

SOŇA KIPIKAŠOVÁ, GRÉTA KMINIAKOVÁ*

ZUR FRAGE DER BESTIMMUNG DES CHARAKTERS EINES HYDROTHERMALEN SYSTEMS AUF GRUND DER ANALYSE DER STRUKTUREN VON CHALKOPYRIT. LAGERSTÄTTE GELNICA—KRÍŽOVÁ

(*Taf. XIII—XVI, Abb. 1—4 im Texte*)

A b s t r a c t. Vorliegende Arbeit bringt die Untersuchungsergebnisse an Strukturen einiger Minerale aus der Lagerstätte Gelnica—Križová. Die Strukturen der Erzausfüllung werden vom Standpunkt der bei ihrer Entstehung herrschenden physikalisch-chemischen Gesetzmäßigkeiten bewertet, woraus sich die in der Arbeit ausgesprochene Anschauung ergibt, daß die behandelten Minerale sich aus einem komplizierten hydrothermalen System kolloiden Charakters bildeten. Ein solches System ist nach der Auffassung der Verfasserinnen aus Teilchen kolloider Dimensionen zusammengesetzt oder diese enthält und die Ausscheidung der Minerale erfolgte nach den Gesetzmäßigkeiten kolloider Systeme.

In der Lagerstätte kommen deutlich zwei Hauptmineralisationsepochen zur Geltung und zwar eine sideritische und eine quarz-sulfidische. Der Chalkopyrit bildet meist selbstständig, oder gemeinsam mit den übrigen Sulfiden, unregelmäßige Inklusionen in Quarz, deren Dimensionen von mikroskopischen, bis zu Nestern vom Ausmaß einiger dm schwanken (Taf. XIII, Taf. XVI, Fig. 3).

Bei der mikroskopischen Beobachtung kann man schon bei mittleren Vergrößerungen, oft auch in sorgfältig polierten Anschläffen, am Chalkopyrit unregelmäßig verteilte, dunkle bis schwarze Flächen sehen, die an kleine Hohlräume, oder Verunreinigungen erinnern (Taf. XIV, Fig. 1). Die eigentliche Struktur des Chalkopyrits kann man jedoch nur bei größeren Vergrößerungen, in Verbindung mit Strukturätzung, beobachten. Durch chemische Strukturätzung des untersuchten Chalkopyrits mit den üblichen, in der Literatur empfohlenen Reagenzien (R a m d o h r 1962 S. 514—515, J u š k o 1955 S. 209) erreichte man keine befriedigenden Ergebnisse, weil bei wenig intensiver Ätzung die Zeichnung der Strukturen undeutlich war und bei intensiverer Ätzung die Strukturen dermaßen mit den Ätzungsprodukten bedeckt waren, daß es auch bei neuer Polierung des Anschliffes nicht möglich war sie mikroskopisch zu verwerten. Bessere Ergebnisse erreichten wir bei elektrolytischer Ätzung am Apparat „Elypovist“, der eine direkte Beobachtung des Ätzungsverlaufes zuläßt und an dem die Ätzungsintensität je nach Bedarf regulierbar ist. Für die einzelnen Chalkopyritproben mußte Reagens, Temperatur, Zeit, Spannung und Stromintensität separat und verschieden gewählt werden. Eingehendere Angaben über die Methodik der elektrolytischen Ätzung des Chalkopyrits findet man in der Arbeit K minia k o v á — K i p i k a š o v á (1964).

Die Proben zur Untersuchung der Strukturen wurden aus allen zugänglichen Teilen der Lagerstätte je nach dem Charakter der Vererzung entnommen. Bei genauer mikroskopischer Untersuchung einer großen Anzahl von Proben wurden

* Prom. Geol. S. Kipikašová, Geologische Abteilung des Ostslowakischen Museums, Košice. — Ing. G. Kminiaková, chemische Abteilung des Technischen Museums, Košice.

morphologisch unterschiedliche Chalkopyritstrukturen beobachtet und zwar: unregelmäßige Putzen eines kolomorphen Chalkopyrits (Taf. XV, Fig. 1), Sphaerolith mit konzentrisch zonalem und radialstrahligem Bau (Taf. XIV, Fig. 2, 3, Taf. XV, Fig. 2). Konzentrisch angeordnete Aggregate kristallinen Chalkopyrits (Taf. XVI, Fig. 1). Diese haben oft eine aus kolomorphem Chalkopyrit gebildete Mitte. Gleichzeitig wurden auch Chalkopyritkriställchen mit mosaikartigem Innenbau beobachtet, der durch die elektrolytische Ätzung aufgedeckt wurde (Taf. XVI, Fig. 2). Die einzelnen Teilchen des Mosaiks („bloky“ bzw. „subbloky“ nach P e r e l j a j e v 1963) schwanken um die obere Grenze der kolloiden Dimensionen (die kleineren kolloiden Teilchen sind mikroskopisch nicht unterscheidbar). Man kann darum behaupten, daß die beschriebenen Chalkopyritkriställchen aus einem System entstanden sind, welches solche Teilchen von kolloider Größenordnung enthielt. Im Sinne der allgemein bekannten Definition eines kolloiden Systems,¹ wonach es aus Teilchen kolloider Dimensionen zusammengesetzt ist, oder solche enthält, kann man das System, aus dem die oben beschriebenen Kriställchen, oder auch die übrigen kolomorphen Strukturen entstanden, als System von kolloidem Charakter bezeichnen. In der geologischen Literatur sind Arbeiten und physikalisch-chemische Forschungen über die Entstehung schön entwickelter Kristalle aus kolloiden Systemen in ihrer Innenstruktur (Mosaikbau) wiederspiegelt. Gleichzeitig und theoretischen Forschungen B a l a r e v 's (1939) über die Entstehung des kristallinischen Bariumsulfats aus einem kolloiden System und die Arbeiten von W e i m a r n (1925), A n d r e a s e n (1929), K o l l s c h ü t t e r (1921), wo die Entstehung von Kristallen aus kolloiden Systemen theoretisch begründet ist und darauf hingewiesen wird, daß sich die Bildung der Kristalle aus kolloiden Systemen in ihrer Innenstruktur (Mosaikbau) wiederspiegelt. Gleichzeitig werden die Kristalle als kolloide Systeme in Gleichgewichtszustand und ihre Beziehung zu den Entstehungsbedingungen studiert.

Diese bekannten physikalisch-chemischen Erkenntnisse sind jedoch unter den Mitarbeitern auf dem Gebiete der Lagerstättengeologie nur wenig bekannt. Man findet zwar vereinzelte Arbeiten dieser Art, wie z. B. von P e r e l j a j e v (1963), der die Innenstruktur von Pyritkristallen studierte und Kristalle mit Mosaikbau beobachtete, die aus sogen. „Subblöcken“ gebildet sind (die Größe der Subblöcke entspricht den kolloiden Dimensionen — Bemerkung der Verfasserinnen); in der erwähnten Arbeit werden jedoch bei der Analyse der Entstehungsbedingungen keine physikalisch-chemischen Bedingungen berücksichtigt und es ist auch nicht angeführt, daß es sich eigentlich um kolloide — aus einem Muttersystem kolloiden Charakters entstandene Systeme handelt.

Im Sinne der obenangeführten theoretischen Begründungen ist es berechtigt die vorliegend behandelten Chalkopyritkristalle als kolloides System zu betrachten, das aus einem ursprünglichen hydrothermalen System kolloiden Charakters entstanden ist. (Die Kristalle als kolloide Systeme in näherer Beziehung zu den Entstehungsbedingungen werden in einer weiteren Arbeit eingehender behandelt werden, da die ausführliche Untersuchung der Innenstrukturen der Kristalle größere Vergrößerungen erfordert, die nur mit Hilfe des Elektronenmikroskops erzielt werden können.)

Typische kolomorphe Strukturen von Chalkopyrit sind auf elektrolytisch geätzten Anschliffen schon bei Vergrößerungen über 2000× deutlich unterschied-

¹ Wir verwenden absichtlich den Ausdruck „kolloides System“, nicht „kolloide Lösung“, weil man unter letzterem allgemein ein Sol versteht.

bar, während kolloide Kristalle nur bei Vergrößerungen über 3000 \times erkennbar sind. Es ist daher begreiflich, daß diese der Aufmerksamkeit der Autorin L. Drnzková (1959) entgingen, nach deren Angabe „die Sulfide in der Lagerstätte Gelnica-Křížová eine normale kristallinische Zusammensetzung, ohne kolloide Anzeichen haben“. Die genannte Verfasserin beschreibt jedoch auch keine kolloidalen Strukturen von Pyrit, die ja doch schon bei einer Vergrößerung 200 \times (Taf. XIV, Fig. 1) sichtbar sind.

Die kolloidalen Strukturen von Chalkopyrit wurden bis jetzt aus den hydrothermalen Lagerstätten des Zips-Gömörer Erzgebirges nicht beschrieben und — soweit den VfF. bekannt ist — sind sie auch aus den anderen Lagerstätten der Tschechoslowakischen Republik nicht bekannt. Dagegen beschreiben mehrere Autoren das Vorkommen kolloidaler Bildungen von Pyrit in den Lagerstätten des Zips-Gömörer Erzgebirges. So erwähnt J. Kantor (1953) aus der sulfidischen Lagerstätte Alžbeta in Bystrý Potok sphäroidische Pyritbildung. Ähnlich beschreibt C. Várek (1959) aus dem Gang Mária in Rožňava feinkörnige Pyritsphaeroide, die er als Produkt einer Umkristallisation gelartiger Aggregate von FeS₂ auffaßt. J. Bernard (1961) beschreibt aus Rudňany Pyrit der VIII. Generation, der kolloidale Strukturen im Kalzit bildet. Ferner wurden kolloidale Strukturen mancher Gangminerale auch aus anderen Lagerstätten der ČSSR beschrieben (Koděra M. 1956, Jarchovský I. 1963, M. Böhmer 1964 u. a.), doch beschäftigen sich diese Autoren nicht mit der Beziehung dieser Strukturen zu den Entstehungsbedingungen der Erzausfüllung.

In der ausländischen Literatur wurden kolloidale Strukturen der Minerale aus vielen Erzlagerstätten beschrieben. Was den Chalkopyrit betrifft, führt N. M. Prokopenko (in Čuchrov 1955) mikrokolloidale Chalkopyritstrukturen in Erzen einer ganzen Reihe von Lagerstätten des kaukasischen Vorlandes an. Die Autorin T. N. Šadlun (1942, 1950) untersuchte mikrokolloidale Chalkopyrit aus den süduralischen Lagerstätten Bljava, Jaman Kasy und in der Nikolajev-Lagerstätte im Altaj-Gebirge. Grobkolomorphe Aggregate von Chalkopyrit sind aus den Erzen von Džezgazgan bekannt.

Im weiteren seien in kürze die Arbeiten der Autoren erwähnt, die kolloidale Strukturen in bezug auf die Bildungsbedingungen der Erzausfüllung behandeln, bzw. Rückschlüsse über den Charakter der Lösung ziehen, aus denen die Erzausfüllung entstanden ist.

Die kolloidalen Strukturen werden auf den Lagerstätten fast immer von kristallinen Aggregaten begleitet, die sich aus den selben Lösungen, wie die Gele bildeten. Die quantitativen Beziehungen zwischen ihnen sind verschieden. G. F. Červjakovskij (1952) beschreibt aus der Kieslagerstätte der III. Internationale eine Bänderung der Erze, die vorwiegend durch abwechselndes Auftreten kolloidaler Erze mit Erz-Streifen kristallin-körniger Aggregate zustande kommt. Aber auch innerhalb der kolloidalen Streifen treten in geringer Menge kristallin-körnige Aggregate auf. Die aus den kristallin-körnigen Aggregaten gebildeten Streifen entstanden nach dem genannten Verfasser durch Umkristallisation und die kristallinen Randzonen deutet er als neue, jüngere Generation. Ähnlich erklärt er auch die Beziehung zwischen dem kristallinischen Pyrit und Melnikovit, an dessen nierenartige Gebilde mit sphärischer Oberfläche die Aggregate des kristallinischen Pyrits anwachsen. Ferner beobachtete T. N. Šadlun auch solche Fälle, wo kristallinischer Pyrit stellenweise die konzentrischen Zonen eines kolloidalen Gebildes (abwechselnd aus Melnikovit und kristallinem Pyrit zusammengesetzt) durchbricht und erklärt diese Erscheinung durch Umkristallisation.

Betechtin (1955, S. 302) studierte eigenartige Bildungen, deren innerer kolloidaler, oder kleinkristalliner Teil allmählich oder plötzlich in stets größere, radialstrahlig angeordnete Kristalle (Aggregate vom Typus der Turmalinonen), übergeht. Die Entstehung solcher Gebilde schreibt er hochkonzentrischen, echten Lösungen zu, in denen in gleichem Maße mit der Abscheidung des Minerals die Konzentration der Lösung sinkt und im Zusammenhang damit die Körnigkeit der entstehenden Aggregate steigt. (Diese Beziehungen erklärt in gleicher Weise T. N. Šadlun 1950.)

Es erübrigt sich noch die Ansicht Betechting über die Entstehung von Kristallen aus kolloidalen Lösungen anzuführen. Nach Betechtin (1955, S. 297) können sich

aus kolloiden Lösungen (Solen), die eine geringe Menge feinverteilter, disperter, Phase enthalten, in dem Falle, daß die Konzentration der in der Dispersionsphase gelösten Komponenten steigt, wirkliche Kristalle aus derselben ausscheiden, gerade so wie aus echter Lösung. Die mehr oder weniger gleichzeitige Bildung der kolomorphen und der kristallinischen Struktur bei einem und demselben Mineral erklärt Betechtin, ähnlich wie auch Šadlun, folgendermaßen: Aus hochkonzentrierten, echten Lösungen kann infolge starker Übersättigung ein Sol entstehen und aus diesem — durch Koagulation — kolomorphe Bildungen, Gele. Nach der Ausscheidung letzterer sinkt die Konzentration der Lösung und weiter entstehen kristallinische Strukturen normal aus echten Lösungen.

Bei dieser Erklärung, wonach je nach der Konzentration der Komponenten in der Lösung einerseits kolomorphe Bildungen aus einem Sol und andererseits kristallinische Aggregate aus echter Lösung entstehen, sind die eigenartigen strukturellen Anordnungen, sowohl wie die Beziehungen zwischen den kristallinischen und kolomorphen Bildungen nicht genügend begründet. Außerdem sind so plötzliche, absolute Veränderungen des Systems schwer vorstellbar. Bei den kristallinischen Aggregaten, wo größere Körner eine kleinkörnige Mitte umwachsen, ist die strukturelle Anordnung durch Veränderungen der Konzentration in echter Lösung nicht genügend begründet, weil hier gesetzmäßig ein gleichmäßig körniges Aggregat entstehen müßte, in dem die Korngröße dem Grad der Übersättigung entsprechen würde.

Aus dieser kurzen Zusammenfassung und Bewertung der herrschenden Ansichten über die Entstehung und das gleichzeitige Vorkommen von Kristallen und typischen kolomorphen Gebilden ist ersichtlich, daß man kolloiden Lösungen nur die Bildung typischer kolomorpher Gebilde zuschreibt. Soweit es sich um gleichzeitig auftretende Kristalle handelt, deutet man sie als Umkristallisationsprodukt der ursprünglichen kolomorphen Gebilde, oder als neue Generation. Im Falle, daß ein gleichzeitiges Vorkommen von Kristallen mit kolomorphen Gebilden auf diese Weise nicht erklärbar ist, setzte man eine radikale Veränderung des Charakters der Lösung aus einer kolloiden, als Sol aufgefaßten, in eine echte Lösung, in Abhängigkeit von der Konzentration der Komponenten, voraus; in dieser Hinsicht wurde sogar angeführt (Betechtin 1955, S. 297), daß Kristalle aus dem dispersen Mittel der kolloiden Lösung ebenso wie aus echter Lösung entstehen können.

Diese Ansichten können vom Standpunkt der neueren Ansichten der Kolloidchemie nicht bestehen, da es keine scharfe Grenze gibt zwischen kolloider Lösung, Sol und echter Lösung und im Falle, daß ein System kolloide Teilchen enthält, gelten bei der Ausscheidung der Kristalle kolloide Gesetzmäßigkeiten und das kolloide Mittel kann nicht als besondere echte Lösung aufgefaßt werden.

Einige Unzulänglichkeiten solcher Auffassung und Erklärung wurden hier bereits angeführt. Diese herrschenden Ansichten konnten keine befriedigende Erklärung geben über die Strukturen des hydrothermalen Quarzes aus der Lagerstätte Gelnica—Křízová (Kminaková — Kipikášová (1963), wo die Verfasserinnen neben typischen Sphaerolithen (Abb. 1) und Koagulaten auch radialstrahlig angeordnete Quarzkristallchen in mehreren aufeinanderfolgenden konzentrischen Zonen beobachteten, wobei diese Zonen gleichsam an die kristallographischen Flächen eines großen Kristalls anzuwachsen schienen. In den einzelnen Zonen treten abwechselnd Körner größerer und kleinerer Dimensionen auf. Die Anzahl der Zonen war von Fall zu Fall verschieden (Abb. 2 und 3). Oft waren auf die größeren Individuen der Randzonen weitere zonale konzentrische Hüllen angewachsen, deren kristallographische Begrenzung beibehaltend (Abb. 4). Man kann sich diese Erscheinung schwer als Ergebnis einer Umkristallisation des ursprünglichen konzentrischzonalen Gelkoagulates vorstellen. Die Beobach-

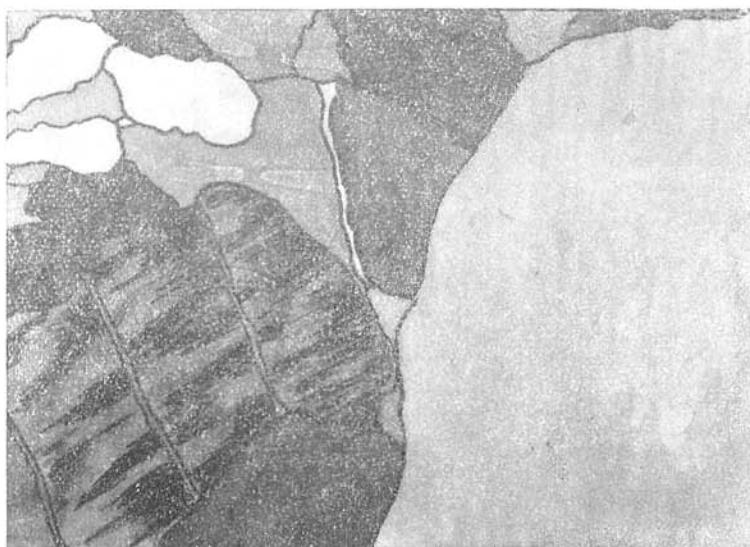


Abb. 1. Fragment eines Quarzsphaeroliths aus der Lagerstätte Križová—Gelnica. Dünnschliff, Nikols X, vergr. 78X.

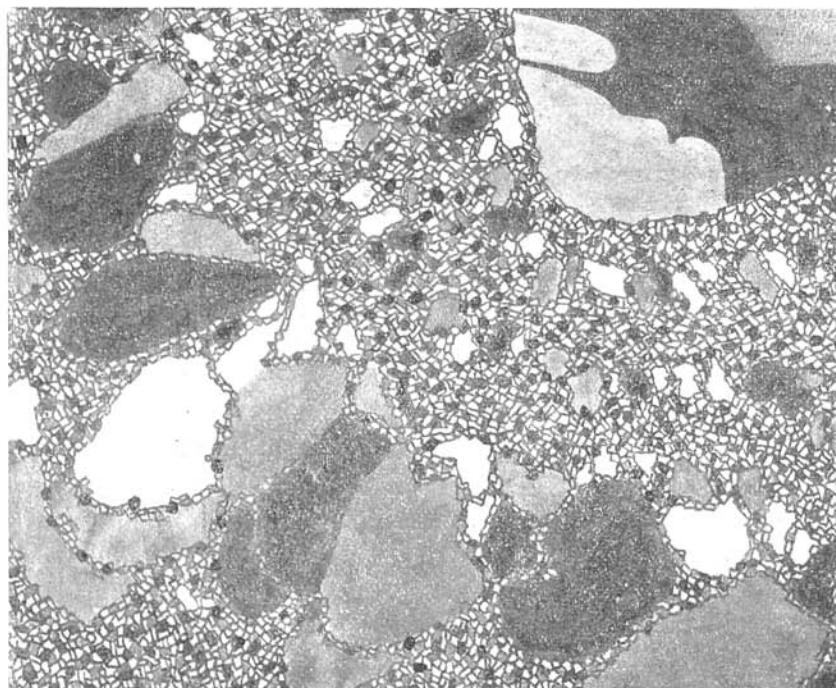


Abb. 2. Charakteristische radialstrahlige und konzentratisch-zonale strukturelle Anordnung der Quarzkriställchen, die Hülle eines größeren Individuums bildend. Lagerstätte Križová—Gelnica. Dünnschliff, Nikols X, verg. 78X.

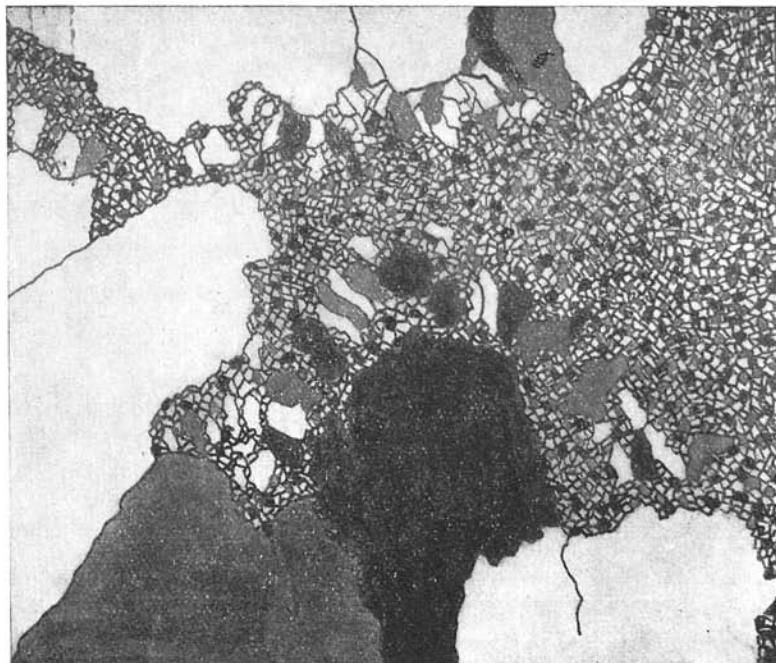


Abb. 3. Konzentrisch zonale und radialstrahlige Hülle, in der zwei Zonen hervortreten. Lagerstätte Križová—Gelnica. Dünnschliff. Nikols X, vergr. 78X.

tungen weisen darauf hin, daß die konzentrischen Zonen des kristallinischen Quarzes durch allmähliches Heranwachsen der einzelnen Kristallschichten aus den Lösungen entstanden und keineswegs das Ergebnis einer selektiven Umkristallisation der Schichten dieser Koagulate sind.

Auf Grund einer Analyse der beobachteten Strukturen und ihrer theoretischen Bewertung gelangten die Verfasserinnen zur Ansicht, daß in einem hydrothermalen System, innerhalb des Bereichs bestimmter Bedingungen — sei es direkt, oder über den Solzustand — einerseits Gelkoagulate entstanden, und gleichzeitig eine Lösung kolloiden Charakters, aus der sich kristallinische Aggregate ausschieden, in deren struktureller Anordnung sich der kolloide Charakter der ursprünglichen Lösung in besonderer Weise geltend machte. G. G. Gruškin und J. G. Chelvas (1951) gelangten auf Grund ihrer Beobachtungen der Kristallisation des hydrothermalen Quarzes ebenfalls zur Ansicht, daß die Kristalle aus gemischter Jon-molekular-Sol-Lösung entstanden sind.

Auf Grund der obenbeschriebenen Beobachtungen der Mineralstrukturen an Proben, die aus dem ganzen Verlauf der Gangausfüllung der Lagerstätte entnommen wurden, gelangten Vff. zur Ansicht, daß sowohl der Chalkopyrit, als auch der hydrothermale Quarz aus einem hydrothermalen System kolloiden Charakters entstanden ist, welches sie nicht als kolloide Lösung betrachten, sondern als System, das aus Teilchen kolloider Dimensionen zusammengesetzt ist, oder solche enthält und in dem sich bei der Ausscheidung der Minerale die Gesetzmäßigkeiten der kolloiden Lösungen geltend machten, die sich von den Gesetzmäßigkeiten der Stoffausscheidung aus echten Lösungen wesentlich unterscheiden. Nach

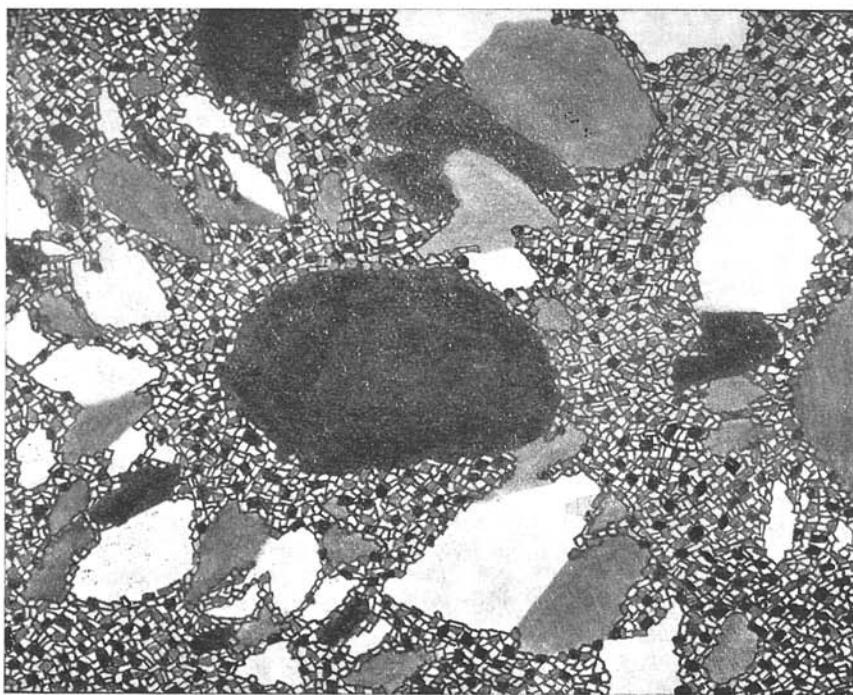


Abb. 4. Auf dem Bilde sieht man, wie an die größeren Kristalle aus der konzentrisch-zonalen Hülle eine weitere konzentrisch-zonale und radialstrahlige Hülle anwächst. Lagerstätte Krížová—Gelnica. Dünnschliff. Nikols X, vergr. 78X. Gezeichnet von M. Langová.

den neueren Ansichten ist die Entstehung der kolloiden Systeme, sowie auch der aus diesen Systemen sich abscheidenden Stoffe (in unserem Falle Minerale mit kolomorphen Strukturen s. l.²) nichts anderes als ein Kristallisationsprozess, der sich unter bestimmten, Entstehung und Wachstum der Keime beeinflussenden Bedingungen abspielte. Für einen in diesem Sinne aufgefaßten Kristallisationsprozeß gebrauchen wir — im Einklang mit der physikalischen Chemie — den Termin Kondensationsprozeß, weil man unter dem Begriff Kristallisationsprozeß im Sinne der gebräuchlichen mineralogischen Terminologie nur die Entstehung von Kristallen, keineswegs aber von Gelen, Koagulaten und Sphaerolithen verstehen könnte. Die Gesetzmäßigkeiten des Kondensationsprozesses erhellen einen ganzen Interwall von Stoffausscheidung aus Lösungen und enthüllen die Bedingungen und Einflüsse, die einmal die Ausscheidung von Gelen, zum anderen von Kristallen mit entsprechendem Innenbau bedingen.

Diese Auffassung ist im Sinne der neueren Erkenntnisse über die Kondensationsprozesse vollkommen natürlich. Die Gesetzmäßigkeiten der Kondensationsprozesse in den Lösungen, die in den Arbeiten von Haber (1922), M. Volmer et A. Weber (1926) und Weimarn (1925) angeführt sind, kann man

² Unter dem eBgriff kolomorphe Strukturen s. l. verstehen wir nicht nur Sphaerolithe, Gele, aber auch Kristalle mit Mosaikbau kolloider Dimensionen mit charakteristischer struktureller Anordnung.

folgendermaßen zusammenfassen: Bei dem Kondensationsprozeß, zu dem es in einem System nach Überschreitung eines bestimmten Übersättigungsgrades kommt, unterscheidet man die Entstehung der Keime, das Wachstum der Keime durch Molekularkondensation und die aggregative Kondensation der primären Teilchen (die aus den heranwachsenden Keimen entstehen). Je nach der Übersättigung unterscheidet Weimarn folgende Kondensationszonen: Die metastabile Zone, wo die Kondensation erst nach sehr langer Zeit beginnt und die Wahrscheinlichkeit des Beginns der Kondensation sehr gering ist; die Zone der Molekularkondensation, wo nur primäre Teilchen entstehen und heranwachsen, einen idealen Innenbau aufweisend, und eine Zone der aggregativen Kondensation, wo bei steigender Übersättigung einerseits primäre Teilchen entstehen und heranwachsen, und gleich auch schon ihre aggregative Kondensation beginnt. Je nach dem Übersättigungsgrad werden die aggregierenden primären Teilchen entweder gerichtet als Kristalle mit Mosaikbau, oder — bei maximalen Übersättigungen — als Koagulate und Gele in Gestalt typischer kolomorpher Strukturen ausgefällt. Im Falle, daß die primären Teilchen zu kolloiden Dimensionen anwachsen, hängt es von der Übersättigung und dem Charakter des Stoffes ab, ob die sekundären, durch aggregative Kondensation entstandenen Teilchen als Koagulate und Gele, oder als kolloide Kristalle mit mosaikartigem Innenbau kolloider Dimensionen ausfallen, wobei die einzelnen Teilchen des Mosaiks primäre Teilchen kolloider Dimensionen sind, durch deren aggregative Kondensation es zur Entstehung des Kristalls kam.

Bei einer solchen Auffassung des Kondensationsprozesses ist es nicht schwer vorstellbar, daß scheinbar unterschiedliche Strukturen (wie Kristalle und Gele sind) mehr oder weniger gleichzeitig aus dem selben System entstehen konnten.

Da auf der behandelten Lagerstätte eine große Menge Strukturen aller dieser Arten beobachtet und höher oben beschrieben wurde, kann man schließen, daß die Bedingungen zur Zeit der Ausscheidung der Erzausfüllung auf der Lagerstätte Gelnica—Križová die Entstehung eines kolloiden Systems bedingten, dessen Gesetzmäßigkeiten sich dann im Verlaufe der weiteren Ausscheidung der Minerale geltend machten.

Die Abhängigkeit der Innenstrukturen von den Entstehungsbedingungen (Bedingungen der Kondensation) wird in gegenwärtiger Zeit in der Kolloidchemie eingehend studiert und die Applikation dieser Erkenntnisse, sowohl wie auch die weitere Entwicklung und detaillierte — statistische Bewertung der hier angeführten Ansichten wird zur Lösung vieler, bisher ungeklärter Probleme über die Entstehung der Lagerstätte und vielleicht auch der hydrothermalen Lagerstätten überhaupt beitragen.

Abschließend danken wir Herrn Doz. Dr. C. Vářek CSc. für seinen wertvollen Rat und die auf diese Arbeit sich beziehenden Diskussionen und Bemerkungen.

SCHRIFTTUM

Andreasen, 1929: *Koloid. Zeitschr.* 48, 175. — Balarew D., 1939: Der disperse Bau der festen Systeme. Dresden. — Bartalský J., Drzníková L., Grecula J., Návesnák, 1962: Gang-Lagerstätten der Cu-Erze im östlichen Teile des Zips-Gömörer Erzgebirges. *Geol. práce* 61, Bratislava. — Bernard J. H., 1961: Mineralogie und Geochemie der Siderit-Schwerspat-Gänge mit Sulfiden im Gebiet von Rudňany. *Geol. práce* 58, Bratislava. — Betechtin A. G. et coll., 1955: *Osnovnyje problemy v učeniji o magmatogennych rudnyx mestoroždenijach*. Moskva. — Betechtin A.

G. et col., 1958: Tekstury i struktury rud. Moskva. — Böhmer M., 1964: Colloform Textures of the Kremnica Ore Veins. Geol. sbor. Slov. akad. vied 15, 2, Bratislava. — Červjakovskij G. F., 1952: O kolomorfných texturach v rudach nekotorych sredneuralskych kolčedanych mestoroždenij. Zap. Vses. min. občš. 4, Moskva. — Čuchrov F. V., 1955: Kolloidy v zemnoj kore. Moskva. — Držníková L., Mandáková K., 1959: Vorläufiger mineralogisch-petrographischer Bericht über den Erzgang Krížová. Handschrift. Archiv GP. Spišská Nová Ves. — Fusán O., Kantor J., 1953: Chalkographische Beobachtungen in der sulfidischen Lagerstätte Alžbeta in Bystrý Potok. Geol. sbor. Slov. akad. vied 4, Bratislava. — Gruskin G. G., Chel'vas J. G., 1951: K voprosu o kristalizacii hidrotermálnych rastvorov. Min. sbor. Evovsk. geol. občš. 5, Evov.

Jarechovský T., 1963: Das Getüge der Erzgänge als Kriterium zur Unterscheidung des kolloiden Charakters von Erzlösungen. Symposium-Problems of postmagmatic ore deposition. Praha. — Juško S. A., 1955: Methoden zur mikroskopischen Erzuntersuchung in reflektiertem Licht. Bratislava. — Kodéra M., 1956: Paragenese und Chemismus der Terézia-Ganges in Banská Štiavnica. Geol. práce 42, Bratislava. — Kollischütter H. V., 1941: Kolloid. Zeitschr. 96, 237. — Kminíaková G., Kipikášová S., 1963: Die Anzeichen der Beteiligung kolloider Lösung bei der Entstehung des hydrothermalen Quarzes in der Lagerstätte Gelnica. Im Druck. — Kminíaková G., Kipikášová S., 1961: Elektrolytische strukturelle Ätzung des Chalkopyrits mit Hilfe des Apparates Elypovist. Im Druck. — Pereljajev A. P., 1963: Nekotorye osobennosti vnutrennego stroyenija pyrita hidrotermal'nogo proischoždenija. Konferencija — Problemy postmagmatičeskogo rudoobrazovaniija. Praha. — Ramdohr P., 1962: Rudnye mineraly i ich srastenija. Moskva. — Šadlun T. N., 1942: O kolomorfných strukturach rud mestoroždenija Jaman-Kasy na Urale. Zap. Vsesoj. min. občš. 2, 3—4. — Šadlun T. N., 1950: Osobennosti mineralogičeskogo sostava struktur i textur rud nekotorych kolčedannych mestoroždenij Urala. Sbornik Kolčedannye mestorož. Urala, AN SSSR, Moskva. — Vareček C., 1959: Paragenetische Verhältnisse des Mária-Ganges in Rožňava. Geol. práce 55, Bratislava. — Vareček C., 1962: Entwicklung der hydrothermalen Mineralisation des Zips-Gömörer Erzgebirges in Raum und Zeit. Geol. práce 61, Bratislava. — Volmer M., Weber A., 1926: Keimbildung in überstättigten Gebilden. Z. phys. Chem. — Weimarn P. P., 1925: Die Allgemeinheit des Kolloidzustandes. Dresden.

Zur Veröffentlichung empfohlen von C. Vareček.

Tafelerklärung

Tafel XIII

Gang Krížová—Gelnica. Fig. 1. Chalkopyritinklusionen in Quarz. Anpolierte Probe, vergr. ungef. 7X.

Tafel XIV

Gang Krížová—Gelnica. Fig. 1. Sphaeroidische Pyritgebilde in Chalkopyrit. Am Chalkopyrit sieht man die charakteristischen dunklen „Verunreinigungen“. Vergr. ungef. 200X, nicht geätzt. — Fig. 2. Anschliff. Mikroskopische Inklusionen von Chalkopyrit (hell) in Quarz (dunkelgrau). Durch elektrolytische Ätzung aufgedeckte kolomorphe Gebilde. Geätzt am Apparate Elypovist, Reagens HNO₃, verdünnt, vergr. 750X. — Fig. 2a. Chalkopyritsphaerolith mit konzentrischem zonalem Bau und betontem Austrocknungssprung. Vergrößertes, auf Fig. 2 mit X bezeichnetes Detail. Vergr. 3000X. Photo S. Kminíaková, G. Kipikášová.

Tafel XV

Gang Krížová—Gelnica. Fig. 1. Anschliff. Unregelmäßige Gebilde von kolomorphem Chalkopyrit, in denen man typische Austrocknungssprünge beobachtet. Elektrolytisch geätzt am Apparate Elypovist mit HNO₃, verdünnt, 3000X. — Fig. 2. Anschliff. Teil des Chalkopyritsphaerolits mit charakteristischem konzentrischem zonalem Bau und hervortretenden Alterungssprüngen. Elektrolytisch geätzt am Apparate Elypovist mit

HNO_3 1:1, vergr. 2900 \times . Fig. 3. Mikroskopischer Chalkopyrit mit Alterungssprüngen. Elektrolytisch geätzt mit HNO_3 , verdünnt, Anschliff, vergr. 2500 \times . Photo S. Kminaková, G. Kipikášová.

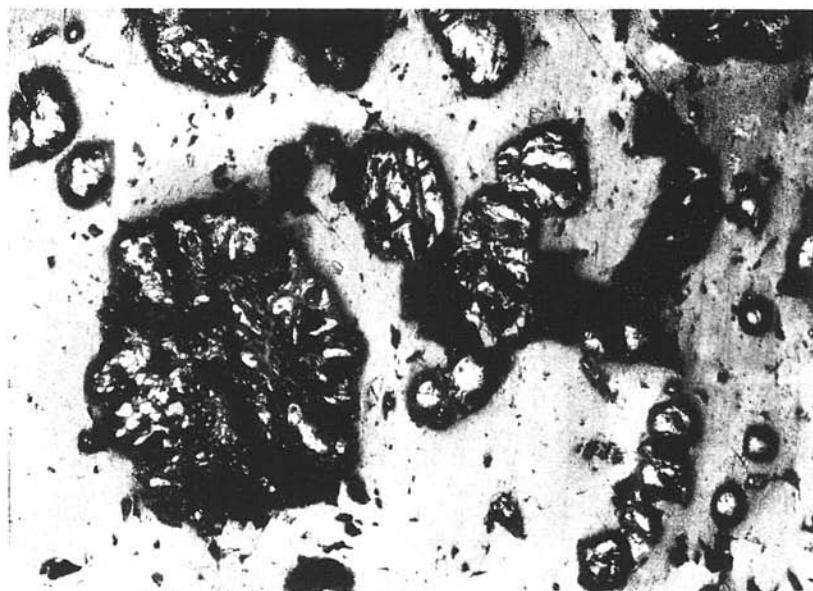
Tafel XVI

Gang Križová—Gelnica. Fig. 1. Anschliff. Nach elektrolytischer Ätzung sichtbare Struktur des Chalkopyrits. Ein Nest feinkörnigen Chalkopyrits (dunkler Teil in der Mitte) durch Chalkopyritkörnchen größerer Dimensionen umhüllt. Elektrolytisch geätzt, Reagens HNO_3 , verdünnt, vergr. 3100 \times . — Fig. 2. Struktur eines Kristalls aus dem Chalkopyritaggregat. Anschliff. Elektrolytisch geätzt mit HNO_3 , verdünnt, vergr. 3100 \times . — Fig. 3. Chalkopyritinklusion in Quarz. Anpolierte Probe, vergr. ungef. 8 \times . Photo G. Kminaková, S. Kipikášová.

Übersetzt von V. Dlabačová.



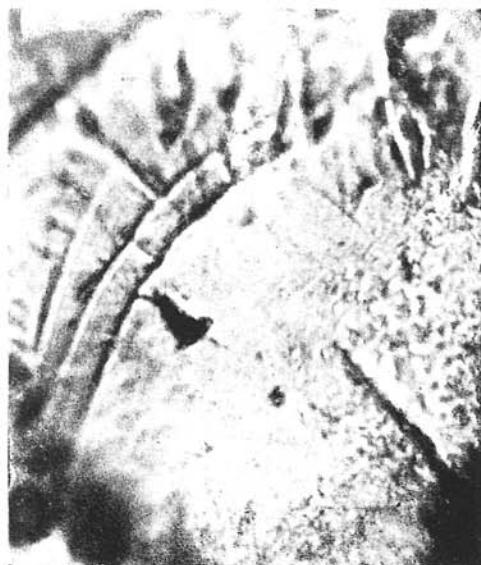
Erläuterungen siehe Seite 157



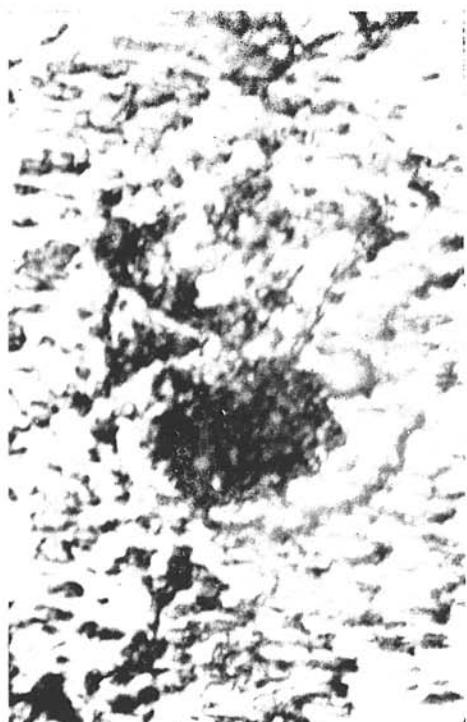
1



2



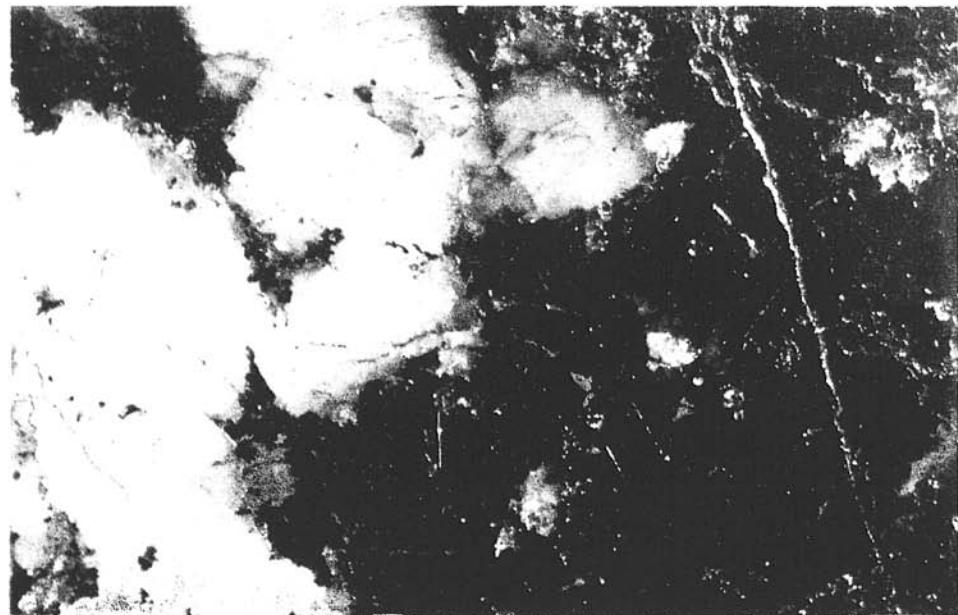
3



1

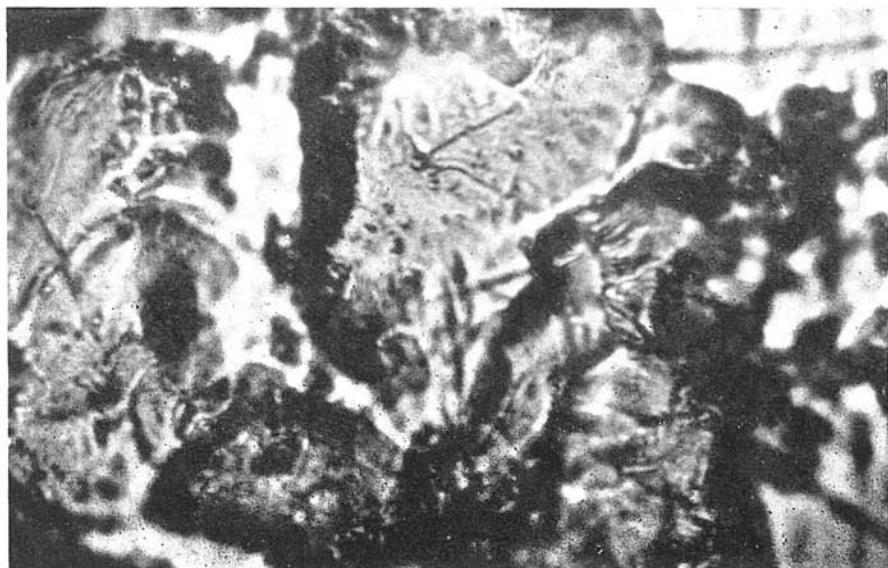


2

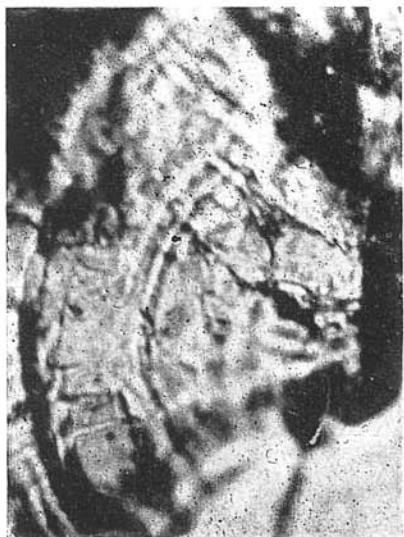


3

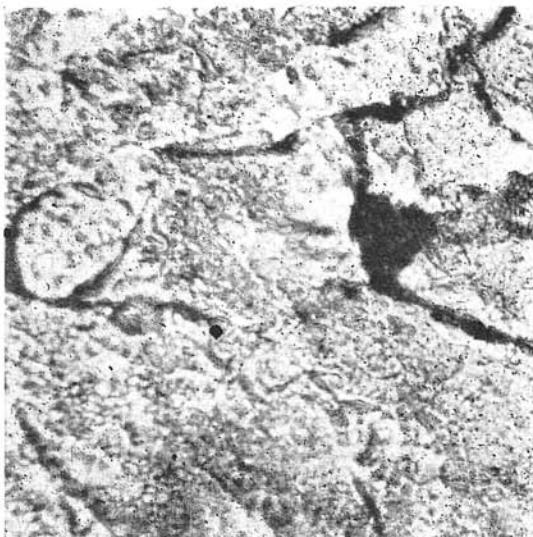
Erläuterungen siehe Seite 157



1



2



3