

# Kolloforme ZnS-Lagengefüge und ihre Genese in Karbonatgesteinen

OSKAR SCHULZ\*)

mit 4 Abbildungen

## Summary

In the Zn-Pb-deposits of the Karwendelgebirge (North Alpine, triassic geosyncline) and more frequently in the cracow-silesian deposits (epicontinental, extralpine triassic) bilateral-symmetric, antipolar sphalerite layer structures with space rhythms are occurring. An extensive quasiparallelism exists between these inhomogeneous parallel fabrics and the sedimentary stratification. Possibilities of genesis are discussed with the result that the layered sphalerite crustifications originated by replacement and mimetic crystallization, mostly after having formed colloform sphalerite as an intermediate stage. The ambiguous colloform growth fabrics do not allow an interpretation of the age of replacement and the primary participation of the sphalerite as a component of the carbonate. A syndiagenetic replacement and recrystallization process forming the colloform layer structure of sphalerite is assumed for the examples in the „Nördliche Kalkalpen“ because of the joint occurrence with symsedimentary finely bedded ore layers.

## Zusammenfassung

In Zn-Pb-Lagerstätten des Karwendelgebirges (Nordalpine Triasgeosynklinale) und vor allem in den krakau-schlesischen Lagerstätten (außer-alpine, epikontinentale Trias) gibt es bilateral-symmetrische, antipolare Zinkblendelagenbau mit raumrhythmischer Abfolge. Es besteht weitgehend Quasiparallelismus dieser inhomogenen Parallelgefüge zur sedimentären Schichtung. Entstehungsmöglichkeiten werden erörtert mit dem Ergebnis, daß die lagig gebauten Zinkblendekrusten durch Verdrängung und Abbildungskristallisation, und zwar größtenteils über ein Kolloidstadium des Zinksulfides entstanden sind. Über die Mitbeteiligung von Zinkblende in den ursprünglichen Karbonatgesteinen und über die zeitliche Einstufung der Verdrängungsereignisse geben die mehrdeutigen kolloformen Wachstumsgefüge keine Aussage. Für die kalkalpinen Beispiele wird allerdings wegen des gemeinsamen Auftretens mit symsedimentären Erzfeinschichten auf syndiagenetische Verdrängungen und Umkristallisationen zu einem kolloformen ZnS-Lagengefüge geschlossen.

## Einführung

Schalenblenden treten beim Zinksulfid vor allem unter schwach temperierten Entstehungsbedingungen auf und spielen in manchen Lagerstätten eine dominierende Rolle. Die gestaltliche Variabilität solcher Kolloidalgefüge ist beträchtlich und ebenso vielseitig die Genese. Da hierfür die rhythmisch-chemische Anlagerung

\*) Univ.-Prof. Dr. O. SCHULZ, Institut für Mineralogie und Petrographie der Universität Innsbruck, Abt. Geochemie und Lagerstättenlehre, A-6020 Innsbruck, Universitätsstraße 4.

mit ihren gefügebildenden Teilbewegungen maßgeblich ist, also keine mechanische Anlagerung für das Lagengefüge von Einfluß ist, erklärt ihre etwas vernachlässigte Betrachtung im Rahmen der Pb-Zn-Forschung in kalkalpinen synsedimentären Lagerstätten. Denn der Nachweis typisch sedimentärer Erzgefüge beruht so gut wie nur auf den Merkmalen, die die mechanische Anlagerung liefert.

Einen auffallenden Typ mit schichtungsähnlichem Bau und bilateralsymmetrischen Krusten in rhythmischer Abfolge, zum Teil noch mit flächigen Drusenräumen, gibt es an einigen Lokalitäten der Lagerstätten Lafatsch im Hinterautal und Vomperloch (beide Karwendelgebirge, Tirol), vor allem aber, mit enormer Ausdehnung, in krakau-schlesischen Pb-Zn-Lagerstätten. Am Beispiel der Erze wird die Entstehung derartiger Gefüge erörtert und die Erkenntnisse mit den Ergebnissen der polnischen Kollegen über die schlesischen Zinkblenden verglichen.

### Allgemeines

Schalenblenden entstehen bekanntlich durch rhythmische Fällungen und sind als chemische Anlagerung disperser Niederschläge unbeeinflußt von der Schwerkraft. Diese Anlagerung erfolgt entweder frei an eine reale, externe oder interne Grenzfläche, oder auch nicht frei, nämlich metasomatisch, im geschlossenen Korngefüge (Nomenklatur nach SANDER 1948, 1950, 1970). Daher liefern Kolloidalgefüge ebenso wie Kristallrasen zwar häufig polare, aber — abgesehen von seltenen, geeichten Einzelfällen — keine geopetalen Gefüge. Ihr Auftreten auf echten Schichtflächen als Bauzonen, sowie an Decken und seitlichen Begrenzungswänden von Hohlräumen jeder Art, z. B. auch auf vertikalen Kluftwänden, kann einem extern- oder internsedimentären, syndiagenetischen Anlagerungsvorgang entsprechen oder mit diesem auch überhaupt nicht im Zusammenhang stehen.

Es fällt aber auf, daß in den stratiformen Pb-Zn-Erzkörpern kalkalpiner Lagerstätten häufig ein Quasiparallelismus zwischen der Schichtung der Sedimente und den Schalenblendelagen gegeben ist. Falls aber die Schalenblendelagen zu einer Inhomogenitätsbreccie zerbrochen sind, so liegen die Schollen statistisch immer noch gestaltlich in den Schichtverband eingeregelt vor. Wie zahlreiche Befunde beweisen, ist in diesen Fällen die Ursache der s-parallelen Schalenblendelage in der primär stratiformen Zinkanreicherung zu suchen, in deren Rahmen nicht nur mechanisch abgelagerte Erzpelite, sondern auch extern- und internsedimentäre kolloforme Mineralanlagerungen, wie z. B. „Absätze“ von ZnS-Gel, nachweislich zustande gekommen sind (TAUPITZ 1954; SCHNEIDER 1954; SCHULZ 1959, 1960 a, b, 1968; MAUCHER—SCHNEIDER 1967). Derlei Gefüge sind wenigstens zum Teil durch polare Anlagerung mit der Konvexeite der Halbkugeln nach oben entstanden: die Schalenblendelagen selbst sind diesfalls Lage für Lage als Bauzonen des wachsenden Sediments zu identifizieren. Derartige polare Baue erweisen sich in manchen Sedimentabfolgen sogar als bedingt geopetal. Diese Erkenntnis darf aber ja nicht verallgemeinert werden, und es ist in jedem Einzelfall eine Prüfung erforderlich.

Wohl keine Sedimentbauzonen im Sinne der Gefügekunde (SANDER 1950, 1970) stellen aber die hier zur Diskussion stehenden lagigen, bilateral-symmetrischen Schalenblendekrusten dar; denn es wird deren sekundäres Auftreten im sedimentären Karbonatgesteinsverband, syndiagenetisch oder epigenetisch, nicht anzuzweifeln sein.

Ähnliche antipolare (bipolare) Gefüge kennt man bei vielen Mineralaggregaten. Es sei an die Karbonate erinnert, insbesondere an Siderit und Magnesit, an Hämatit,

Limonit, Manganoxide, Chaledon, aber auch an Borate (MEIXNER 1953) u. a. m. Die Mehrdeutigkeit ihrer Genese hatte bzw. hat schließlich auch die Problematik der Spatmagnetit- und Sideritgenese („eigenartige Bändergefüge“ CLAR 1954) in den ostalpinen Lagerstätten zur Folge. In allen diesen Fällen liegen also typische Wachstumsgefüge vor.

### Mineralbestand, Gefüge

Das zur Betrachtung herangezogene Schalenblendematerial mit einander ähnlichem Gefüge stammt aus regional und stratigraphisch verschiedenen Triasdimenten: aus dem mittleren Muschelkalk des krakau-schlesischen epikontinentalen Triasbeckens (polnische Platte) und aus dem oberen Wettersteinkalk (Unterkarn) der alpidischen Geosynklinale (Nordtiroler Kalkalpen).

Im Mineralbestand überwiegen weitaus Zinkblendeaggregate, mit etwas Bleiglanz und Pyrit, Wurzit fällt nur in sehr seltenen Fällen, aber doch bei allen Vorkommen auf. Die Begleitminerale Calcit, Dolomit, Fluorit und Quarz spielen, wenn überhaupt, so nur eine bescheidene Rolle. Wie nicht anders zu erwarten, tritt bei diesen Schalenblenden der Farbwechsel mit verschiedenen Gelb-Rot-Brauntönungen auffällig in Erscheinung und wird entweder vom Mineralbestand der polymineralisch zusammengesetzten Lagen oder vom Chemismus monomineralischer Zinksulfidaggregate verursacht. So erscheinen offene ZnS-Gefüge mit Calcit und Dolomit als Gefügepartner, aber auch mit Fluorit oder Quarz verwachsen, heller als die entsprechenden geschlossenen, einheitlich aus Zinkblende bestehenden Aggregate. Diese Erscheinung läßt sich bis in Einzelheiten verfolgen: z. B. beruht der sich farblich äußernde Zonarbau an Einzelkristallen sehr oft auf dem zonaren Einbau transparenter Mineralphasen. Bei den Lafatscher Zinkblenden ist es oft Calcipiltpigment.

Doch ist bekanntlich auch der Fe-Gehalt für den farblich unterschiedlichen, lagigen, schaligen Bau des Zinksulfids maßgeblich. Das konnte für die hier bearbeiteten Schalenblenden durch Untersuchungen mit der Elektronenstrahlmikrosonde bestätigt werden, wofür Herrn Univ.-Prof. Dr. F. PURTSCHELLER, Institut für Mineralogie und Petrographie der Universität Innsbruck, freundlich gedankt sei.

Der Fe-Gehalt wirkt sich auch im Reflexionsvermögen aus. Serienuntersuchungen mit dem Mikrospektralphotometer ergaben bei verschiedenen Wellenlängen zwischen dunklen und hellen, nicht durch transparente Pigmente aufgehellten Schalenblendestreifen immerhin Unterschiede von 0,3—1% RV. Zum Vergleich sei erwähnt, daß die RV-Werte bei Zinkblenden nach UYTENBOGAARDT—BURKE (1971) und RAMDOHR (1975) bis etwa 2% streuen.

Die Untersuchung der Vickershärte ( $\text{kp/mm}^2$ ) ergab für die geschlossenen ZnS-Krusten jeweils etwas höhere Werte gegenüber den ZnS-Körnern der  $\pm$  offenen Schalenblendelagen. Es fällt auf, daß die krakau-schlesischen Zinkblenden größere Härte (Durchschnittswerte 190—260 VHN) als die des Karwendels (Durchschnittswerte 198—208 VHN) aufweisen. Nach UYTENBOGAARDT—BURKE (1971) betragen die Mikrohärtigkeiten von Zinkblenden zwischen 128 und 276 VHN.

Im Gefüge bringen die untersuchten Stücke meist bekannte Befunde über die räumliche Kornverteilung und -gestaltung in kristallisierten kolloformen Zinblend: eine Besonderheit ist allerdings der bilateral-symmetrische Lagenbau quasilateral zur Schichtung mit häufig mm- bis cm-Raumrhythmik (Abb. 1, 2). Immer leiten offene ZnS-Gefüge zu geschlossenen ZnS-Krusten über. Und in diesen treten

Verunreinigungen durch Begleitminerale dann meist nur in Form von verheilten Haarrissen (z. T. Schrumpfrisse) auf. Zu dieser Feststellung sei bemerkt, daß hier absichtlich reine ZnS-Lagengefüge untersucht wurden und daß andernfalls die meist nur geringe Teilnahme vor allem von Bleiglanz in allen Krustenlagen und -typen in der bekannten Vielgestaltigkeit in Makro- und Mikrogefügen gegeben ist.

Die Beteiligung von Calcit, Dolomit, Fluorit und Quarz an den einzelnen Blendefeinlagen und an den Rißfüllungen ist je nach Vorkommen verschieden. In den polnischen Stücken (Lagerstätten Trzebieńka) herrscht auffallend Dolomit als Begleitmineral, dazu etwas Fluorit, in den Stücken aus der fluoritreichen Lagerstätte Vomerloch der Fluorit, in den Schalenblenden der Nachbarlagerstätte Lafatsch dagegen Calcit.

Eine Betrachtung des chemischen, bilateralsymmetrischen Lagenbaues ergibt zumindest zwei Gefügetypen. In den relativ schwach von Zinkblende besiedelten Lagen dominieren idiomorphe Zinkblendekriställchen. Jeweils beidseits (Bipolarität!) anschließende Lagen bieten hinsichtlich Zinkblende teilweise schon geschlossene Gefüge mit hypidiomorphkörnigen Aggregaten (Abb. 3). Diese ZnS-Aggregate für sich betrachtet weisen oft, unabhängig von der Anzahl der aggregierten Körner, einen farblich auffallenden Lagenbau, manchmal auch nur als Relikt, auf. Soweit bisher geschildert, sind die Zinkblendeteilgefüge, abgesehen von recht unterschiedlichen Korngrößen, in allen verschiedenen Proben einander ähnlich.

In der weiteren Ausgestaltung des Lagenbaues ergeben sich aber Unterschiede. Zum Teil endet die (bi-, anti-)polare Abfolge mit einer manchmal nur dünnen, geschlossenen Zinkblendekruste, die aus dicht gepackten, überwiegend isometrischen Körnern besteht (Abb. 2). Ihre Korngröße ist mitunter wesentlich größer als die der am offenen ZnS-Teilgefüge beteiligten Körner. Der Lagenbau des ursprünglichen Gels, makro- und mikroskopisch erkennbar an den verschiedenfarbigen bis subtil getönten Innenreflexen, steht nicht im Zusammenhang mit den Körnern, deren Umgrenzung oft erst nach Strukturätzung sichtbar wird. Mit dieser Kornlage schließt also bei manchen Schalenblenden eine Einheit ab. In der Fortsetzung folgt dann entweder ein flächig ausgedehnter oder linsenförmiger Hohlraum; mitunter ist dieser auch durch chemische Internanlagerung von Begleitmineralien zementiert.

Andere häufigere Schalenblendelagenbaue bestehen aus noch weiteren, anschließenden geschlossenen Zinkblendekrusten (Abb. 3, 4). Lanzettförmige, pfahl- und keulenförmige, allenfalls dicht gefügte Kristalle und kegelförmige Aggregate, die selbst aus vielen Einzelkristallen zusammengesetzt sind, leiten zu stark heterometrischen, nadel- und blättchenförmigen Gebilden über, die zu Büscheln und eisblumenartigen Formen verwachsen sind. Solche Einzelheiten über den inneren Bau der im polierten Anschliff glatten und einheitlich reflektierenden Zinkblendebänder kommen bei + Nicols angedeutet durch vielgestaltige Innenreflexe, deutlich wahrnehmbar aber erst nach Strukturätzung zur Geltung (Abb. 4). Anstelle der eisblumenartigen Zinkblendeaggregate in den eigentlichen Schalenblendekrusten übernehmen auch isometrische, sehr grobkörnige Zinkblenden diese Position im chemischen Lagenbau.

Mit dem Abschluß einer polaren Krustenabfolge beginnt unmittelbar an einer welligen oder höckerigen Kontaktfläche oder mittelbar nach Zwischenschaltung eines luftgefüllten oder sekundär-kristallerfüllten Drusenhohlraumes die Abfolge in umgekehrter Reihenfolge (Abb. 2, 4). Daraus ergibt sich der antipolare Bau mit bilateraler Symmetrie bzw. durch oftmalige raumrhythmische Wiederholung das antipolar-rhythmische Wachstumsgefüge.

Zwischen den beschriebenen Grundtypen gibt es gefügemäßig eine Reihe von Kombinationen sowie durch Ausbleiben oder zusätzliche Mitbeteiligung weiterer Minerale verschiedene Variationen. So kann etwa Bleiglanz in die Abfolge der Krusten oder in die flächigen Drusenhohlräume eingebaut sein. In einem Stück von Trzebionka fällt die polare, also einseitige Belegung einer Schalenblendelage mit Pyritframboiden ( $\varnothing$  0,005—0,01 mm) und deren Aggregate auf. Ob es sich hierbei um eine geopetale  $\text{FeS}_2$ -Sedimentation handelt oder um ein Interngefüge (si), das aus einem sedimentären Vorstadium bei der Verdrängung als s übernommen wurde, ist wegen der nicht bekannten Lage des Stückes im Aufschluß und zu geringer Anzahl von Vergleichsproben nicht zu entscheiden.

Die zur Studie herangezogenen Erzaggregate sind zweifellos reine chemische Lagengefüge, für deren Gestaltung ein vorangegangener anisotroper, inhomogener Zustand maßgeblich war. Durch interne Kristallisation entstand die Nachbildung eines vorherigen oder mehrerer vorheriger stofflich inhomogener Parallelgefüge. Möglicherweise liegen auch bereits Sammelkristallite vor. Bei Proben aus Trzebionka fiel auf, daß idiomorphe, z. T. von Zinkblende verdrängte Dolomithomboeder in ein Dolomitkörnchenmosaik umkristallisiert sind. Eine Überprüfung der Schalenblenden auf eine eventuelle Wachstumsgefügeregelung schien interessant und wurde durch den dankenswerten Versuch durch Herrn Prof. Dr. Ing. H. SIEMES, Institut für Mineralogie und Lagerstättenlehre der Rhein.-Westf. Technischen Hochschule Aachen, möglich. Nach Untersuchungen zweier Proben aus dem Karwendel und einer Probe aus Polen mit dem Strukturgoniometer stellt SIEMES fest, daß an diesen Zinkblenden zum Teil Regellosigkeit besteht bzw. eine gewisse Abweichung, für die aber keine einheitliche Interpretation möglich ist.

Über die räumliche Anordnung und Verteilung der ZnS-Lagengefüge im Gesteinsverband ist festzustellen, daß es sich in den Karwendel-Lagerstätten in Mächtigkeit und Erstreckung jeweils nur um bescheidene Areale des Meterbereiches handelt, ganz im Gegensatz zu den krakau-schlesischen Lagerstätten, wo besonders in Trzebionka ein Großteil des flächig weit ausgedehnten Erzkörpers von kristallisierenden Zinkblenden eingenommen wird. BOGACZ et al. (1973) geben in Skizzen und Fotos charakteristische Details anschaulich bekannt. In der Lagerstätte Lafatsch, Karwendel, gehen diese antipolar-raumrhythmischen Schalenblenden allseits in sedimentäre, feinschichtige, z. T. rhythmische oder in homogene Zinkblende-Calcipelit-Gefüge über.

Hinsichtlich Deformationsereignisse kann bei den Schalenblenden aus den Lagerstätten in den Nördlichen Kalkalpen einerseits auf Verstellungen des Lagerbaues offensichtlich noch im Gelstadium, oder zumindest parakristallin, geschlossen werden, andererseits aber auf zweifellos nachkristalline Zerscherungen wahrscheinlich durch orogentektonische Bewegungen. Für die Stücke aus dem krakau-schlesischen Raum darf entsprechend der Interpretation der Arbeiten polnischer Kollegen, vor allem auf parakristalline Dislokationen sowie auf nachkristalline Zerscherungen geschlossen werden, sofern überhaupt Deformationen in diesen Lagerstätten im epikontinentalen Triasbecken erfolgten.

### Genese der ZnS-Lagengefüge

Wie schon eingangs erwähnt, sind diese kolloformen Erzkörper mehrdeutig, und es kann meines Erachtens deshalb auch von hier aus keine Beurteilung der Lagerstätten-genese und schon gar nicht der Metallherkunft erwartet werden.

Nicht anzuzweifeln ist das sekundäre Auftreten aller dieser Lagenbaue als Abbildner, als Nachbildner vorangegangener Gefüge mit lagenweiser Inhomogenität. Diese fällt bei allen hier untersuchten Lagerstätten generell, aber nicht in allen Einzelheiten mit der sedimentären Schichtung zusammen. Soweit sind sich die verschiedenen Bearbeiter von Schalenblenden, von Bändermagnesiten und Bänder-sideriten einig. Über Qualität und Zustand des verdrängten Ausgangsmaterials aber und über den Verdrängungsmechanismus („Verdrängung“ hier im Sinne RAMDOHR 1975, p. 210—211) bestehen zum Teil recht verschiedene Ansichten. Ja, liegen Verdrängungen durch metasomatischen Platztausch vor oder handelt es sich um Mineralplatznahmen in zuvor ausgelaugten Hohlräumen? Oder ist etwa nur an Sammelkristallisationen ohne Stoffzufuhr „von außen“ zu denken? Diese Fragen seien im Hinblick auf die (neuerdings wieder, oder noch immer) umstrittene Genese von Pb-Zn-Lagerstätten in Karbonatgesteinen angeschnitten.

Als einfache Erklärung für das Zustandekommen chemisch-interner Kristallisation gilt zweifellos die lokale Sammelkristallisation, also eine isophase Umkristallisation, die zu einer Kornvergrößerung des anwesenden Stoffbestandes führt. Der Fall ist in den sedimentären Lagerstätten mit Pb-Zn-Sulfiden gut bekannt, führt aber offenbar nicht zu genau den bilateral-symmetrischen Gefügen, wie sie hier zu klären sind.

Den Sedimentpetrographen sind die Befunde mit selektiver Herauslösung gewisser, offenbar lösungsanfälliger Feinschichten und deren Auskleidung durch wandständige Kristallrasen und faserige Sinter oder auch deren vollständige Zementierung durch antipolare, wandständige chemische Internanlagerung gut bekannt. Diese häufig monomineralischen Aggregate bestehen aus dem im unmittelbaren Nahbereich beziehbaren Stoffbestand: in Ca-Mg-Gesteinen also aus Calcit oder Dolomit. Die Auflösungs- und Kristallisationsereignisse sind bekanntlich oft schon mit dem frühdiagenetischen Werdegang des Sediments verbunden. Als Beweise dienen zum Beispiel geopetale Internanlagerungen, also Mitbeteiligung von mechanisch angelagertem Detritus in den Hohlräumen, syndiagenetische stetige und ruptuelle Verformungen, externe Resedimentation und andere syndiagenetische Ereignisse, die bereits selektiv internkristallisierte Feinschichten vorfanden. Andererseits sind ähnliche Lösungs- und Kristallisationsereignisse bis in schwach metamorphe Stadien verfolgbar.

Ist viel Fluorit im Sediment beteiligt, wie in einigen Pb-Zn-Vorkommen des Karwendelgebirges, so übernimmt dieser die vorhin erklärte Rolle der Karbonate; das heißt in den raumrhythmischen Sedimentbauzonen liegen sowohl feinschichtige, aus Einzelkriställchen bestehende Fluoritansammlungen und dazu entsprechende feinschichtige Sammelkristallisate vor als auch „streng genommen“ epigenetische, jedoch synsedimentäre, i. w. S. s-parallele oder quasiparallele Hohlraumkristallisate. Warum sollte ein analoges Auftreten nicht auch für raumrhythmische Zinkblendelagen gelten? In diesen alpinen Ca-Mg-Sedimenten liegen nämlich auch typisch sedimentäre Zinkblendeanreicherungen vor (TAUPITZ 1954; SCHNEIDER 1954, 1964; SCHULZ 1955; MAUCHER—SCHNEIDER 1967).

Gut bekannt sind Beispiele für selektive Auflösung gewisser Karbonatfeinschichten und nachfolgende glattkonturiert-wandständige chemische Internanlagerung von Zn-Sulfiden, und zwar direkt als Kristallisate oder auch indirekt durch Kristallisieren von zuvor kolloidal gefällten Abscheidungen.

Für das Zustandekommen solcher Lagengefüge ist eine Lösungszirkulation erforderlich, wobei die mineralisierenden Lösungen zwar nicht die vorherige

Internabtragung verursacht haben müssen, naheliegenderweise hierfür aber doch sehr in Frage kommen. Für den allgemeinen Fall ist aber nicht zu entscheiden, ob das abtragende und wiederaufbauende Ereignis in einem früh- oder spätdiagenetischen Abschnitt des Sediments, also als sedimentgestaltender synsedimentärer Vorgang i. w. S. gewirkt hat, oder ob sich Internabtrag und Wiederaufbau erst postsedimentär als für das Sedimentgestein nicht mehr typischer Vorgang ereignet haben; es sei denn, daß Merkmale für eine Beurteilung gefunden werden. Für die kalkalpinen Vorkommen ergeben sich Beziehungen zwischen extern- und internsedimentären Erzgefügen und den mehrdeutigen, hier syndiagenetisch klassifizierbaren chemischen Internkristalliten mit kolloformem Lagenbau. Die Sedimentbauzonen enthalten bereits primär die sulfidischen Minerale, so daß eine frühdia-genetische Lösungsumlagerung zwanglos ableitbar ist. An syndiagenetischen Rupturen bestand bereits eine bevorzugte Wegsamkeit zur Verbindung einzelner nunmehr „streng genommen“ epigenetisch mineralisierter Feinschichten.

Mit den bisher gemachten und geschilderten Erfahrungen sollen nun mögliche Erklärungen der hier im speziellen zur Diskussion stehenden raumrhythmisch-bilateralsymmetrischen Schalenblendekrusten mit weitgehendem Zurücktreten oder völliger Ausschaltung von Begleitmineralen, ohne relikte Sedimentanteile, gesucht werden.

Nachdem in allen Fällen der typisch antipolare und überwiegend schichtparallele Bau herrscht, liegt unumgänglich die weitgehende Abbildung einer primären Schichtung oder, vorsichtiger gesagt, eines schichtparallelen Vorgängergefüges, durch das sekundäre, kristallisierte Nachfolgergefüge vor. Das Primärgefüge bot offensichtlich mit seinen sedimentären Anlagerungsflächen eine belteropore Struktur, und diese diktierte alle nachfolgenden Ausgestaltungen. Grobkörnigere und reinere Karbonatlagen erweisen sich allgemein als lösungsanfällig.

Der häufige Befund, daß zwischen jeweils zwei Schalenblende-Wachstumsfronten ein schmaler, flächig ausgedehnter Hohlraum zum Teil mit wandständiger Verdrusung vorliegt, führt zu der Annahme, daß die chemische Internanlagerung wenigstens teilweise frei, eben in Hohlräumen stattfand. Über die Wachstumsrichtung innerhalb der einzelnen Schalenblendekrusten kann durch häufige Halbkugel- und Kuppelformen kein Zweifel bestehen. Eine Grenzfläche für den Beginn der Anlagerung von dispersen Sulfidniederschlägen läßt sich allerdings nirgends mehr feststellen. Verfolgt man die einzelnen Teillagen der kolloidalen Baue jeweils vom „Jüngeren“ zurück zum „Älteren“, so gelangt man aus einem dicht gepackten, meist reinen, also geschlossenen ZnS-Korngefüge in ein immer offeneres und daher an Begleitmineralen reicheres Kristallit (Abb. 3, 4). Die durch feintrhythmisch-farbigen Lagenbau gekennzeichnete Schalenblendekruste kann man zum Typ 3 bei RAMDOHR (1975, p. 161) „Konzentrisch gebänderte Massen . . .“ zählen, während die mit ZnS dünner besiedelten Krustenanteile etwa dem Typ 2 „Kügelchen oder blasenförmige Massen“, entsprechen. Sofern in den Abfolgen noch ganz isolierte ZnS-Kristalle aufscheinen, handelt es sich nicht mehr um kolloforme Bildungen. Die Dichte der ZnS-Kornpackung nimmt also mit der Entfernung vom eigentlichen Schalenblendesaum ab und die Beteiligung der transparenten Begleiter zu.

Das bewog offenbar die polnischen Kollegen zur Annahme, daß ehemalige Hohlraumwände metasomatisch verdrängt worden seien, und zwar gleich nach einer schichtgebundenen Hohlräumbildung. Und das offene ZnS-Korngefüge wird als Dispersionshof von ZnS-Körnern um die erzbeschichteten Hohlräume sowie auch um die gesamten Erzkörper bezeichnet und als Folge einer Auslaugung mit

Metasomatose erklärt. Nach dieser Auffassung über den Bildungsablauf der aus Zinkblendekrusten bestehenden Erzaggregate und Erzkörper könnten vielleicht ehemals glatt konturierte Hohlräumgrenzen ohne weiteres verwischt worden sein durch diffuse Verdrängungen, sowohl durch Auflösung als auch durch metasomatischen Platztausch. Die Verdrängungsrelikte eines Dolomitspatits (ore-bearing dolomite) und die in schichtgebundenen, lateral ausgedehnten Hohlräumen kristallisierten sekundären Mineralausscheidungen sprechen überzeugend für die Interpretation von BOGACZ et al. (1973). Diese Deutung der Abbildungskristallisation durch teils freie, teils nicht freie Internanlagerung verlangt in jeder einzelnen, für sich polar gebauten Zinkblendekruste zweiseitige Wachstumsfronten  $\pm$ : eine diffus in das existierende Paläosom hinein vordringende, die andere als Kolloidaltextrurbildende rhythmische Fällung mit Anlagerung disperser Niederschläge. Es sei noch ergänzt, daß für die krakau-schlesischen Erzlager eine der Vererzung vorausgehende Dolomitisierung (ore-bearing dolomite) eines fertigen Gesteins glaubhaft gemacht wird, wodurch bereits die syngenetischen und syndiagenetischen Sedimentstrukturen mit vielen Einzelheiten übernommen wurden. Die Dolomitisierung wird als Voraussetzung für die nachfolgende Vererzung angesehen (BOGACZ et al. 1973). Demnach läge also eine zweimalige Abbildungskristallisation vor.

Versucht man diese Deutungen für die entsprechenden Erzlagengefüge im Karwendelgebirge anzuwenden, so fehlt es dort zunächst einmal an einem für das Vordringen der Erzlösungen prädestinierten Dolomit. Statt dessen sind hier primär anwesender Calcipelit, Calcit oder Fluorit vertreten, die aber oft keine Verdrängungsrelikte sind, sondern, wie die fixkonturierte Kristallisation (SANDER 1950, 1970) zeigt, ohne Konturenverlagerung durch einander entgegenwachsende Kristalle entstanden sind. Eindeutige Verdrängungen liefern allerdings Zinkblende nach Calcipelit und Calcit nach Zinkblende.

Zieht man noch die in allen kalkalpinen Pb-Zn-Lagerstätten bekannten Schalenblenden mit polaren Wachstumsabfolgen zum Vergleich heran (analoge Beispiele in den polnischen Lagerstätten), so erscheinen vielleicht noch andere und weitere Ableitungen des Geschehens diskutabel. Der diesfalls bei den polaren Abfolgen vorliegende Gefügebau entspricht nämlich weitgehend dem der hier zu erörternden bilateral-symmetrischen Schalenblendekrusten. In den polaren chemischen Lagenbauten findet man bei vollständiger Entwicklung den eindeutigen Aufbau mit vertikaler „Sortierung“ vom offenen ZnS-Teilgefüge mit isolierten Einzelkörnern in Calcipelit über dichter gepackte Lagen mit Kornaggregaten mit waben- bis kugelförmigen Körnern, bis zu den monomineralischen, geschlossenen, rhythmisch gebänderten kolloformen Gefügen. Das s-konkordante und -diskordante Auftreten des ZnS-Kolloids im Frühstadium der Sedimentbildung ist hinreichend bewiesen, z. B. durch gemeinsame Verformungen mit dem Erz- und Karbonatpelit. Es sei auch noch daran erinnert, daß das heute vorliegende Korngefüge das Ergebnis des Kristallinwerdens von metastabilen Kolloiden und Sammelkristallisierens ist. Und vermutlich hängt der Typ des aus dem Kolloid kristallisierenden Korngefüges von der Reinheit oder Unreinheit der metakolloiden Substanz und von der Ursache der Gelfällung ab.

Weiters beachtenswert sind Kolloidfällungen im Zusammenhang mit Metasomatose, also ohne vorherige Hohlräumbildung. Schließlich sei noch bemerkt, daß Drusen Hohlräume in Schalenblendekörpern nicht Lösungshohlräume sein müssen, sondern auch als Schwundgefüge nach dem Altern und Kristallinwerden der fein- bis kolloiddispersen Niederschläge entstanden sein können.



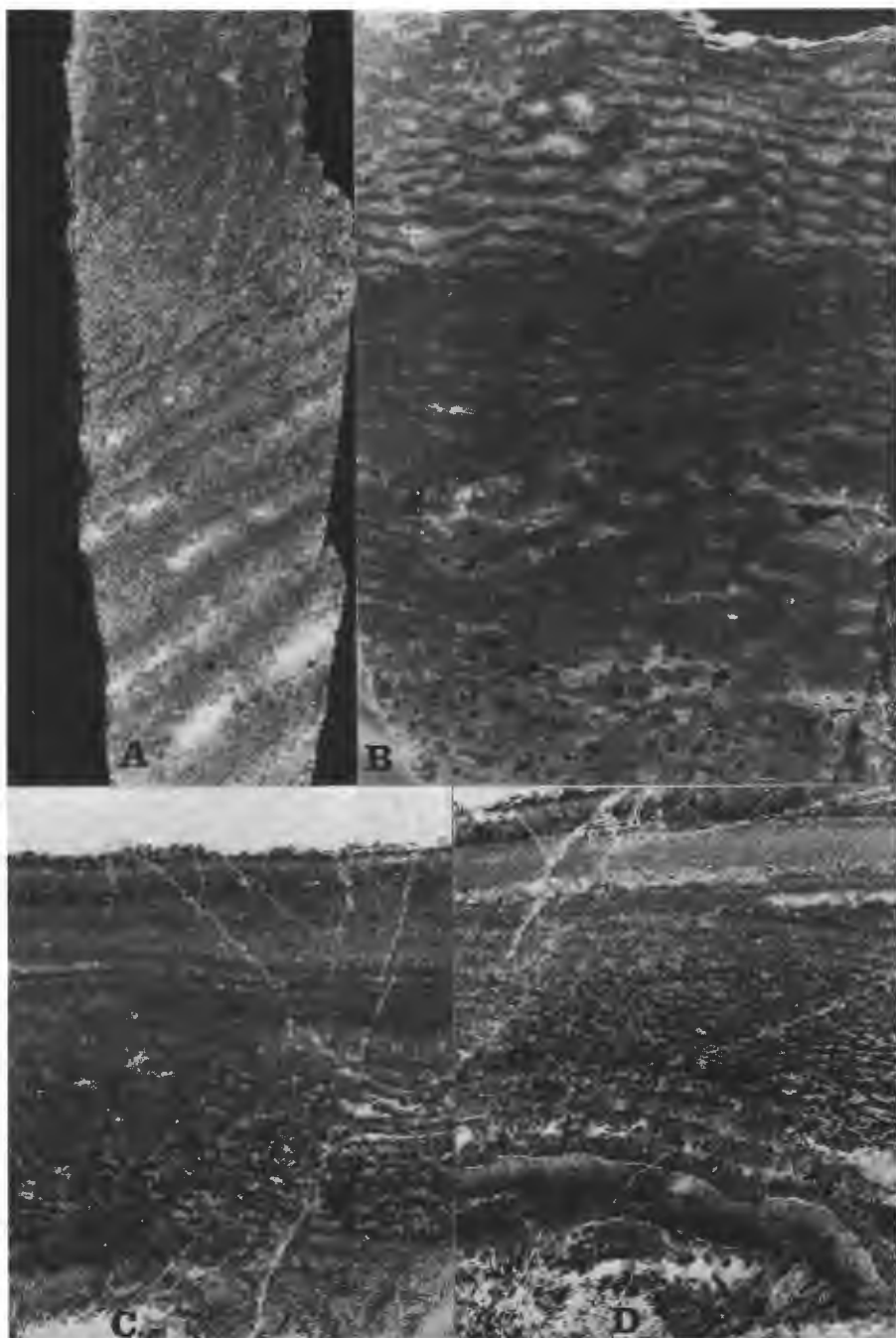


Abb. 1: Bilateral-symmetrische antipolare Zinkblendelagengefüge (Lafatsch, Karwendel). Grobanschliffe: a) Höhe des Stückes 9cm; Zinkblende grau, Calcit weiß; b) Natürliche Größe des Bildausschnittes 3,7 × 2,4cm; Bleiglanz schwarz, Zinkblende grau, Calcit weiß; c) Ausschnitt 4,5 × 3,7cm: Das ZnS-Lagengefüge geht im Hangenden in Zinkblende-Calcipelit-Feinschichten über; d) Ausschnitt 4,5 × 3,7cm: Im Liegenden Übergang von mm-rhythmischen ZnS-Lagengefüge in größeren Rhythmus.

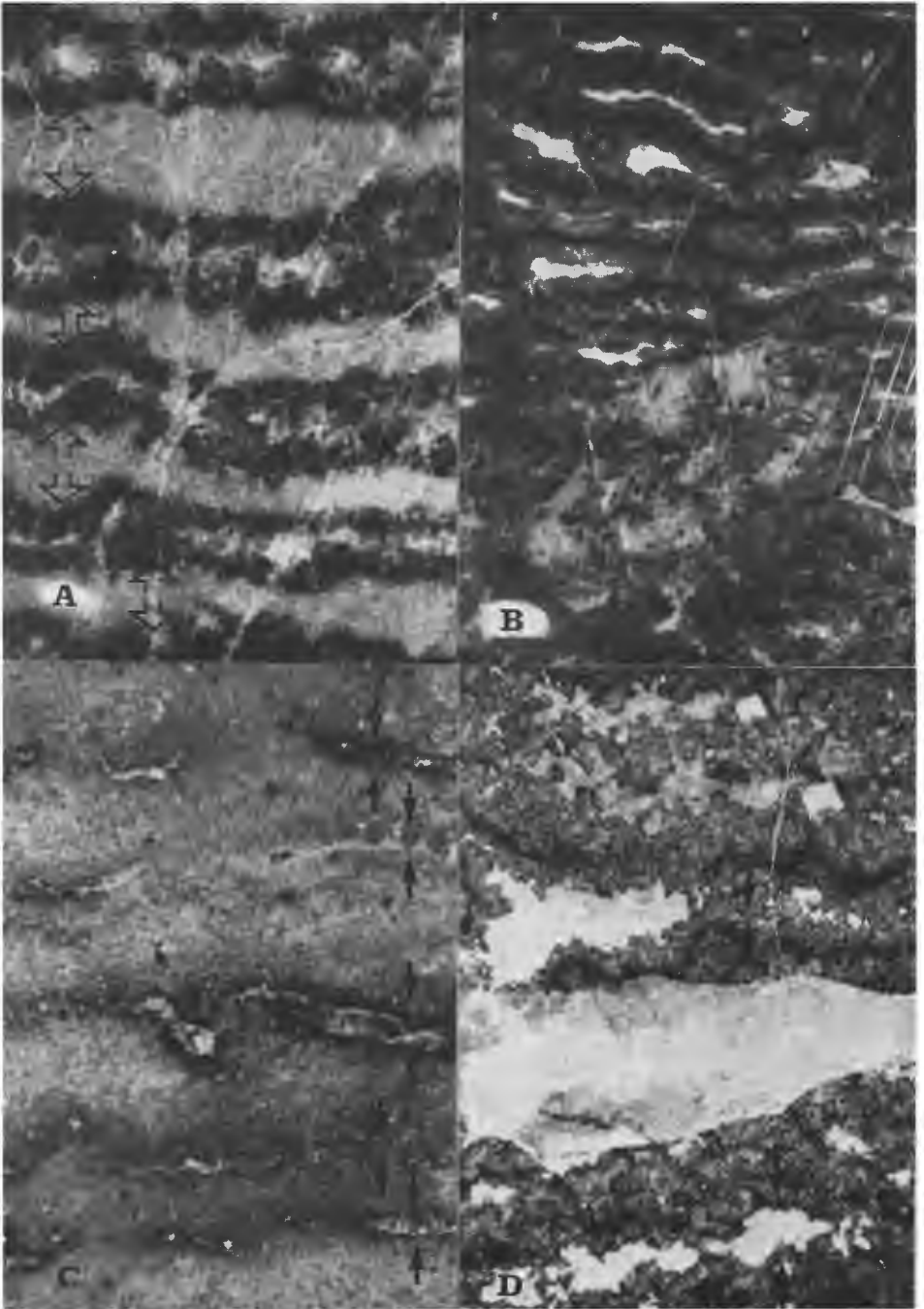


Abb. 2: Beispiele für antipolare ZnS-Lagengefüge. a)–c): Polierte Anschliffe im schrägen Aufsicht; Ausschnitte jeweils  $17 \times 11$  mm; d) Dünnschliff; Ausschnitt  $12 \times 9$  mm: Calcit weiß und verschieden hellgrau, Zinkblende dunkelgrau bis schwarz. a), b), d): Lafatsch; c) Trzebionka. Pfeile geben Richtung der Wachstumsfronten.

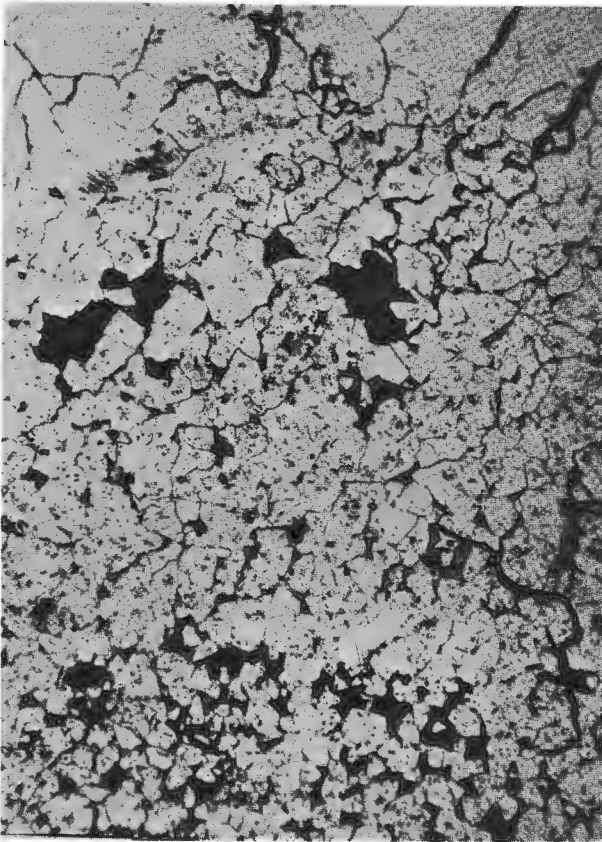


Abb. 3: Lagenbau durch Übergang von offenem ZnS-Korngefüge (unten) zu dichter Packung (Mitte) und geschlossenem ZnS-Gefüge (oben). Mittlerer und oberer Teil gehören zur kolloformen Kruste. Polierter Anschliff, Nicols —; Calcit dunkelgrau, Zinkblende grauweiß. Ausschnitt  $2,4 \times 1,6\text{mm}$  (Lafatsch, Karwendel).

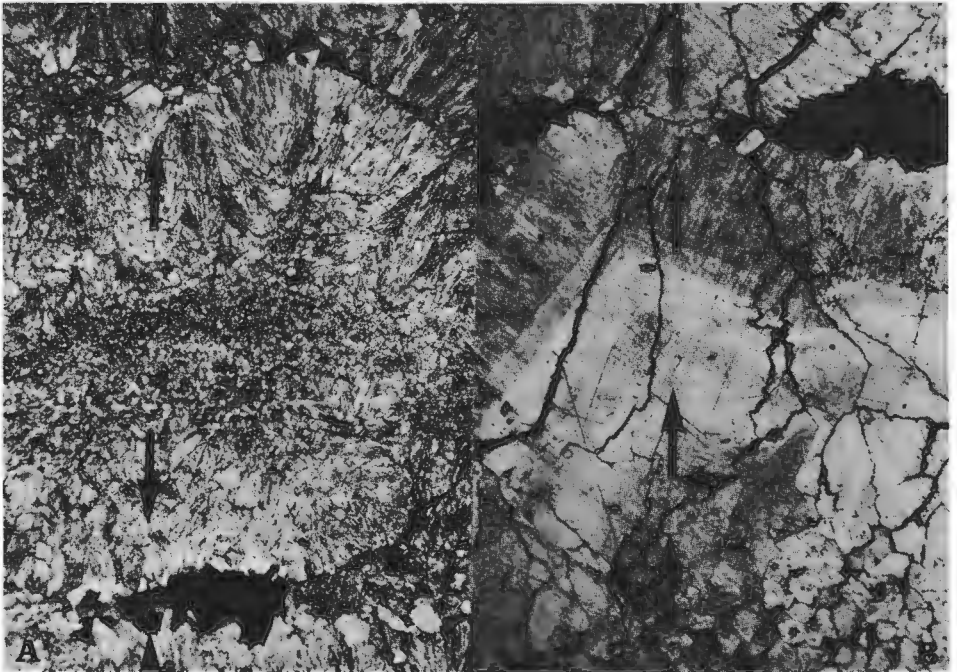


Abb. 4: Der antipolare ZnS-Lagenbau im polierten Anschliff nach Strukturätzung ( $\text{HNO}_3$ ), Nicols —, Ausschnitt  $2,4 \times 1,6\text{mm}$ . Pfeile geben Wachstumsfronten an. Calcit schwarz, Zinkblende verschieden grau. Jeweils Übergänge vom offenen zum geschlossenen ZnS-Gefüge. Die Ätzung macht Kornkonturen, ZnS-Aggregate und das kolloforme Gefüge deutlich (Lafatsch, Karwendel).

In keiner der vorliegenden bilateral-symmetrischen Schalenblendekrusten war ein Interngefüge zu finden, das zwingend als Verdrängungsrelikt (si) aus einem Sedimentstadium stammen würde. Wohl aber erweisen sich die von der Dolomitisierung und Vererzung übernommenen Sedimentstrukturen der Lagerstätte Trzebionka als Interngefüge im großen betrachtet (viele Skizzen in BOGACZ et al.). Hier hat offensichtlich ein gefügepersistenter Sedimentkomplex eine zweimalige Verdrängung und zum Teil noch Umkristallisationen überdauert.

Welchen Verdrängungsmechanismus man auch immer für die bilateral-symmetrischen Schalenblenden als wahrscheinlichsten ansieht, so möchte ich feststellen, daß weder auf den Festigkeitszustand des verdrängten Sedimentes, noch auf den Vererzungszeitraum geschlossen werden kann. Ein Zusammenbrechen von Sedimentteilen, wie dies BOGACZ et al. (1973) im Falle frühdiagenetischer Mineralisation erwarten, muß nicht die Folge sein. Um eine externe Mineralisation handelt es sich ja nicht und auch nicht um Kristallisationen im Nahbereich der Sedimentbauzone. Die räumliche Anordnung derartiger Schalenblendekörper weist auf Verdrängungs- und Kristallisationsereignisse, die einen einige Dezimeter (Karwendel) bis mehrere Meter (Trzebionka) mächtigen Sedimentkomplex erfaßt haben. Wie zahlreiche s-gebundene und diskordante Hohraumbildungen mit nachfolgenden Kristallisationen während der Diagenese von Sedimenten zeigen, muß keineswegs an einen epigenetisch-postsedimentären Zeitraum der Mineralisation gedacht werden. Der Festigkeitszustand — es muß offen bar noch kein splitterhartes Gestein vorgelegen haben — hat demnach ausgereicht, um selektiven Lösungserosionen großteils mechanisch standzuhalten. Für die polnischen Lagerstätten sei auch noch auf die der Vererzung vorausgegangene Dolomitisierung des Sedimentes hingewiesen, durch welche die mechanische Festigkeit doch wohl noch erhöht wurde.

Bei den Schalenblende-Vererzungen des hier behandelten Typs handelt es sich meines Erachtens sowohl bei den kalkalpinen als auch bei den Beispielen aus dem polnischen Raum um sicher „streng genommen“ epigenetische Ereignisse, denn die Erzlösungen haben bereits ein primäres fertiges Gefüge vorgefunden, verdrängt, abgebildet. Aber warum sollte dieses Ereignis nicht während der Diagenese, also synsedimentär (im weiteren Sinne) im bereits mehr oder weniger verfestigten, kristallisierten Meeresboden stattgefunden haben? Für die alpinen Beispiele ergibt sich diese Deutung zwanglos; für die Zinkblenden der polnischen Platte mag es Hinweise anderer Art für epigenetisch-postsedimentäre Vererzungen geben; allein die Existenz krustifizierender Zinkblenden aber kann dafür nicht aussagekräftig genug sein. Ich halte diese Gefüge eben für mehrdeutig.

Auch das Problem der Metallherkunft kann von hier aus allgemein nicht geklärt werden. Sowohl lokale Stoffwanderungen als auch Lösungszuführen können für das Zustandekommen der Gefüge in Frage kommen.

Der Besuch von Pb-Zn-Lagerstätten im krakau-schlesischen Raum und die Diskussion mit polnischen Geowissenschaftlern war im Rahmen der Forschungsarbeiten des Internationalen Geologischen Korrelationsprogrammes Projekt 73/1/6 (“Diagnostic features of base metal occurrences in dolomites and limestones”) der UNESCO möglich. Die Forschung steht außerdem im Zusammenhang mit dem Forschungsschwerpunkt N/26 der Österreichischen Rektorenkonferenz und des Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung.

## Literaturverzeichnis

- BOGACZ, K., DZUŁYŃSKI, ST., HARAŃCZYK, C., SOCZYŃSKI, P. (1973): Sphalerite ores reflecting the pattern of primary stratification in the Triassic of the Cracow-silesian Region. — *Rocz. Pol. Tow. Geol. (Ann. Soc. Geol. Pol.)*, XLIII, 285—300.
- CLAR, E. (1954): Über Parallel-, Schräg- und Kreuzbänderung in Spatlagerstätten. — *Tscherm. min.-petr. Mitt.*, 4, 55—64.
- MACHER, A. und SCHNEIDER, H.-J. (1967): The Alpine Lead-Zinc ores. — *Economic Geology Monograph* 3, 71—89.
- MEIXNER, H. (1953): Neue türkische Boratlagerstätten. — *Berg- u. Hüttenm. Monatsh.*, 98, 86—92.
- RAMDOHR, P. (1975): Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. — Akademie-Verlag, Berlin.
- 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 to the Study of Fabrics of Geological Bodies. — Pergamon Press, Oxford, New York, Braunschweig.
- SCHNEIDER, H.-J. (1954): Die sedimentäre Bildung von Flußspat im Oberen Wettersteinkalk der nördlichen Kalkalpen. — *Abh. Bayer. Akad. Wiss., Math.-nat. Kl.*, Neue Folge 66, 1—37.
- SCHNEIDER, H.-J. (1964): Facies differentiation and controlling factors for the depositional lead-zinc concentration in the Ladinian geosyncline of the eastern Alps. — *Developments in Sedimentology*, Vol. 2: Sedimentology and ore genesis, Elsevier Publ. Comp. Amsterdam, London, New York.
- SCHULZ, O. (1955): Montangeologische Aufnahme des Pb-Zn-Grubenreviers Vomperloch, Karwendelgebirge, Tirol. — *Berg- u. Hüttenm. Monatsh.* 100, 259—269.
- SCHULZ, O. (1959): Studien an Zinkblenden im Bereich der erzführenden Raibler Schichten der Grube Max, Kreuth (Kärnten). — *Berg- u. Hüttenm. Monatsh.* 104, 187—193.
- SCHULZ, O. (1960 a): Die Pb-Zn-Vererzung der Raibler Schichten im Bergbau Bleiberg-Kreuth (Grube Max) als Beispiel submariner Lagerstättenbildung. — *Carinthia* II, 22. Sonderh. 1—93.
- SCHULZ, O. (1960 b): Beispiele für synsedimentäre Vererzungen und paradiagenetische Formungen im älteren Wettersteindolomit von Bleiberg-Kreuth. — *Berg- u. Hüttenm. Monatsh.* 105, 1—11.
- SCHULZ, O. (1968): Die synsedimentäre Mineralparagenese im oberen Wettersteinkalk der Pb-Zn-Lagerstätte Bleiberg-Kreuth (Kärnten). — *Tscherm. Min. Petr. Mitt.* 12, 230—289.
- TAUPIZ, K.-CHR. (1954): Die Blei-Zink- und Schwefelerzlagerstätten der nördlichen Kalkalpen westlich der Loisach. — Dissertation, nicht publ., Clausthal 1954.
- UYTENBOGAARDT, W. und BURKE, E. A. J. (1971): Tables for microscopic identification of ore minerals. — Elsevier Publishing Company, Amsterdam, London, New York.