

GRÉTA KMINIAKOVÁ, SOŇA KIPIKÁŠOVÁ\*

## ZUR FRAGE DER UNTERSUCHUNGEN DER ERZSTRUKTUREN

Taf. VI—XI

**Z u s a m m e n f a s s u n g:** Die Autorinnen legen einige Ergebnisse ihrer Studien über die Struktur der Pyrite aus verschiedenen genetischen Lagerstättentypen vor. Zum Entwickeln der Strukturen verwendeten sie die anodische Strukturätzung am Apparat „Elypovist“. Die Beobachtungen bei maximalen optischen Vergrößerungen werden mit den Ergebnissen des Studiums zweistufiger Kohle-Abdrücke der Strukturen verglichen, die im Elektronenmikroskop bei 25 000 facher Vergrößerung beobachtet wurden.

Die Unterlage zur Auswertung der Erzstrukturen bilden die üblichen mikroskopischen Beobachtungen, welche durchschnittlich eine 500 fache Vergrößerung nicht übersteigen. Die maximalen optischen Vergrößerungen und die Methoden der Elektronenmikroskopie beginnen erst in letzter Zeit in die Untersuchung der Strukturen der Erzmineralien vorzudringen. Bisher finden sich weder in unserer noch in der ausländischen Literatur solche Arbeiten, die bei der Auswertung der Erzstrukturen systematischer die Beobachtungen bei stärkeren mikroskopischen Vergrößerungen und die Methoden der Elektronenmikroskopie ausnutzen würden. Einige partielle methodische Fragen berühren in diesem Zusammenhang folgende Arbeiten: M. K. Satpajeva (1962), K. F. Frolova (1963) und S. Kipikášová, G. Kminiaková (1964). A. P. Pereljajev (1963a, b, c, 1965) studierte strukturell unter dem Elektronenmikroskop Körner und Kristalle von Pyriten aus verschiedenen genetischen Lagerstättentypen. Ergebnisse eines strukturellen Studiums von Chalkopyrit mit Hilfe maximaler optischer Vergrößerungen in Kombination mit der anodischen Strukturätzung bringen die Arbeiten: G. Kminiaková, S. Kipikášová (1965a, b).

An ihre vorhergehenden Arbeiten anknüpfend studierten die Verfasserinnen auf Anregung Prof. B. Cambel's Strukturen von Pyriten verschiedener genetischer Lagerstättentypen. Die strukturellen Beobachtungen im Bereich der durch das Erz mikroskop erreichbaren Vergrößerungen ergänzten und vertieften sie durch das Studium der submikroskopischen Strukturen der verfolgten Pyritproben mit Hilfe des Elektronenmikroskopes. Wie erwähnt, ist in der gegenwärtigen Literatur kein systematisches Studium der Erzstrukturen mit solchen Methoden bekannt. Darum sind auch die Methoden der Entwicklung der Strukturen der Erzmineralien nicht so ausgearbeitet, daß sich die Ergebnisse im ganzen Bereich der erforderlichen Vergrößerungen auswerten ließen. Aus dem Schrifttum sind Methoden des Entwickelns der Erzstrukturen durch chemische Ätzung bekannt (A. G. Betechtin 1958, P. Ramdohr 1954, H. Schneiderhöhn 1952 u. a.), ferner einige Verfahren der elektrolytischen strukturellen Ätzung, deren Prinzip darin besteht, daß mit Hilfe von Elektroden in das Reagens elektrischer Strom eingeführt wird, wobei die geätzte Probe als Anode geschaltet ist (H. Schneiderhöhn 1922, P. Ramdohr 1954 u. a.).

Die Methode der anodischen Strukturätzung beschreibt in seiner Arbeit auch A. P. Pereljajev (1963a).

Durch Entwickeln der Strukturen mit den oben erwähnten Verfahren, eventuell deren Kombination, erreichten wir in den meisten Fällen nicht die erforderlichen Ergebnisse. Die Mängel der Ätzung machten sich besonders bei der Beobachtung bei stärkeren

\* Ing. G. Kminiaková, Chemische Abteilung des Technischen Museums in Košice. Prom. Geol. S. Kipikášová, Geologische Abteilung des Ostslowakischen Museums, Košice.

Vergrößerungen bemerkbar. Die Ätzfiguren waren oft undeutlich und bei intensiverer Ätzung der Struktur derart mit Ätzungsprodukten bedeckt, daß in einigen Fällen nicht einmal nach wiederholter Polierung des Anschliffes eine mikroskopische Auswertung möglich war. Ein weiterer Nachteil war die ungleichmäßige Ätzung und die entstehende Unebenheit der Oberfläche machte oft das Photographieren bei größeren Vergrößerungen unmöglich. Die mühevolle Arbeitsweise einer wiederholten Polierung und Versuchsaetzung lohnte sich auch zeitlich nicht — in bezug auf die verhältnismäßig große Zahl der untersuchten Proben. Schon bei der Bearbeitung der Strukturen der Erzminerale am Gang Križová-Gelnica gelang es uns durch die Vorrichtung der anodischen Strukturätzung und Anwendung des Apparates „Elypovist“ der Firma Zeiss viele dieser Nachteile zu entfernen. Diese Methodik verwendeten wir auch zum Entwickeln der Pyritstrukturen. Am Apparat „Elypovist“ kann man mit Vorteil auch chemisch ätzen, wenn man den Stromumkreis nicht einschaltet.

Bei der elektrischen Ätzung ist die Probe als Anode geschaltet. Die Hauptvorteile des Entwickelns der Strukturen am Apparat „Elypovist“ sind folgende:

Der ganze Verlauf der Ätzung kann direkt im Mikroskop beobachtet werden. Durch geeignete Regulation der Verhältnisse kann der Vorgang des Entwickeln nach Bedarf verlangsamt oder beschleunigt werden. Man ätzt im Medium des strömenden Elektrolytes, die Strömungsgeschwindigkeit kann geändert werden. Die Ätzungsprodukte werden weggeschwemmt und die gleichmäßige Konzentration des Reagens ist gesichert.

Auf diese Weise wurden Pyritproben aus den kleinkarpatischen Lagerstätten studiert, die nach den Typen der Lagerstätten und Erze im Sinne der Arbeiten: B. C a m b e l (1960), B. C a m b e l und J. J a r k o v s k ý (1966) ausgewählt wurden, dann Pyritproben aus den Lagerstätten Smolník, Hespa, Heřmanovice, Chvaletice. Strukturell geätzt wurden monomineralische Aggregate verschiedener Dimensionen (von einigen mm, bis zusammenhängende Aggregate im Umfang des ganzen Anschliffes), ferner — in den Niehertzkomponenten verstreute — Pyritkörner und kristalle.

Zum Entwickeln der Strukturen verwendeten wir vorwiegend folgende Reagenzien in verschiedenen Konzentrationen: Salzsäure, Schwefelsäure, Salpetersäure, Ammoniumhydroxyd, Kaliumhydroxyd und basische Kaliumpermanganatlösung.

Die Folge der Strukturstudien kann man grob in zwei Teile einteilen: In der ersten Stufe befaßten wir uns mit dem Entwickeln von Strukturen monomineralischer Aggregate auf den Proben des jeweiligen Lagerstättentypus. Auf den so bearbeiteten Proben verfolgten wir bei den einzelnen Aggregaten Größe, Gestalt und gegenseitige Beziehungen der Körner, eventuell die Beziehung der körnigen Aggregate zu anderen strukturellen Bildungen, und zwar im ganzen Bereich der mikroskopischen Vergrößerungen.

Bereits bei der vorläufigen, orientationsmäßigen Anätzung der einzelnen Pyritproben zeigten sich Unterschiede in Hinsicht auf die Eigenschaften und Strukturen der Pyrite, oft auf unbedeutende Entfernung. Bei der Wahl der Reagenzien gingen wir von den schwächeren und weniger konzentrierten zu den konzentrierteren über, wobei wir Spannung, Intensität und Zeit der Ätzung nach Bedarf, von Fall zu Fall wählten, bei gleichzeitiger Kontrolle unter dem Mikroskop. Soweit es sich um die Gestalt der einzelnen Strukturelemente handelt, zeigte es sich, daß die monomineralischen Aggregate durch hypidiomorph bis allotriomorph begrenzte Körner gebildet sind. In den körnigen Aggregaten konnten wir oft abgerundete bis runde Strukturformen beobachten. Zum Beispiel, wie auf Taf. VI, Fig. 1, ersichtlich ist, wurden auf einem monomineralischen Aggregat aus Chvaletice durch Ätzung runde Klumpen kleiner Pyritkörnchen (geätzt durch KOH in Verdünnung 1 : 1) bloßgelegt. Solche Strukturbildungen beschrieben bei Pyrit mehrere Autoren (H. S c h n e i d e r h ö h n 1923, C. S h o u t e n 1946 u. a.) als

vererzte Schwefelbakterien, VII. sind jedoch der Ansicht, im Einklang mit den Autoren A. G. Betechtin, C. Varek, J. Kantor u. a., daß es sich um Relikte der ursprünglichen kolloidalen Strukturen handelt, die mit den Schwefelbakterien nichts gemeinsames haben. Die Größe der Körner und die übrigen Strukturbildungen veränderten sich innerhalb des Bereichs von  $500\text{ m}\mu$  bis zu makroskopischen Körnern verschiedener Größen, unregelmäßig und oft auf unbedeutenden Entfernungen. Stellenweise wurde auch ein mehr oder weniger gleichmäßig körniges Aggregat gefunden, z. B. auf Taf. VII, Fig. 2, hat das angeätzte Aggregat sichtbare Korngrenzen, aber in der Entfernung einiger Zehntel mm waren die Körner schon einige mm groß.

Im zweiten Teil der Strukturstudien beschäftigten wir uns mit dem Entwickeln der eigentlichen Kornstruktur, eventuell anderer Bildungen der Aggregate, sowohl wie auch der Kornstrukturen von Kristallen, die in den Nickerzkomponenten verstreut sind.

Die Reagenzien und ihre Konzentration, sowohl wie auch die Arbeitsbedingungen, mußten versuchsweise gewählt und von Fall zu Fall geändert werden. Dieses Verfahren erforderte jedoch immer konzentriertere Reagenzien und intensivere Ätzungsbedingungen (Salpetersäure in mehr als 50% Konzentration, konzentrierte KOH-Lösung).

Bei der Ätzung der abgerundeten Pyritklumpen bewährte sich besonders die basische Kaliumpermanganat-Lösung bei Spannungen im Intervall bis 15 V. Die entwickelten Strukturen wurden im ganzen Intervall der mikroskopischen Vergrößerungen ausgewertet. Aus denjenigen Strukturteilen, wo eine eindeutige Auswertung nicht möglich war, auch bei den maximalen optischen Vergrößerungen nicht, wurden zweistufige Kohle-Matrizen fertiggestellt, welche dann unter dem Elektronenmikroskop bei Verwendung bis 25 000 facher Vergrößerung beobachtet wurden.

Durch Ätzung auf die innere Struktur entstand oft ein zonaler Bau der Körner und Kristalle. Er kam auf Körnern verschiedener Größe vor. Im körnigen Aggregat hatten oft nur einige Körner zonalen Bau. Die Wachstumszonen waren parallel und unparallel (siehe Taf. VI, Fig. 2). Bei 2000 facher Vergrößerung sind auf den Körnern unparallele Zonen sichtbar, die durch Ätzung mit konzentrierter KOH-Lösung entwickelt wurden.

Blockstruktur der Körner und Kristalle konnte oft schon bei mikroskopischen Vergrößerungen beobachtet werden. Auf Taf. VII, Fig. 1, sieht man bei 1600 facher Vergrößerung die unterschiedliche Struktur der Körner mit Blockbau. Im unteren und rechten Teil des Bildes sind Körner mit kleineren Blöcken als im oberen Teil. Die Körner mit größeren Blöcken waren in diesem Falle schwerer ätzbar. Aus der Abbildung ist auch ersichtlich, daß die Struktur eines Kornes mit größeren Blöcken noch nicht ganz entwickelt ist. Im oberen linken Teil des Kornes sind verschiedene Defekte des Blockbaus, die nicht einmal bei maximalen mikroskopischen Vergrößerungen ausgewertet werden konnten. Die Größe der Blöcke war oft auch auf einem und dem selben Korn veränderlich. Auf Taf. VIII, Fig. 1 kann man im Schnitt durch ein Korn, bei 1600 facher Vergrößerung Blöcke größerer und kleinerer Dimensionen beobachten. Eine andere Anordnung des Blockbaus sieht man auf Taf. VII, Fig. 3.

Bei der mikroskopischen Auswertung der Ätzstrukturen beobachten wir oft einen Vergrößerungen in verschiedenen Relationen auf allen verfolgten Proben gefunden in den meisten Fällen die mikroskopischen Vergrößerungen nicht. Auf Taf. VIII, Fig. 2, sieht man ein Pyritkorn, das mit basischer Kaliumpermanganatlösung auf den inneren Bau geätzt ist. Nach der Anätzung zeigte es sich, daß die Kornmitte defekthaft ist, gleichsam durch kolloide Klumpen gebildet. Ein anderer Fall ist auf Taf. VIII, Fig. 3, abgebildet. Die Körner haben Defektbau, der an ungeregelte kolloide Klumpen erinnert. Im unteren Teil des größten Kornes sind schon Anzeichen des Blockbaus. Verhältnismäßig häufig konnten auf den Körnern schon im Bereich der mikroskopischen

Vergrößerungen auch verschiedene Kombinationen des zonalen und des Blockbaues mit Vorkommen von Defektstrukturen beobachtet werden.

Aus dem Vergleich der Ergebnisse des mikroskopischen Studiums der Struktur der verfolgten Proben aus verschiedenen Lagerstätten, bzw. aus den einzelnen genetischen Lagerstättentypen, ergibt sich folgendes: Auf Grund des Vorkommens der oben beschriebenen Struktur ist es nicht möglich die Proben der einzelnen genetischen Typen zu unterscheiden. Zonale Körner, Körner mit verschiedenem Blockbau und ihre Kombinationen mit gleichzeitigem Vorkommen der Defektstrukturen konnten bei sorgfältiger Entwicklung und Auswertung der Strukturen im ganzen Bereich der mikroskopischen Vergrößerungen in verschiedenen Relationen auf allen verfolgten Proben gefunden werden.

Problematisch ist auch die Auswertung der Proben auf Grund der verhältnismäßigen Vertretung der einzelnen Strukturarten. Die Heterogenität und Variabilität ihrer Vertretung auf unbedeutende Entfernung in einer und derselben Probe ist die Ursache der Unmöglichkeit, bestimmte Pyritstrukturen bestimmten genetischen Lagerstättentypen zuzuschreiben.

Auch in diesem Zusammenhang möchten wir darauf aufmerksam machen, daß viele von den beschriebenen Strukturen auch ganz der Aufmerksamkeit entgehen können in dem Falle, daß dem systematischen Entwickeln der Strukturen nicht genügende Aufmerksamkeit gewidmet wird, oder wenn man sich bei der Auswertung der Strukturen nur auf den Bereich der kleineren mikroskopischen Vergrößerungen beschränkt. Sehr oft können auf diese Weise z. B. verschiedene Relikte des ursprünglichen kollomorphen Baues und andere strukturelle Erscheinungen der Aufmerksamkeit entgehen, wie Vff. bereits in den vorhergehenden Arbeiten darauf aufmerksam gemacht haben.

Im weiteren wollen wir der Auswertung der untersuchten Strukturen bei submikroskopischen Vergrößerungen<sup>1</sup> Aufmerksamkeit widmen. Zu diesem Zweck wurden aus den elektrolytisch strukturell angeätzten Proben die bereits erwähnten zweistufigen Kohle-kollod um-Abdrücke angefertigt und diese dann im Elektronenmikroskop, nach und nach bis zu 25 000 fachen Vergrößerungen, beobachtet.

Die Auswertung der Strukturen bei großen Vergrößerungen und die Anfertigung der Abdrücke für die Elektronenmikroskopie erfordert es, der Qualität der erweckten Strukturen erhöhte Aufmerksamkeit zu widmen. Grundsätzlich ist es nötig in geringeren Tiefen zuätzen. Bei größeren Höhenunterschieden in der geätzten Oberfläche kann es bei der Anfertigung der Abdrücke zur Entstehung von Artefakten kommen. Hier richteten wir uns nach den Beobachtungen der Ätzstrukturen bei stärkeren mikroskopischen Vergrößerungen. Wenn die Ätzung bei 500–1000 fachen Vergrößerungen gute Beobachtungen ermöglichte, war sie meist auch zur Verfertigung der Abdrücke geeignet.

Den Anschluß der Mikrobeobachtungen an die Beobachtungen im Elektronenmikroskop sicherten wir folgendermaßen: Die Kohle-Abdrücke wurden aus Teilen verfertigt, die bei der Ätzung mit einem Ring von 5 mm Durchschnitt bezeichnet waren. Diese beobachteten wir im Elektronenmikroskop bei minimalen Vergrößerungen, die

<sup>1</sup> Da in der lagerstättentypischen Literatur die Terminologie für strukturelle, bei submikroskopischer Vergrößerung beobachtete Bildungen bisher nicht entwickelt ist, bringen wir hier eine kurze Zusammenfassung der Grundbegriffe: Unter Blöcken, resp. Mosaikteilen, versteht man hier im Sinne der Arbeiten A. Smekal's (1933), D. Balarew's (1939) u. a. – teilweise gegeneinander verschobene, mehr oder weniger geregelte Blöcke des Strukturgitters.

Mit dem Ausdruck „Defektstrukturen“ bezeichnen wir so eine Erscheinung, wo man bei den angewandten Vergrößerungen keine geregelten Teilchen, Blöcke des Strukturgitters, beobachten kann.

sich mit den maximalen Vergrößerungen des optischen Mikroskopes deckten. Zu den stärkeren Vergrößerungen gingen wir nach und nach über.

Auf diese Weise wurden im Elektronenmikroskop die Innenbaue der Kristalle, Körner und andere Strukturelemente des Pyrits studiert, anschließend an die mikroskopischen Beobachtungen. Durch Anwendung von Vergrößerungen, die submikroskopische Beobachtungen ermöglichen, war es möglich an den Kristallen, bzw. an den Körnern mit Blockbau die Stellen mit — in Blockstruktur übergehender — Defektstruktur zu unterscheiden, wie man auf Taf. IX., bei 40 000 facher Vergrößerung sieht. Im Defektbau kann man oft verschiedene abgerundete Bildungen unterscheiden (oberer Teil der Taf. IX) an einigen Stellen ging der Defektbau gleichsam in kristallographische Begrenzungen (bezeichneter Teil der Taf. IX) über. In anderen Fällen ist er durch Blöcke verschiedener Form unterbrochen (Taf. X, Fig. 1). Die Größe der Blöcke änderte sich oft in einem Schnitt auf unbedeutende Entfernungen. Stellenweise kamen im Blockbau abgerundete Formen, eventuell andere unregelmäßige Klumpen vor, wie auch auf Taf. X, Fig. 2 bei 24 000 facher Vergrößerung, ersichtlich ist. Stellenweise waren die Blöcke von mehr oder weniger gleichmäßiger Größe und Gestalt. Die absolute Größe der Blöcke schwankte im ganzen Bereich der submikroskopischen Vergrößerungen von 500  $\mu$  bis 1  $\mu$ .

Außer den Korn- und Kristallstrukturen studierten wir unter dem Elektronenmikroskop auch die übrigen Strukturelemente. Durch die Untersuchung größerer und auch kleinerer runder Klumpen von Pyritkörnchen, die auf Grund der Mikrobeobachtungen als Relikte der ursprünglichen kollomorphen Bildungen (Taf. VI, Fig. 1) ausgewertet wurden, zeigte es sich, daß die Form der Körnchen in vielen Fällen kristallographisch ist: Pentagonaldodekaeder im — mit „a“ bezeichneten Schnitt (Taf. XI, Fig. 1, vergr. 24 000  $\times$ ). In den Aggregaten kann man häufig Körnchen mit Defektbau beobachten (bezeichnet mit „b“ auf Taf. XI, Fig. 2). Einige Stellen der Klumpen haben im allgemeinen eine Defektstruktur (bezeichnet mit „c“, Taf. XI, Fig. 1). Diese kommt in verschiedener Menge auch am Kontakt der einzelnen Körnchen vor. Die Größe der Körnchen ist verschieden (vergl. Taf. XI, Fig. 1 und Taf. XI, Fig. 2, gleiche Vergrößerungen 24 000 fach), wobei sie von der Größe des Klumpen nicht abhängig sind. Oft wurden in den größeren Pyritaggregaten kleinere Körnchen (Teilchen) beobachtet und umgekehrt. Die Größe der Körnchen im Rahmen eines Klumpens kann annähernd gleich sein, aber es wurden auch verhältnismäßig große Unterschiede in der Kornzusammensetzung im Rahmen eines Klumpens beobachtet. Die Anordnung der Körnchen war ebenfalls verschieden. Es wurden Aggregate mit betonter, konzentrisch zonaler Regelung der Körnchen gefunden. Mannigfaltig ist auch die verhältnismäßige Vertretung der Defektstrukturen in den einzelnen Klumpen.

Abschließend geben wir eine kurze Zusammenfassung der Auswertungen der oben beschriebenen strukturellen Beobachtungen.

Das Verfahren der anodischen Strukturätzung am Apparat „Elypovist“ ermöglichte das Entwickeln der Strukturen monomineralischer Aggregate, sowohl wie auch der Innenbaue der Körner. Kristalle und anderer Strukturelemente, wobei die Heterogenität der Strukturen und ihre Veränderlichkeit oft in unbedeutenden Entfernungen hervortrat. Die Auswertung der entwickelten Strukturen innerhalb des ganzen Bereichs der optischen Vergrößerungen und die angeschlossenen Beobachtungen unter dem Elektronenmikroskop ermöglichten es, auch Körner und Kristalle mit zonalem Blockbau und verschiedenem Defektbau, sowohl wie auch deren mannigfaltige Kombinationen, zu beobachten.

Durch diese Forschungsmethoden wurde eine ausgeprägte Heterogenität in den

Strukturen der mikroskopisch scheinbar homogenen Pyritkörner und -Kristalle enthüllt, die zur Beleuchtung der Ursachen beitragen kann, die die Unterschiede in den chemischen, mechanischen, optischen und anderen Eigenschaften der Pyrite bewirken.

Soweit es sich um das Vorkommen und die Vertretung der oben beschriebenen strukturellen Kundgebungen auf den Pyritproben aus den einzelnen Lagerstätten, resp. genetischen Lagerstättentypen handelt, muß gesagt werden, daß entsprechende Strukturen in verschiedenen Relationen auf allen untersuchten Proben vorkamen.

Die Verfasserinnen bestätigen die Richtigkeit der Beobachtungen A. G. Pereljajev's, daß man auf den Körnern und Kristallen der Pyrite aller genetischer Lagerstättentypen einen Blockbau feststellen kann. Zum Unterschied von den Schlüssen des genannten Autors (1963a) kann aber aus unseren Studienergebnissen der Schluß gezogen werden, daß die Größe und Form der Blöcke, sowohl wie auch die Vertretung des Defektbaues auf den Körnern und Kristallen der Pyrite aus verschiedenen genetischen Lagerstättentypen sehr veränderlich ist, wobei die Intervalle der Unterschiede sich auf den Proben der einzelnen Typen überdecken.

Zum Schluß möchten wir Herrn Prof. B. Cambel DrSc. für seinen wertvollen Rat und seine Bemerkungen zur Arbeit, sowohl wie auch für die Verleihung der meisten Proben herzlichsten Dank aussprechen. Für die aufschlußreichen Diskussionen in diesem Zusammenhang danken wir Herrn Doz. Dr. C. Varek CSc., Herrn Ing. M. Molčík aus dem Institut der Eigenschaften der Metalle der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften in Brünn danken wir für die fachmännischen Konsultationen und die methodische Hilfe bei der Verfertigung der Abdrucke und Auswertung der elektronenmikroskopischen Beobachtungen.

#### SCHRIFTTUM

- Balarew D., 1939: Der disperse Bau der festen Systeme. Dresden. — Berglund T., 1931: Metallophers'landbook of et ching. Pitman London. — Betechtin A. G. und andere, 1955: Osnovnye problemy v učenii o magmatogennych rudnykh mestoroždeniach. Moskva. — Betechtin A. G. und andere, 1958: Tekstury a struktury rud. Moskva. — Buerg M. J., 1934: The Nonexistence of a Regular Secondary Structure in krystals. Z. Krystallogr. 89. — Cambel B., 1959: Die metallogenischen Hauptprovinzen der Slowakei und die Probleme der Metallogenesis der West-Karpathen. Wissenschaft. Z. der Martin Luther Universität Halle-Wittenberg, Math.-Nat. 8, 2. — Cambel B., 1960: Hydrotermálne ložiská v Malých Karpatoch, mineralogia a geochemia ich rúd. Acta geol. et geogr. Univ. Com., Geologica 3, Bratislava. — Cambel B., 1962: K problémnu metalogenézy v Západných Karpatoch. Geol. práce 62, Bratislava. — Ivanov S. N., Jaros P. J., 1965: O stafje A. P. Pereljajeva „Vnútrennie strojenije zeren pirita rozličnogo genezisa i metodika issledovanija“. Geol. rud. mestorožd. 2. — Frederickson A. F., 1955: Mosaic Structure in Quartz. Amer. Min. 40. — Frolova K. E., 1965: Izuchenje rudnych mineralov metodov priečelných replik. Geol. rud. mestorožd. 3. — Fusan O., Kantor J., 1953: Chalkografické pozorovania na sulfidnom ložisku „Alžbeta“ v Bystrom Potoku. Geol. sborn. Slov. akad. vied 4, Bratislava. — Kipíkašová S., Kminiaková G., 1965: Ložisko Krížová pri Gelnici. Sborn. k 90. výročiu založenia Východoslovenského muzea v Košiciach. In Druck. — Kipíkašová S., Kminiaková G., 1965: Zur Frage der Bestimmung des Charakters eines hydrothermalen Systems auf Grund der Analyse der Strukturen von Chalkopyrit. Lagerstätte Gelnica-Krížová. Geol. sborn. Slov. akad. vied 16, 1, Bratislava.

Kminiaková G., Kipíkašová S., 1963: Príznaky účasti koloidných roztokov pri vzniku hydrotermálneho kremeňa na ložisku Krížová Gelnica. In Druck. — Kminiaková G., Kipíkašová S., 1964: Elektrolytické štruktúrne leptanie chalkopyritu na prístroji Elypovist. In Druck. — Kminiaková G., Kipíkašová S., 1965: Kolomorfné štruktúry chalkopyritu a ich vzťah k podmienkam vzniku ložiska Krížová pri Gelnici. In Druck. — Lajner V. I., 1947: Elektrolytika polirovka i travlenije metallov. Moskva. — Pereljajev A. P., 1963a: Nekotoryje osobennosti vnútrennego strojenija zeren pirita hidrotermál'nogo proischoždenija. Sborn. sympozia Problémy postmagm. zrudnenia 1, Praha. — Pereljajev A. P., 1963b: Vnútrenneje strojenije zeren pirita rozličnogo genezisa. Sborn.

sympózia Problémy postmagm. zrudnenia 2, Praha, — Pereljajev A. P., 1963c: Vnutrenneje strojenija zeren pirita rozličnogo genezisa i metodika issledovanija. Geol. rud. mestorožd. 6. — Pereljajev A. P., 1965: Po povodu zametky S. N. Ivanova a P. J. Jaroša o stařeje A. P. Pereljajeva. Geol. rud. mestorožd. 4. — Píšek F., 1959: Nauka o materiálu. Praha: — Ramdohr P., 1954: Die Auflichtmikroskopie bei der Untersuchung der Erzlagerstätten. Mikroskopie und der Technik 11, 2. — Ramdohr P., 1962: Rudnyje mineraly i ich srastenija. Moskva. — Satpajeva M. K., 1962: K voprosu ob elektronno-mikroskopicheskom izuchenii rud v polirovannyh šlifoch. Vestn. AN Kaz. SSR 11. — Shouten C., 1946: The role of sulphur bacteria in the formation of the so-called sedimentary copper ores and pyritic ore bodies. Economic Geology 41, 5. — Smekal A., 1933: Strukturenpfindliche Eigenschaften der Kristalle. Handb. Phys. — Scheiderhöhn H., 1923: Chalkographische Untersuchung des Mansfelder Kupferschlbers. Neues Jahrb. Min., Geol. und Pal., Stuttgart.

Schneiderhöhn H., 1952: Erzmikroskopisches Praktikum. Stuttgart. — Valouch M., Kroupa J. und andere, 1961: Dislokace v pevných látkách. Praha. — Varek C., 1959: Paragenetické pomery žily Máří v Rožnave. Geol. práce 55, Bratislava. — Varek C., 1962: Vývoj hydrotermálnej mineralizácie Spišsko-gemerského rudoohoria v priestore a v čase. Geol. práce 61, Bratislava. — Varek C., 1959: Metalogenéza Spišsko-gemerského rudoohoria. Acta geol. et geogr. Univ. Com. Geologica, Bratislava. — Varek C., 1959: Zum Probleme der regenerierten Lagerstätten im Sinne H. Schneiderhöhns in den Westkarpathen. Zeitschr. für angewandte Geologie 5, Berlin. — Zwick F., 1940: Inhomogenities in Crystals. Phys. Rev. 3.

Zur Veröffentlichung empfohlen von B. Cambel.

#### Tafel erklärung

#### Tafel VI

Fig. 1. Chvalatice, Pr. nr. 174. Durch Ätzung enthüllte kreisrunde Klumpen kleiner Pyritkörnchen, Relikte der ursprünglichen kolloidalen Strukturen (vgl. Taf. XI, Fig. 1, 2, wo diese strukturellen Gebilde bei etwa 24 000 fachen Vergrößerungen abgebildet sind). Vergr. 1500 X, anodisch geätzt mit KOH, verd. 1 : 1, am Apparat Elypovist. Anschliff. — Fig. 2. Malé Karpaty (Rybniček — hohe Metamorphose), Pr. nr. 69/1. Unparallele Zonen auf Pyritkörnern, durch anodische Ätzung mit konz. KOH am Apparat Elypovist entwickelt. Vergr. etwa 2000 X. Anschliff. Photo S. Kipikášová und G. Kminíaková.

#### Tafel VII

Fig. 1. Malé Karpaty, Pr. nr. 90/1. Durch Ätzung entwickelte unterschiedliche Struktur der Körner mit dem Blockbau a. Im oberen linken Teil des Korns mit größeren Blöcken sieht man einen Defektbau. Gleichzeitig sieht man, daß verschiedene Pyritkörner sich in verschiedener Weise ätzen lassen (a — glattes Korn, b — rauhes Korn), was verschiedene physikalisch-chemische und physikalische Eingeschäfte der Pyritkörner im Aggregat verrät. Vergr. etwa 1600 X. Anodisch geätzt KOH konz. am Apparat Elypovist. Anschliff. — Fig. 2. Malé Karpaty, Pr. nr. 97/1. Mehr oder weniger gleichmäßig körniges Pyritaggregat. Durch anodische Ätzung entwickelte Struktur. Reagens KOH 1 : 1. Anschliff. Vergr. etwa 2000 X. — Fig. 3. Smolník, Pr. nr. 362. Blockbau eines Pyritmonokristalls. Elektrolytisch geätzt konz.  $\text{HNO}_3$  am Apparat Elypovist. Vergr. etwa 1600 X. Photo S. Kipikášová und G. Kminíaková.

#### Tafel VIII

Fig. 1. Smolník. Blockbau, unterschiedliche Größe der Blöcke im Schnitt durch ein Korn. Elektrolytisch geätzt  $\text{HNO}_3$  konz. am Apparat Elypovist. Vergr. etwa 1600 X. Anschliff. — Fig. 2. Malé Karpaty, Augustin Stollen. Defektbau inmitten eines Pyritkorns (a) durch anodische Ätzung mit basischer Kaliumpermanganatlösung entwickelt. Vergr. etwa 1500 X. Anschliff. — Fig. 3. Malé Karpaty, Pr. nr. 116/2. Körner mit Defektbau. Im unteren Teil des größten Korns sieht man Anzeichen der Blockstruktur. Anodisch geätzt am Apparat Elypovist. Reagens: basische Kaliumpermanganatlösung. Vergr. etwa 1500 X. Anschliff. Photo S. Kipikášová und G. Kminíaková.

#### Tafel IX

Fig. 1. Malé Karpaty, Augustin Stollen. Im unteren Teil der Abbildung Blockbau, im oberen Teil Defektstruktur des Korns. Im oberen Teil des defekthaften Baues unterscheidet man

abgerundete Gebilde, im bezeichneten Teil geht er gleichsam in kristallographische Begrenzung (mit einem Kreuzchen bezeichnet) über. Geätzt mit KOH am Apparat Elypovist. Zweistufige Kohle-Matrize. Vergr. etwa 40 000  $\times$ . Photo S. Kipikasová und G. Kminiaková.

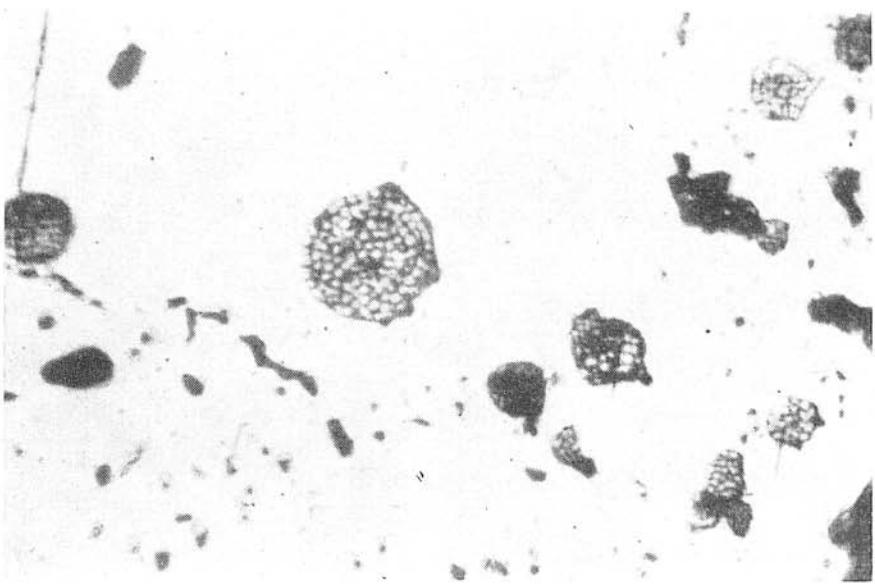
### Tafel X

Fig. 1. Malé Karpaty, Augustin Stollen. Defektbau eines Pyritkorns, durch Blöcke verschiedener Gestalt unterbrochen. Elektrolytisch geätzt KOH konz., am Apparat Elypovist. Zweistufige Kohle-Matrize. Vergr. etwa 22 000  $\times$ . — Fig. 2. Malé Karpaty, Pr. nr. 116/2. Submikroskopische Struktur eines Pyritkorns. Blöcke verschiedener Dimensionen, in denen abgerundete Gebilde vorkommen. Elektrolytisch geätzt KOH konz., am Apparat Elypovist. Zweistufige Kohle-Matrize. Vergr. etwa 24 000  $\times$ . Photo S. Kipikasová und G. Kminiaková.

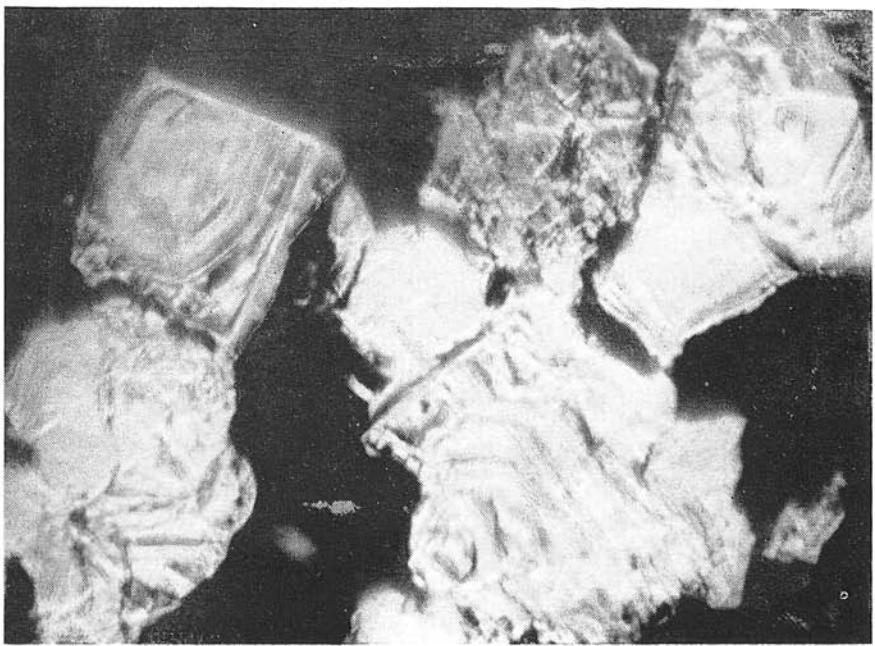
### Tafel XI

Fig. 1. Chvaletice, Pr. nr. 174. Submikroskopische Struktur der kreisrunden Pyrit-Klumpen, die auf Taf. VI, Fig. 1 abgebildet sind. Die die Klumpen bildenden Pyritkörnchen haben oft die mit „a“ bezeichnete kristallographische Form und ein verschiedenes Verhältnis der Defektstruktur, mit „c“ bezeichnet. Elektrolytisch geätzt am Apparat Elypovist. Reagens KOH, verd. 1 : 1. Zweistufige Kohle-Matrize. Vergr. 24 000  $\times$ . — Fig. 2. Chvaletice, Pr. nr. 174. Submikroskopische Struktur eines runden Klumpens von Pyritkörnchen. Die Körnchen sind im Vergleich mit der Fig. 1 von größeren Dimensionen. Gleiche Vergrößerung 24 000  $\times$ . Das bezeichnete Körnchen hat Defektbau (vgl. auch Taf. VI, Fig. 1). Elektrolytisch geätzt am Apparat Elypovist Reagens KOH, verd. 1 : 1. Zweistufige Kohle-Matrize. Vergr. etwa 24 000  $\times$ . Photo S. Kipikasová und G. Kminiaková.

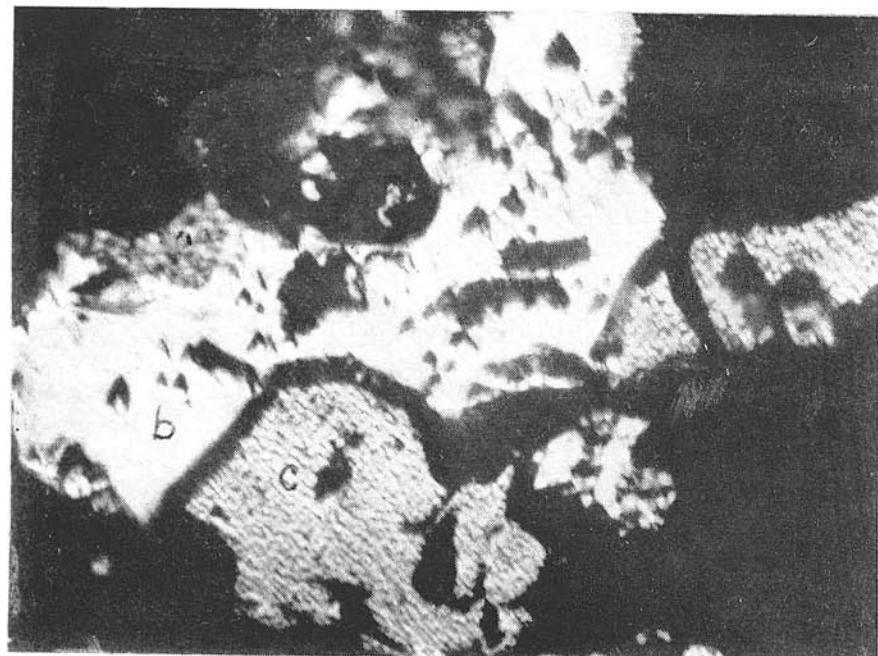
Übersetzt von V. Dlabačová.



1



2



1



2



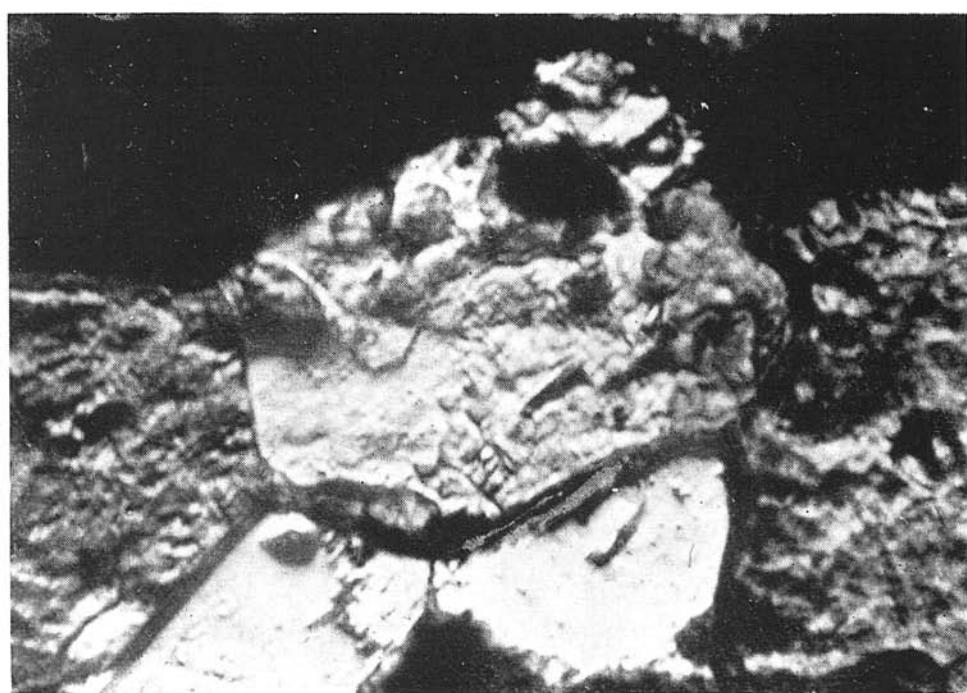
3



1

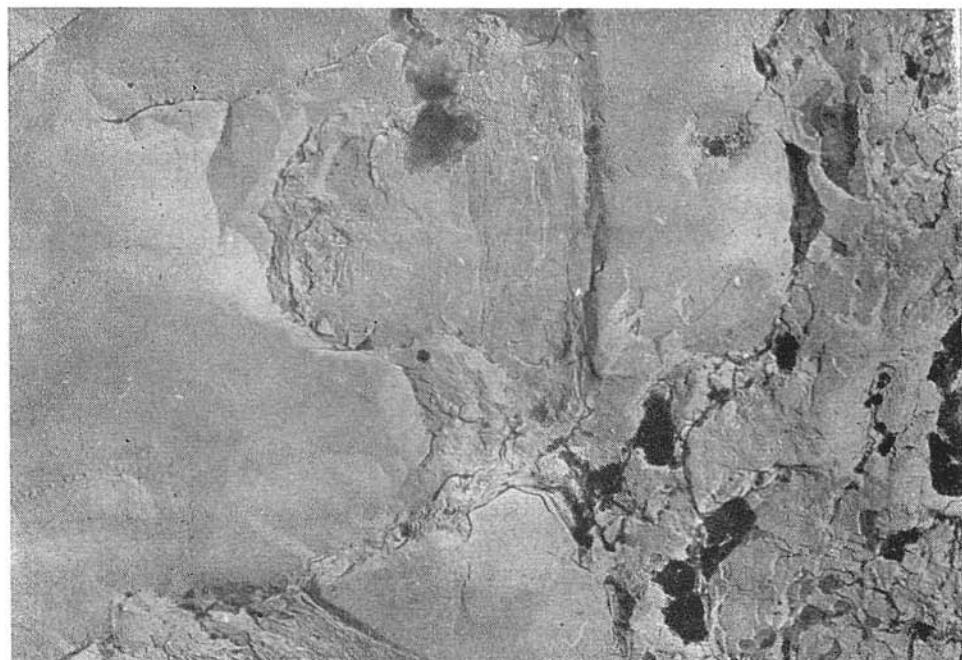


2



3

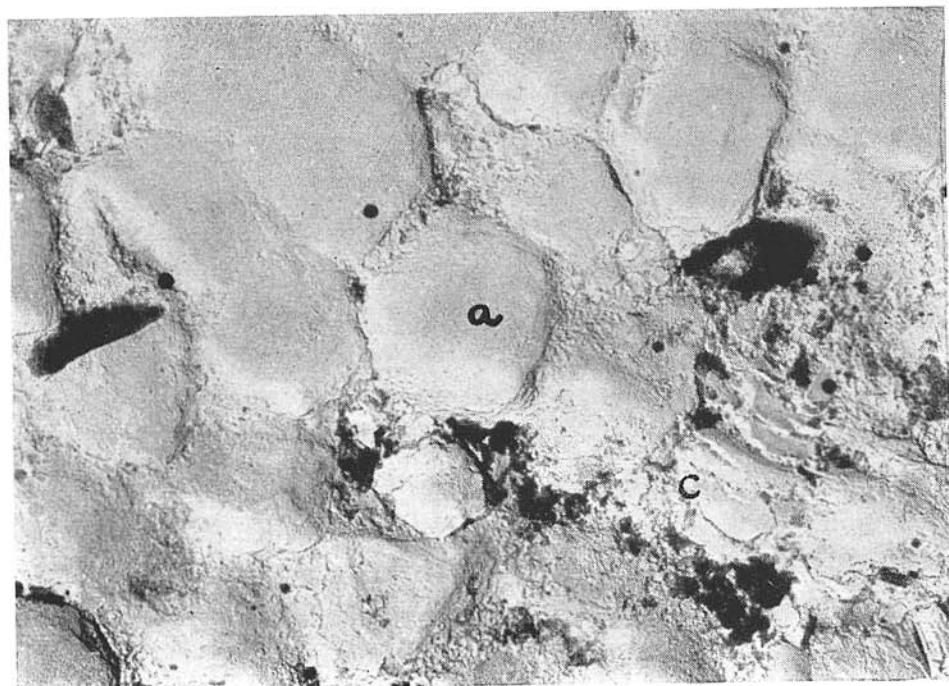




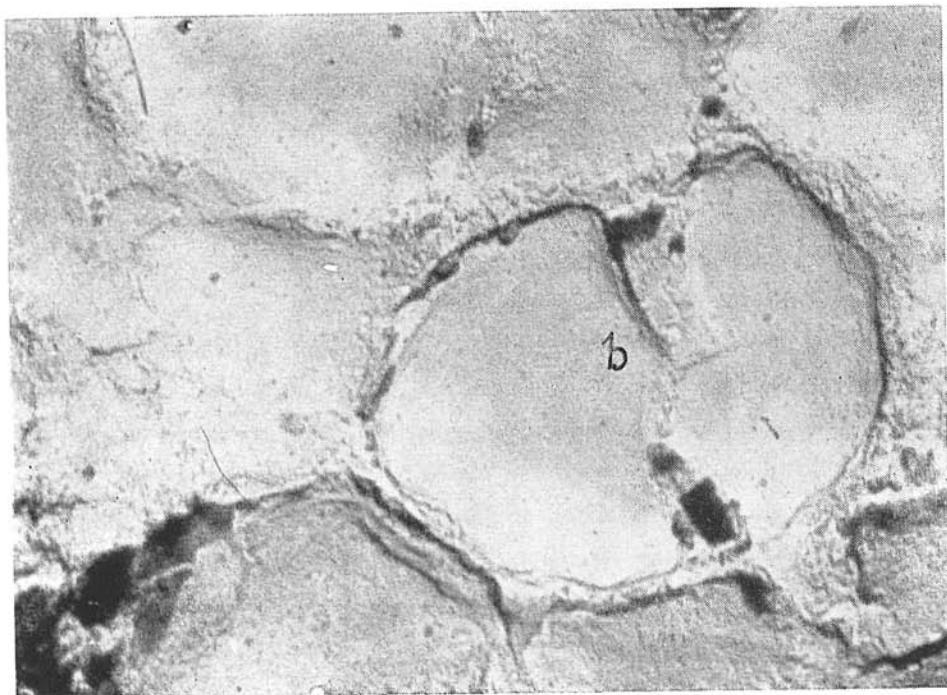
1



2



1



2