

Gefügebeispiele für Erzmobilisationen in nichtmetamorphen und metamorphen Lagerstätten

Von O. SCHULZ und H. W. FUCHS*)

Mit 7 Abbildungen

Zusammenfassung

Mobilisationen in Erzparagenesen sind in vielen Lagerstättentypen mit Wahrscheinlichkeit anzunehmen, jedoch gelingt ihr exakter Nachweis, vor allem aber die Feststellung der Ursachen, nur selten. Grundlegende Aussagekraft kommt den Gefügebefunden an Erzkörpern zu, was schon bei der Probenauswahl in jeder Bereichsgröße zu berücksichtigen ist. Für die Umgestaltung von Mineralgefügen sind mechanische und chemische Teilbewegungen in Betracht zu ziehen.

Beispiele für Erzmobilisationen unterschiedlichen Alters werden aus dem Pb-Zn-Milieu von Karbonatgesteinen (Alpine Trias) und aus Sulfid- und Eisenkarbonat-Anreicherungen in metamorphen Gesteinen (Kellerjochgneis, Zentralgneis) besprochen.

Summary

Fabrics of mobilized ores are frequent in nonmetamorphic and metamorphic deposits. Mobilization in ore parageneses are likely to have occurred in many types of deposits, it is, however, hardly ever possible to submit exact proofs and above all to determine their causes. Basic importance is attached to the results of fabric investigations on ore bodies with samples reaching from natural outcrops to micro-analyses and this has already to be kept in mind when taking specimen of all sizes. Mechanical and chemical movements have to be taken into account for the reshaping of mineral fabrics. Samples from the Pb-Zn-environment of carbonate rocks (Alpine Triassic) and from sulphide and Fe-carbonate enrichments in metamorphic rocks (Kellerjochgneis, Zentralgneis) serve as examples of ore mobilizations of different ages.

*) Adresse: Mineralogisches Institut der Universität Innsbruck, A-6020 Innsbruck, Universitätsstraße 4.

Dem Thema „Stoffmobilisation“ wird in Lehrbüchern schon lange große Bedeutung zuerkannt. Wir wissen heute mehr denn je, wie schwierig es meist ist, beweisende Befunde für exakte Aussagen über derartige Stoffumlagerungen zu erbringen.

Ein wesentlicher Beitrag zum Erkennen des wissenschaftlich hochinteressanten und in manchen Fällen sogar bergwirtschaftlich wichtigen Problems kann von seiten der Gefügekunde gegeben werden. Man bedenke die Beziehungen der Gefügepartner in Form der Mineralbausteine zueinander in den kristallinen Gesteinen, auch in den Anlagerungsgefügen der Sedimente, und man erinnere sich an den Einfluß des Fugen- und Kluftnetzes als Wegsamkeit für Lösungen in tektonischen Formungsbereichen.

Wenn allgemein von Mobilisation und Umlagerung die Rede ist, so haben wir zunächst zu fragen: Handelt es sich um mechanische oder um chemische Teilbewegungen, die das bestehende Gefüge verändert und ein neues Gefüge gestaltet haben. Es ist wohl verständlich, daß die mechanischen Umlagerungen sehr viel leichter und exakter beurteilt werden können, denn die Herleitung von umlagertem Gesteins- und Mineraldetritus gelingt meist im Vergleich mit dem Herkunftsareal. Sehr lehrreiche Beispiele liefern besonders die „Resedimente“ im Sinne SANDER's.

Nicht so die chemischen Lösungsumlagerungen, bei denen die Identifizierung zwischen dem aufgelösten Kristallinat und dem Wiederangelagerten strenggenommen nicht gegeben ist. Dennoch ist die Bedeutung der chemischen Mehrfachanlagerung in der Petrologie bekanntlich groß.

Die Stoffbewegungen, sowohl der mechanischen als auch der chemischen Komponente, können in Sedimenten in verschiedenen genetischen Stadien stattfinden: schon frühdiagenetisch, also noch im im weiteren Sinne synsedimentären Stadium, auch noch in postdiagenetischen Zuständen; sie können mit der Metamorphose der Gesteine oder etwa auch mit magmatisch verursachten thermischen Mobilisationen zusammenhängen.

Bezüglich der Transportweite reichen die Stoffumsätze vom Nahbereich von Metasomatosen bis zu Meterhunderter-Ausmaßen und wahrscheinlich auch mehr.

Beginnen wir mit einem schon in Vergessenheit geratenen, bemerkenswerten Befund aus der triadischen Pb-Zn-Lagerstätte Bleiberg. Schon vor über 20 Jahren wurde über posttektonische, also geologisch ganz junge Höhlensedimente im Wettersteinkalk berichtet (SCHULZ, 1957), die innerhalb des großteils noch lockeren Höhlenschlammes und -sandess als Besonderheit eine authigen entstandene, knollenförmige Barytkonkretion enthalten. Sie ist umgeben bzw. vergesellschaftet mit hellgelber Zinkblende, Bleiglanz, Fluorit, Calcit, Pyrit und Gips. Das Vorkommen liegt 430 m unter der Talsohle.

Der geschichtete Höhlendetritus stammt aus dem umgebenden Wettersteinkalk und den Raibler Schichten. Es handelt sich um Kalk- und Tonschlamm mit einigen größeren Gesteinsfragmenten aus dem Höhlenbereich. Die Lagerung ist geopetal, und zwar liegt die Feinschichtung des Höhlenschlammes horizontal, während die Schichtung des Wettersteinkalkes durch die alpidische Tektonik mittelsteil geneigt ist. Abb. 1 zeigt einen Ausschnitt der Barytkonkretion im Durchlicht.

Nach dem Detailbefund kann das Barytaggregat mit seinem umhüllenden Erzsaum keinesfalls als detritische Komponente gedeutet werden, sondern es muß

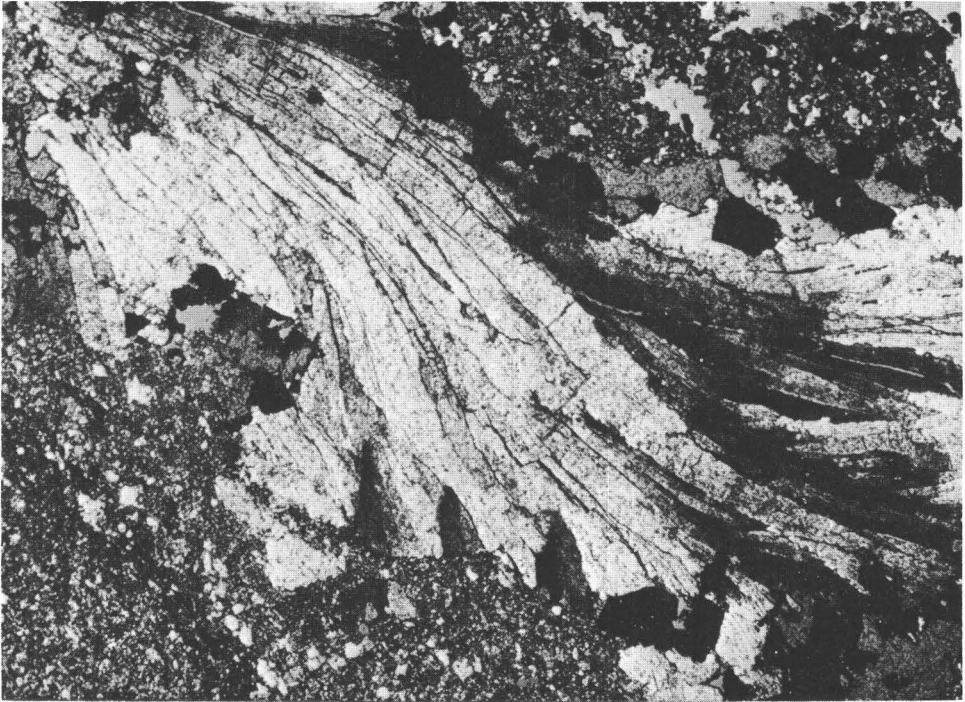


Abb. 1. Fächerförmige Anordnung von Barytblättern (weiß, weißgrau), z.T. saumförmig umwachsen von Zinkblendekriställchen (schwarz) und etwas Fluorit (grau). Karbonat-Ton-Schlamm (feinstkörnig grauschwarz). Dünnschliff, Nicols x. Natürliche Größe: 3×2 mm. Bleiberg, Gailtaler Alpen.

sich um eine authigene, chemische Internbildung in dem jungen Höhlenschlamm handeln. Dieser Befund zeigt also, daß neben den dominierenden mechanischen Materialumlagerungen grundsätzlich auch chemische Mobilisierungen, und zwar sogar im Quartär, stattgefunden haben müssen.

Natürlich gibt es in unseren kalkalpinen Pb-Zn-Lagerstätten auch über Mobilisationen größeren Umfangs zu berichten. Mechanische Resedimentation im Flachwasserbereich ist schon seit den 60er Jahren bekannt. Die Tatsache, daß die resedimentierten Fragmente arenitischer bis ruditischer Korngröße z. T. bereits als Interngefüge schichtiges Erz enthalten, ist als Beweis für die intratriadische sedimentäre Genese der Pb-Zn-Erze hervorgehoben worden.

In den letzten Jahren konnte man im Revier Max der Bleiberger Lagerstätte die Auffüllung eines Dolomitsteinreliefs am Meeresboden der Oberkarnzeit beobachten. Das reliefgefüllende Sediment (Abb. 2) ist reich an Zinkblende und ist z. T. von detritischer, poröser Beschaffenheit. Hier kann es sich um mechanisch und chemisch resedimentiertes Erz aus einem nahen Erzkörper handeln. Die Reliefbildung konnte allerdings für die Erzanreicherung nicht allein verursachend sein, sondern es mußte bereits ein Erzkörper existieren, von dem mechanisch und chemisch abgetragen und

umgelagert werden konnte. Andernfalls enthält das relieffüllende Karbonatsediment eben kein Erz, wie in anderen, sonst analogen Strukturen festgestellt werden konnte.

In den triadischen Pb-Zn-Lagerstätten kennen wir den häufigen Befund des Nebeneinanders von einerseits feingeschichteten Erzschlammern und andererseits kolloformen Gefügen und grobkristallinen Aggregaten. Dabei alternieren diese verschiedenen Gefüge nicht nur in den inhomogenen Parallelgefügen (also als Schichtung), sondern die auf chemische Anlagerung zurückzuführenden und genetisch mehrdeutigen derbkristallinen Gefüge und Gelbildungen erweisen sich als eindeutig sekundär, weil sie das typische Sedimentärerzgefüge oft diskordant anschneiden (Abb. 3).

Diese als mobilisierte Erze anzusprechenden syndiagenetischen Gefüge wurden schon 1953/54 von SCHNEIDER und TAUPITZ richtig gedeutet. Heute kann man auch die Ursachen derartiger lokaler Stoffumsätze glaubhaft erklären, wurden doch große Anteile unserer kalkalpinen Pb-Zn-Lagerstätten im Flachwasser von Lagunenbereichen gebildet, in denen zeitweise hypersalinare Zustände geherrscht haben. Der gelegentliche Nachweis von Gips und Anhydrit im Wettersteinkalk (z. B. im Faziestyp „Messerstichkalk“) bestätigt dieses Ablagerungsmilieu.

In diesen Flachwasserarealen wurden die Sedimentbauzonen nicht nur durch mechanische, chemische und biogene (Stromatolithe) Anlagerung bereichert,



Abb. 2. Erosionsmulde im 1. Zwischendolomit der Raibler Serie mit geopetaler, ZnS-reicher Relieffüllung (rechts). Kreuth, Gailtaler Alpen.

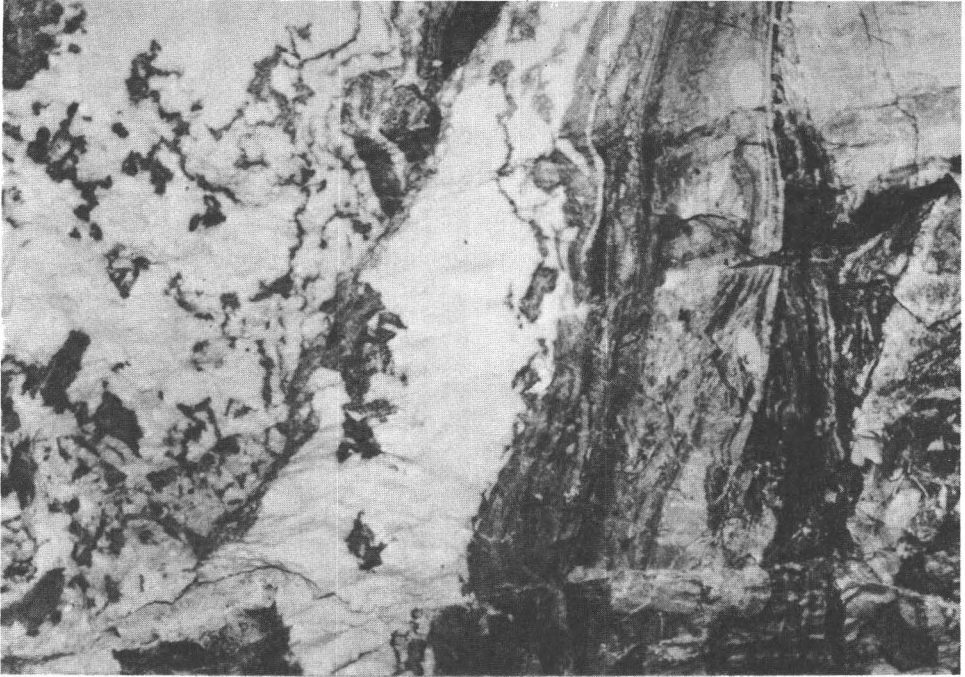


Abb. 3. Sedimentäre Zinkblende-feinschichten sind durch Lösungsangriff erodiert und durch Schalenblende, grobkristalline Zinkblende und Calcit ersetzt. Bildausschnitt 82 × 55 cm. Lafatsch, Karwendel.

sondern auch durch mechanische und chemische Abtragung gestört. In solchen Kalk-Dolomit-Abfolgen sind ja auch viele Emersionshorizonte sedimentologisch nachgewiesen.

Die Erkenntnis, daß in diesem geochemischen Milieu Erz- und Begleitminerale aufgelöst und (nach hydratogenem Lösungstransport) wieder ausgefällt werden konnten, gibt uns eine Fülle von Möglichkeiten, viele der mehrdeutigen Erzaggregate zu erklären.

Man sollte freilich darauf achten, daß auch hydrothermale Metalltransporte stattgefunden und nach Verdrängung des Kalk-Dolomit-Gesteins und Schaffung von Lösungshohlräumen zum Teil ähnliche Vererbungsbilder hervorgerufen haben können.

Als sichergestellte diagenetische Verdrängungen dürfen die in den nichtmetamorphenen Sedimenten häufigen bipolaren Parallelgefüge bezeichnet werden. An diesen können die Zusammenhänge mit dem ursprünglichen Sedimentärerz, kann die genetische Entwicklung des kristallinen Lagenbaus, z. B. aus Zinkblende-Feinschichten, verstanden werden.

Man kennt solche bipolare Gefüge seit langem, dem Lagerstättenkundler sind vor allem die Sideritrasen und Magnesitlagen mit bipolarem Kristallwachstum geläufig. Die Auflösung, das Herauslösen, vollzieht sich immer selektiv und betrifft

bevorzugt reine, monomineralische Feinlagen und eher grobkörnige als feinkörnige Laminae.

Diese Form der Verwischung ursächlicher sedimentärer Gefüge durch diagenetische Mobilisationen ist nicht die einzig mögliche. In viel häufigeren Fällen nämlich bilden sich die Schichtung abbildende grobkörnige Aggregate mit homogenem Pflastergefüge, so z. B. bei den Mineralen Flußspat, Calcit, Bleiglanz, während bei Zinkblende die Neigung zur Gelbildung auffällt. Abb. 4 zeigt ein Handstück mit zahlreichen, makroskopisch nicht sichtbaren, schichtparallelen Fluoritlagen. Nur fluoritreiche Partien wurden diagenetisch aufgelöst und bilden sekundäre grobkristalline Laminae.

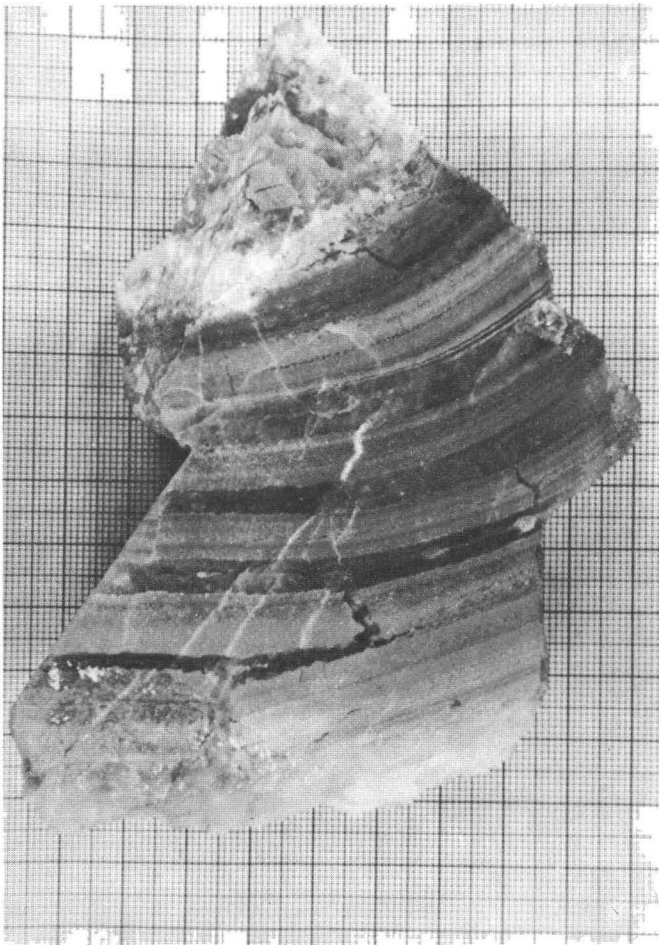


Abb. 4. Sekundäre, bipolare Fluoritkristallisation (dunkelgrau) nach syndiagenetischer Mobilisation in primär-sedimentären Fluoritfeinlagen des Wettersteinkalkes. Maßstab: Millimeterpapier. Brantlrinne/Vomperloch, Karwendel.

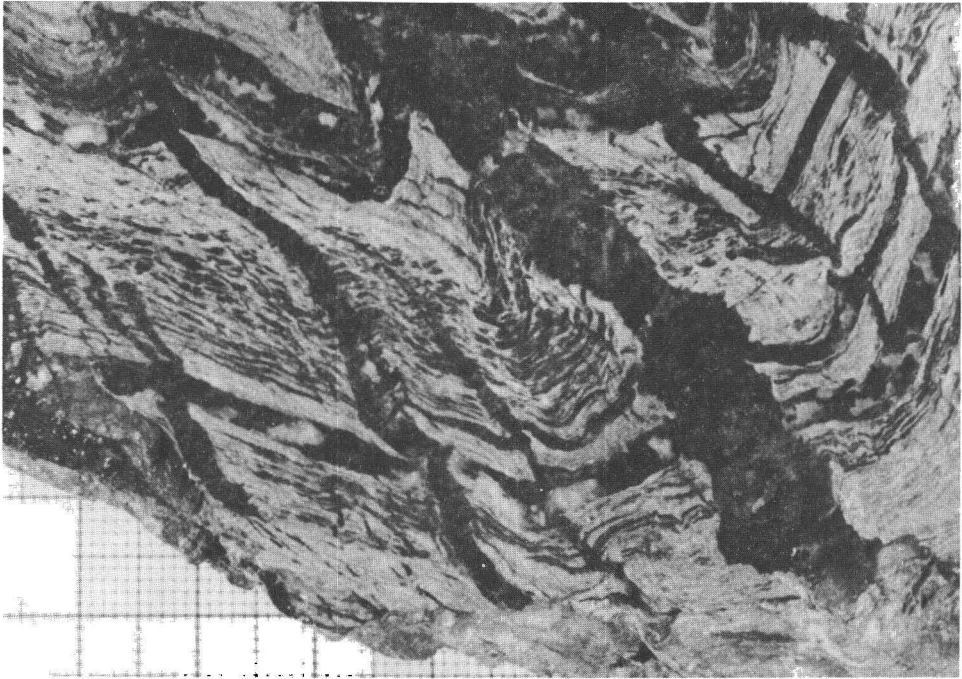


Abb. 5. Bereitschaft zur Mobilisation in primär-feinschichtigem Sideritphyllit führt zu Sideritkristallisation in s-diskordanten Zerrfugen. Der die Kluftwände z. T. begleitende zarte Quarzsaum kommt im Anschliff nicht zur Geltung. Maßstab: Millimeterpapier. Gebra, Kitzbüheler Alpen.

Sehr viel schwieriger wird die Beurteilung von Erzmobilisationen in metamorphen Gesteinsbereichen, obwohl gerade hier Umkristallisationen und chemische Stofftransporte als selbstverständlich vorausgesetzt werden müssen. Wenn man aber annimmt, daß eine sedimentäre Lagerstätte metamorph überprägt wurde, so fallen die Probleme erst auf, die sich einer präzisen Erklärung von Gefügen entgegenstellen: haben wir doch zuerst mit diagenetischen Lösungsereignissen zu rechnen, wozu dann noch die durch Metamorphose ausgelösten Mobilisationen kommen. Allerdings läßt die unterschiedliche Mobilisierbarkeit der Erzminerale den Versuch einer Gefügeinterpretation nicht aussichtslos erscheinen.

Weil die Auskristallisation der in Lösung bewegten Stoffe zweifellos wegsamkeitsbedingt – am besten in Rupturen – stattfindet, aber auch von Inhomogenitäten des Druckes in geschichteten Arealen abhängig ist, werden wir oft analoge oder ähnliche Paragenesen und Gefüge einerseits durch tektonische Entmischungen parallel der stofflichen Abfolge, andererseits aber auch diskordant dazu vorfinden.

Sehr anschauliche Beispiele waren in der paläozoischen Zinnerlagerstätte Stockenboi (Kärnten) zu beobachten: Von den schicht- und schieferungsparallelen Erzanreicherungen ausgehend, haben im Zuge der epimetamorphen Überprägung Mobilisationen zu Zinnervererzungen in lokalen diskordanten Zerrfugen geführt.

Analoge Fälle kennen wir aus den Sideritlagern und den Pyrit-Kupferkies-Quarz-Lagern in der schwach metamorphen Grauwackenzone der Kitzbüheler Alpen. In Abb. 5 ist ein Ti-reicher Sideritphyllit von Gebra-Lannern mit primärem, sehr unreinem, gefalteten Siderit sowie sekundärem grobkristallinen Siderit in Zerrfugen dargestellt. Die Salbänder bestehen aus Quarz, die Hauptkluffüllung besteht aus sehr reinem Fe-Karbonat.

Über die Fahlerz-Mobilisationen in der devonischen Lagerstätte im Schwazer Dolomit berichtet Kollege GSTREIN in einem eigenen Referat.

Bleiben wir aber in diesem Bereich der Tuxer Voralpen: Da liegt von WENGER (1979) eine Studie über eine diskordante und konkordante Kupferkies-Eisenspat-Vererzung mit etwas Co aus dem Öxeltal NE des Kellerjochs bei Schwaz vor. Dort sind in phyllonitischen Randzonen des mittelostalpinen Schwazer Augengneises – es handelt sich dabei um eine tektonische Deckscholle – Serien von stoffdiskordanten Erzgängen entwickelt. Am bekanntesten sind die vier Sideritgänge von Schwader Eisenstein, die auch geringe Mengen sulfidischer Erze führen.

Bei der Kaunzalm aber fand WENGER unweit eines schon bekannten Erzganges zusätzlich eine noch nie beschriebene stoffkonkordante Mineralisation, weshalb dieser Fall für eine lagerstättengenetische Information besonders interessant erscheint.

Im Gneis sind stoffliche Inhomogenitäten erkennbar; dazu gehört lokal auch die genetisch älteste Erzführung, nämlich die in Lagerposition: mit Kupferkies, Pyrit, Zinkblende, Bleiglanz, Fahlerz, Glaukodot, Markasit, Arsenkies und Eisenkarbonaten. Als Besonderheit wird über die Anreicherung von Turmalin berichtet, der als Charakteristikum dieses Mineralisationstyps im Erzlager selbst sowie im unmittelbar angrenzenden Liegenden und Hangenden gefunden wurde. Bei dieser Lagererzführung scheint es sich um ein auskristallisiertes Relikt aus einem prämetamorphen, syngenetischen Anreicherungsstadium zu handeln.

Im mineralogischen und gefügemäßigen Gegensatz dazu stehen jüngere, und zwar stoffdiskordante, Vererzungen in Klüften. Eine davon stellt die unter „Lagerstätte Kaunzalm“ bekannte Vererzung dar, deren Minerale außer als freier Internabsatz im Gang auch diffus als Imprägnation in den Wänden des Nebengesteins ausgeschieden wurden.

WENGER hält die Hauptvererzung im Gang für möglicherweise syntektonisch zur Hauptdeckenüberschiebung des Augengneises, wofür eine Mobilisation des lagerförmig gespeicherten, alten hydrothermalen Metallbestandes für ausschlaggebend angesehen wird. Der Erzgang enthält keinen Turmalin, und anstelle von Siderit sind hauptsächlich Breunnerit, Pistomesit und Dolomit ausgeschieden.

Der gefügemäßige Unterschied der zeitlich verschiedenen Mineralisationen in Lager und Gang liegt besonders in der Korngröße und in der Regelung der Erzkomponenten.

Ein anderes Forschungsergebnis, ebenfalls hochkristalline Gesteine betreffend, liegt aus dem penninischen Zentralgneis im Stillupptal S Mayrhofen im Zillertal vor. Bei diesem kleinen Erzvorkommen handelt es sich wieder um Mobilisationen aus einem im Gneis unauffälligen Erzlager, welches der Anlaß für eine Umlagerung der Minerale durch Lösung gewesen sein muß (WENGER, 1981). Die lagerartige Kies-

ansammlung umfaßt eine quantitativ bescheidene Paragenese von Magnetkies, Kupferkies, Bleiglanz, Zinkblende, Pyrit, Arsenkies, Magnetit sowie Fe-Karbonat und Spuren von Au. Sie ist als Relikt einer Metallanreicherung in einem sedimentären, möglicherweise paläozoischen Vorstadium des Paragneises zu betrachten. Selbstverständlich läßt das umkristallisierte Lagerrelikt keinen unmittelbaren Schluß auf ein primäres Gefüge zu. Als Bestätigung, daß es sich um eine alte, durch Metamorphose nicht ausgelöschte schichtige Metallansammlung handelt, wurden in dieser Abfolge auch lagig angeordnet Fe-Karbonate und Calcit gefunden.

Die s-diskordanten Ausfällungen fanden in zwei genetisch unterscheidbaren Gangtypen statt. Die ältere schneidet die Schieferung spitzwinklig, die verschiedenen orientierten Zerrfugen sind dem lokal überblickbaren tektonischen Gefüge nicht zuordenbar. Sie werden ihrerseits von jüngeren, wohl alpidischen Scherklüften versetzt. Am auffälligsten und daher schon bisher bekannt und beschürft ist dabei ein Quarzgangtyp mit bis 1 m Mächtigkeit, mit den Erzmineralen Magnetkies, Pyrit, Bleiglanz, Kupferkies, Fe-Karbonaten sowie den typischen alpidischen Gangmineralen Quarz, Prochlorit und Orthoklas.

Dieses Beispiel an einem nur bescheidenen Erzvorkommen zeigt die komplizierten genetischen Zusammenhänge in mehrfach metamorph beeinflussten Arealen.

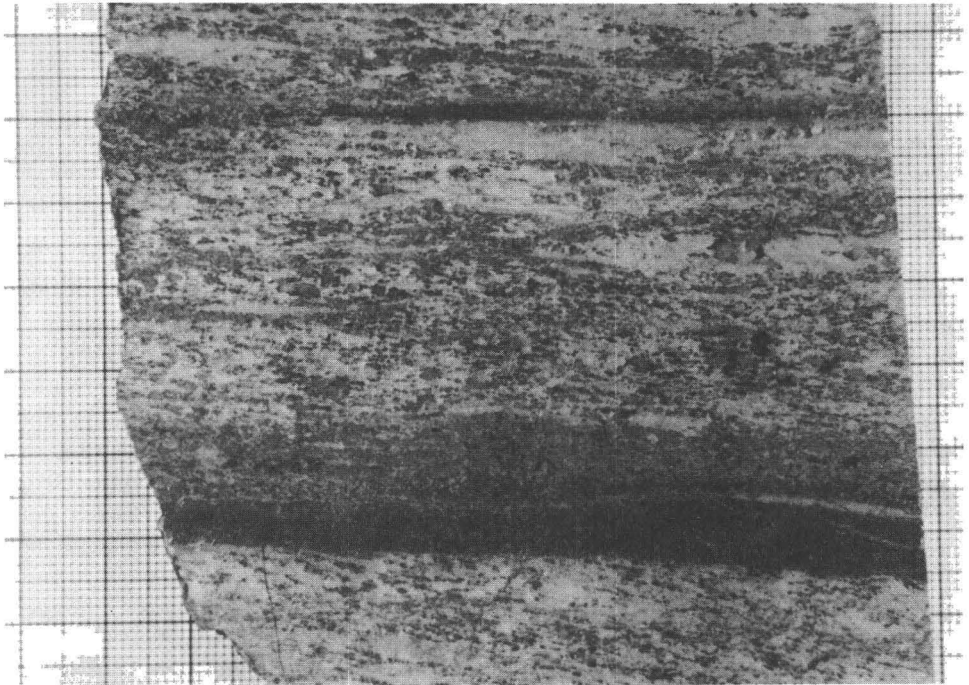


Abb. 6. Nach der Metamorphose erhalten gebliebene feinschichtige Wechsellagerung von Ankerit (schwarzgrau), Limonit (grau), Dolomit (lichtgrau), Glimmer und Pyrit. Anschlifffläche gefärbt mit K-Hexacyanoferrat-(III). Maßstab: Millimeterpapier. Oberer Pochkarsee, Hohe Tauern.

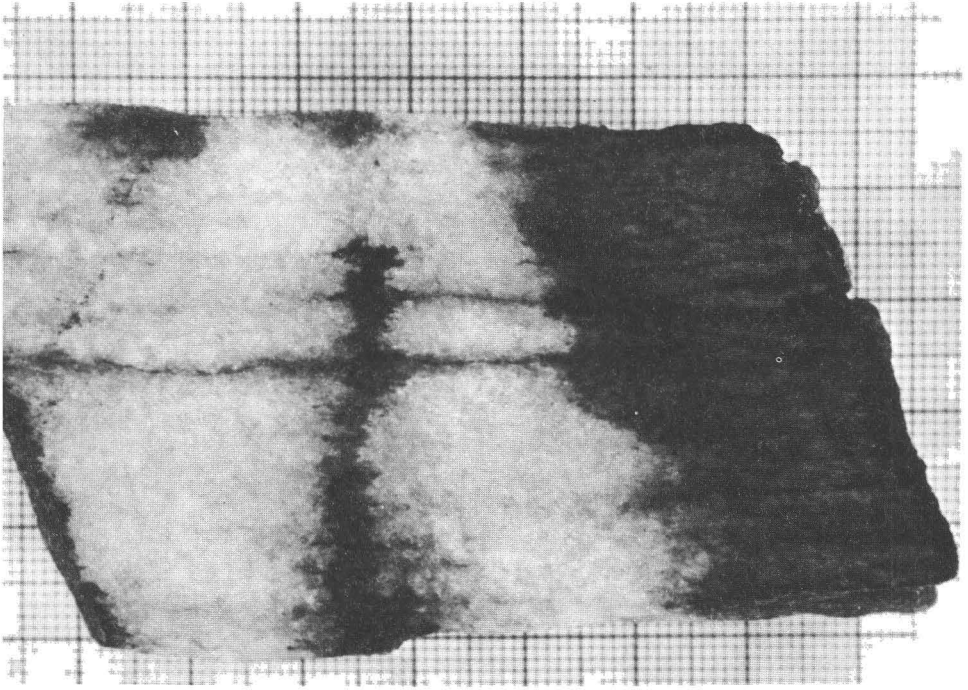


Abb. 7. Im sericitführenden Calcitmarmor (grauweiß) diskordant zur Schichtung = Schieferung verlaufende Zerrfugen mit Ankerit. Unscharfe Grenzen durch, nur im Kleinbereich, metasomatisches Vordringen des Ankerits in den Calcit. Anschlifffläche gefärbt mit K-Hexacyanoferrat-(III). Maßstab: Millimeterpapier. Oberer Pochkarsee, Hohe Tauern.

Der Bericht über gefügemäßig belegbare Erzmobilisationen ließe sich noch weit fortsetzen, ich greife aber nur noch ein Beispiel aus unserem Arbeitsgebiet heraus. Es betrifft die berühmten Tauern-Gold-Quarz-Gänge im Zentralgneisbereich von Badgastein-Rauris. Die viele Hunderte Meter tief reichenden Zerrklüftfüllungen treten bekanntlich in die an einigen Stellen erhaltene Überlagerung von permisch-mesozoischen metamorphen Sedimenten der Schieferhülle ein. Dort fällt eine topomineralische Veränderung der aus dem Zentralgneis gewohnten Paragenese auf. Sie wird zum Teil wohl verursacht durch die in diesen Sedimenten schon syngenetisch enthaltenen Fe- und Mn-reichen Zwischenschichten, in denen das Fe zwischen dem von Lösungen durchströmten Fugennetz in stratiformer, weitgehend ursprünglicher Position nachgewiesen werden konnte (Abb. 6, 7).

Mit diesen ausgewählten Beispielen über gefügemäßig beurteilbare Erzmobilisationen sollte eine Anregung gegeben werden, weitere Untersuchungen anzustellen. Es sollte aber auch die Anregung gegeben werden, bei geochemischen Analysen in der Auswahl der Proben sehr kritisch zu sein und sich von gefügekundlichen und mineralogenetischen Grundlagen (als sichtbare Beweise) leiten zu lassen. Sie bieten oft die Möglichkeit einer verlässlichen Beurteilung heterogenetischer Paragenesen, von Rekurrenzen der Minerale, von Rejuvenationen, Verdrängungen und Mobilisationen.

Doch erlaubt erst die Beurteilung des Gesamtgefüges, des Gesamtrahmens der Lagerstätten mit allen Raumdaten, die optimale Ausschöpfung der Möglichkeiten.

Literatur

- SANDER, B. (1948): Einführung in die Gefügekunde der geologischen Körper, I. – Springer-Verlag, Wien.
- SANDER, B. (1950): Einführung in die Gefügekunde der geologischen Körper, II. – Springer-Verlag, Wien.
- SANDER, B. (1970): An Introduction of the Study of Fabrics of Geological Bodies. – Pergamon Press Oxford, Braunschweig, 641.
- SCHNEIDER, H. J. (1953): Neue Ergebnisse zur Stoffkonzentration und Stoffwanderung in Blei-Zink-Lagerstätten der Nördlichen Kalkalpen. – Fortschr. Miner., 32, 26–30.
- SCHNEIDER, H. J. (1954): Die sedimentäre Bildung von Flußspat im Oberen Wettersteinkalk der Nördlichen Kalkalpen. – Abh. Bayer. Akad. Wiss., math.-natw. Kl., N.F., 66, 1–37.
- SCHULZ, O. (1957): Über ein Höhlensediment im Bergbau Bleiberg-Kreuth (Kärnten). – Mitt. Geol. Ges. Wien, Bd. 48 (1955), 297–303.
- TAUPITZ, K. C. (1953): Die verschiedene Deutbarkeit von „metasomatischen“ Gefügen auf „thermalen“ Blei-Zink-Lagerstätten. – Fortschr. Miner., 32, 30–31.
- TAUPITZ, K. C. (1954): Erze sedimentärer Entstehung auf alpinen Lagerstätten des Typs „Bleiberg“. – Zeitschr. f. Erzbergbau u. Metallhüttenw., 8, 1–7.
- WENGER, H. (1979): Diskordante und konkordante Kupferkies- und Eisenspatvererzung im Bereich des Kaunzalm-Hochlegers im Öxeltal (Tuxer Voralpen). – Veröff. Museum Ferdinandeum, Jg. 1979, 59, 85–98.
- WENGER, H. (1981): Metamorphe Erzmobilisationen im Zentralgneis des Stillupptales (Zillertal, Tirol). – Veröff. Museum Ferdinandeum, Jg. 1981, 61, 171–186.