliner Aggregate, gegenbenenfalls anderer morphologischer Bestandteile, wie kollomorpher Gebilde, Globulen u. a. die Regel bildet, sondern auch bei idiomorph begrenzten Kriställchen.

Dabei bildet gegenwärtig noch häufig die äussere idiomorphe Begrenzung den Hauptbeweis für die Voraussetzungen vom monokristallinen Charakter, wie auch für die Schlussfolgerungen, die auf dieser Voraussetzung beruhen. In diesem Zusammenhang seien die Ergebnisse der Erforschung des Pyrits angeführt, der an hydrothermalen Lagerstätten häufig idiomorph begrenzt vorgefunden wird.

Der Blockbau², der für einige reale monokristalline Stoffe in Mikro- und Submikrodimensionen charakteristisch ist, kam bei den idiomorphen Kriställchen des Pyrits nur

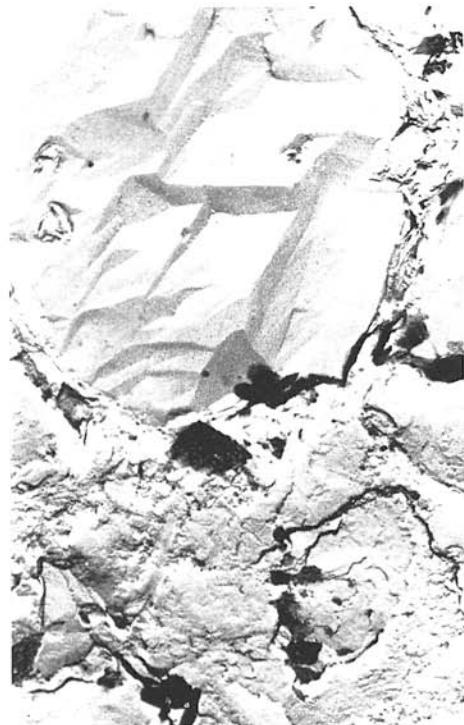


Abb. 8. Submikroskopischer aggregater Bau eines idiomorphen Pyritkristalls. Aus der Abbildung sind die Übergänge vom Blockbau zu unregelmässigem aggregatem Bau im Rahmen des Kristalls zu ersehen. Kohlenstoffabdruck, Elektrolytisch geätzt, Reagens HCl. Ungefähr 6500 X vergrössert.



Abb. 9. Submikroskopischer aggregater Bau eines idiomorphen Pyritkristalls. Der verschiedenartige aggregate Bau ist auch an jenen Stellen zu sehen (im Schnitt), die die idiomorphe Begrenzung bilden. Kohlenstoffabdruck, Elektrolytisch geätzt, Reagens HCl. Ungefähr 6500 X vergrössert.

² Unter dem Begriff Block versteht man im Einklang mit A. Smekal (1933), die teilweise gegenseitig verschobenen Abschnitte des Strukturgitters.

selten vor und war nahezu niemals im Rahmen des gesamten Kristalls einheitlich. Die idiomorphen Kristalle wurden durch Blockbau häufig nur an unscheinbaren Abschnitten gebildet, die übrigen Abschnitte hatten einen unregelmässigen heterogenen Aggregatbau. In Abbildung 8 sind die häufigen Fälle von Verhältnissen der Block- zu verschiedenartig aggregaten Bauen im Rahmen eines idiomorph begrenzten Pyritkristalls zu beobachten. Häufig wurden ganze Kristalle durch unregelmässigen Aggregatbau gebildet. In Abbildung 9 ist im Durchschnitt Pyrit mit teilweise idiomorpher Begrenzung zu sehen, der einen unregelmässigen inneren Aggregatbau auch an jenen Stellen aufweist, die diese idiomorphe Begrenzung bilden.

Im Verlaufe der Arbeit wurden Erzminerale aus verschiedenen hydrothermalen Lagerstätten untersucht. Dabei zeigte es sich, dass der Aggregatbau bei den Erzmineralen aus verschiedenen Lagerstätten in unterschiedlicher konkreter Form, entsprechend ungleichmässig ist d. h., dass die Körner kristalliner Aggregate und idiomorph begrenzte Kristalle keinesfalls ideal monokristallinen Charakter aufweisen.

Auf Anregung Herrn Univ.-Prof. B. Cambel, Dr. Sc., hin, wurden nach dem angeführten Verfahren beispielsweise Pyrite einiger endogener Lagerstätten untersucht G. Kmíniaková, S. Kipíkašová (1966). Univ.-Prof. Dr. B. Cambel [B. Cambel, J. Jarkovský (1957)] beurteilte in der angeführten Arbeit die Möglichkeiten welche diese neuen Erkenntnisse vom aggregaten Bau des Pyrits bei der Erforschung der Gesetzmässigkeiten der Distribution von Spurenelementen in Mineralen endogener Lagerstätten bieten. Spurenelemente können in solchen Mineralen nicht nur als isomorphe Beimengungen gebunden sein, sondern auch als gesetzmässige Bestandteile aggregaten Baues — häufig auch, gebunden durch innere Adsorption, auf Kristallteilchen eines submikrostrukturellen Kristallbaus, die oftmals kolloidale Ausmasse aufweisen.

Die Menge an Erkenntnissen, die durch einen solchen Ausbau der Forschungsmethoden von den Erzmineralen gewonnen werden können, versprechen nicht nur ein tieferes Erkennen der erforschten Objekte, sondern auf Grund neuer Feststellungen, auch die Erläuterung einiger theoretischer Fragen über die Genese hydrothermaler Minerale, bzw. Lagerstätten.

Übersetzt von: E. Walze

SCHRIFFTUM

- Betechtin A. G., 1937: Klasifikacija struktur i tekstur rud. AN SSSR, ser. geol. 1, 2, Moskva. — Betechtin A. G. et al., 1958: Tekstury i struktury rud. Gos. naucno-techn. izd. lit. po geol. i ochorone rud, Moskva. — Bueren H. G. van, 1960: Imperfections in crystals. North Holland Publishing Company, Amsterdam. — Bradley D. E., 1956: Uses of Carbon Replicas in Electron Microscopy. *J. Appl. Phys.* 27, 1399. — Cambel B., 1959: Die metallogenischen Hauptprovinzen der Slowakei und die Probleme der Metallogenese der Westkarpaten. Wissenschaftl. Z. der ML. Universität Halle-Wittenberg, Math.-nat. 8, 2. — Cambel B., 1962: K problémů metalogenézy v Západných Karpatoch. Geol. práce 62, Bratislava. — Cambel B., Jarkovský J., 1967: Geochemie der Pyrite einiger Lagerstätten der Tschechoslowakei. Verlag SAV, Bratislava. — Harrmann M., 1966: Untersuchung von Pyrit mit den Methoden der Elektronenmikroskopie. Geol. zhurn. Slov. akad. vied 17, 1, Bratislava. — Hrivňák J., 1958: Elektronenmikroskopická struktúrna analýza. Hliničke listy 13, 526. — Kipíkašová S., Kmíniaková G., 1965: Elektrolytické struktúrne leptanie chalcopyritu na prístroji Elypovist. Sborník Východoslovenského múzeu, Košice. — Kipíkašová S., Kmíniaková G., 1966: K úlohe koloidov v kryštaličkej výplni endogénnych ložísk. Verlag Smeča, Bratislava. — Kmíniaková G., Kipíkašová S., 1966:

Zur Frage der Untersuchungen der Erzstrukturen. Geol. sborn. Slov. akad. vied 17,1, Bratislava. — Kminiačková G., Kipíkášová S., 1966: K otázke kryštalických, kolloidných a metakolloidných minerálov v struktúrach rúd. Sborn. Východoslov. múzea 7, A, Košice. — Kminiačková G., Kipíkášová S., 1966: Výsledky štúdia chalcopyritu pod elektrónovým mikroskopom. Sborn. Východoslov. múzea 7, A, Košice. — Ramdohr P., 1962: Rudnyje mineraly i ich zrastenija. Moskva. — Smekal A., 1933: Strukturem-přídníliche Eigenschaften der Kristalle. II. db. Phys. — Syromyatnikov F. V., Filimonov A. F., 1953: Izuchenje rudnych struktur s pomoščju elektronnogo mikroskopu. Izv. AN SSSR, ser. geol. 5. Moskva. — Varek C., 1959: Metalogenéza Spišsko-gemerského rudoohoria. Acta geol. et geogr. Univ. Com., Geologica, Bratislava. — Varek C., 1962: Vývoj hydrotermálnej mineralizácie Spišsko-gemerského rudoohoria v priestore a v čase. Geol. práce 61, Bratislava.

Zur Veröffentlichung empfohlen von B. Cambel.