

Mitt. österr. geol. Ges.	74/75 1981/82	S. 265–306 34 Abb.	Wien, 15. November 1981
--------------------------	------------------	-----------------------	-------------------------

Die Vererzung der Ostalpen und Vergleiche mit Typlokalitäten anderer Orogengebiete

Von Werner TUFAR, Marburg/Lahn*

Mit 34 Abbildungen

Zusammenfassung

Die Ostalpen enthalten eine große Anzahl von Erzvorkommen, die allerdings zumeist nur eine geringe Ausdehnung aufweisen. Zur Zeit stehen nur wenige Lagerstätten in Abbau. Dennoch ist, bezogen auf die Erstreckung der Ostalpen, die Dichte an – auch wirtschaftlich bedeutenden – Lagerstätten beachtlich. Es liegen stofflich sehr unterschiedliche Erzmineralisationen vor, wobei es sich zum größten Teil um syngenetische Bildungen handelt. Die Zahl epigenetischer Vorkommen tritt dagegen deutlich in den Hintergrund. Altersmäßig wird die Hauptmasse der Vererzungen von präalpidischen Erzmineralisationen gestellt und nur eine kleinere Anzahl geht auf eine alpidische Anlage zurück. Die präalpidischen Vorkommen weisen allgemein starke tektonische Beanspruchung auf und wurden sowohl in präalpidischer wie in alpidischer Zeit regionalmetamorph überprägt, Vorgänge, welche diesen Erzmineralisationen – wie überhaupt der ostalpinen Metallogenese – ein besonderes Gepräge verleihen. Vergleichend liegen in den Ostalpen zumeist Erzmineralisationen vor, wie sie auch ansonsten weltweit in anderen Orogengebieten anzutreffen sind. Dies gilt ebenso für Erzmineralisationen (z. B. Siderit-Lagerstätten vom Typ Steirischer Erzberg, Magnesit-Lagerstätten vom Typ Veitsch-Radenthein, kalkalpine Blei-Zink-Lagerstätten vom Typ Bleiberg-Kreuth/Kärnten-Mežica/Slowenien), deren Typlokalitäten in den Ostalpen beheimatet sind und dadurch ein weiteres Charakteristikum der ostalpinen Metallogenese darstellen.

Summary

The Eastern Alps contain a large number of relatively small ore mineralizations. Currently, only very few are being mined. However, the density of the mineralizations is remarkable considering the extent of the Eastern Alps. The mineralizations of the Eastern Alps show a significantly varying composition and are mostly syngenetic in origin. Epigenetic mineralizations are of minor importance only. The majority of the mineralizations is pre-Alpine in age and is characterized by intensive tectonic stress due to pre-Alpine and Alpine regional metamorphism. The structural events have caused most of the typical and significant features of

* Adresse des Verfassers: Prof. Dr. Werner TUFAR, Fachbereich Geowissenschaften der Philipps-Universität Marburg, Lahnberge, D-3550 Marburg/Lahn, Bundesrepublik Deutschland

these mineralizations and of the Eastern Alpine metallogeny in general. By way of comparison, most of the ore mineralizations in the Eastern Alps are similar, if not identical, to the mineralizations to be found in other orogenes throughout the world. This applies also to type localities of several ore deposits in the Eastern Alps, such as siderite deposits (type Styrian Erzberg), magnesite deposits (type Veitsch/Styria-Radenthal/Carinthia), or "kalkalpine" lead-zinc deposits (type Bleiberg-Kreuth/Carinthia and Mežica/Slovenia), all of which represent another significant characteristic of Eastern Alpine metallogenetic processes.

Inhalt

Einführung	266
Zur Erzführung der Ostalpen	267
Zur altersmäßigen Gliederung der ostalpinen Erzmineralisationen	270
Zur tektonischen Beanspruchung, Metamorphose und paragenetischen Charakteristik der ostalpinen Erzmineralisationen	273
Lagerstättenvergleiche mit Vorkommen außeralpiner Gebiete	292
Schlußbemerkungen – Ausblick	298
Literatur	301

Einführung

Ein Überblick über den langen Zeitraum intensiver Beschäftigung mit der ostalpinen Metallogenese zeigt, daß für deren Klärung grundlegend neue Erkenntnisse erst in den letzten Jahrzehnten erarbeitet wurden. Ein Grund dafür liegt wohl in der allzu lange kritiklos vertretenen Lehrmeinung einer fast ausschließlich alpidisch-epigenetischen Vererzung der Ostalpen, einer Hypothese, die mittlerweile auf Grund erdrückender gegenteiliger Erkenntnisse völlig widerlegt ist und für die Entwicklung neuer, notwendiger Impulse wenig förderlich war. Eine Besonderheit ostalpiner Lagerstättenforschung ist dabei der Umstand, daß ein die tatsächlichen Gegebenheiten berücksichtigendes wissenschaftlich fundiertes Konzept erst mühsam gegen falsche Vorstellungen durchgesetzt werden mußte.

Seit alters her sucht und schürft der Mensch in den Alpen nach Erz. Die Bergbautätigkeit in den Ostalpen blickt daher auf eine sehr reiche Tradition zurück und wies bereits in prähistorischer Zeit eine erste Blütezeit auf. Bekannte Beispiele hiefür sind der Bergbau auf Steinsalz und Kupfer in der Hallstatt-Zeit oder Bergbau auf Eisen in keltischer und römischer Zeit („Norisches Eisen“).

Reichen Segen brachte u. a. der Bergbau auf Edelmetalle (z. B. „Tauern-Gold“), der allerdings durch die Entdeckung riesiger Lagerstätten in Übersee, vor allem in Nord- und Südamerika, zum Erliegen kam.

Die seit prähistorischer Zeit verfolgbare intensive Beschäftigung mit dem Erz hat nicht un wesentlich dazu beigetragen, daß heute aus den Ostalpen eine große Anzahl von Erzvorkommen bekannt ist. Ihre Zahl beträgt etwa 1500 bis 1600. Zumeist allerdings liegen Vorkommen vor, die nur eine geringe Ausdehnung aufweisen. Von wirtschaftlicher Bedeutung sind zur Zeit nur einige Lagerstätten, die in Abbau stehen.

Bekannte Beispiele sind die Blei-Zink-Lagerstätten von Bleiberg-Kreuth in Kärnten sowie Mežica und Topla in Slowenien, die Magnesit-Bergbaue von Radenthein in Kärnten, in der Steiermark Sunk bei Trieben (Hohentauern), Breitenau und Oberdorf sowie Hochfilzen in Tirol, dann der Steirische Erzberg, weltweit die größte Siderit-Lagerstätte dieses Typs. Anzuführen sind außerdem der Scheelit von Mittersill in Salzburg und die Antimonit-Lagerstätte von Schlaining im Burgenland. Wirtschaftliche Bedeutung könnte der Versuchsbau auf Uran bei Forstau in Salzburg erlangen. Nicht unerwähnt bleiben soll außerdem der Bergbau auf Graphit und Talk.

Die – nicht nur in Mitteleuropa – seit einiger Zeit zu beobachtende Tendenz, bekannte, ja klassische Bergbaue stillzulegen, machte auch in den Ostalpen nicht halt. Beispiele dafür sind die vor kurzem erfolgten Schließungen des Siderit-Bergbaues von Hüttenberg in Kärnten, des Kupfer-Bergbaues von Mitterberg in Salzburg und des Magnesit-Scheelit-Bergbaues von Tux in Tirol.

Gerade jetzt, zu einem Zeitpunkt, zu dem gerne von einer baldigen Erschöpfung der Vorräte bzw. der natürlichen Rohstoff-Reserven gesprochen wird, ist eine schon seit längerer Zeit zunehmende Stilllegung von Bergbauen in Mitteleuropa, auch in den Ostalpen, zu beobachten. In den meisten Fällen ist diese Schließung aber nicht durch eine Erschöpfung der Vorräte dieser Lagerstätten bedingt, sondern auf mangelnde Wirtschaftlichkeit bei der gegenwärtigen Preisgestaltung auf dem Weltmarkt zurückzuführen.

Zur Erzführung der Ostalpen

Genetisch und der altersmäßigen Anlage nach liegen in den Ostalpen sehr unterschiedliche Erzmineralisationen vor.

Erzlagerstätten finden sich nicht in allen tektonischen Großeinheiten der Ostalpen, sondern nur im Pennin sowie im Unterostalpin, Mittelostalpin und Oberostalpin. Nicht unerwähnt darf aber bleiben, daß andere Baueinheiten ebenfalls Lagerstätten aufweisen, wie z. B. solche von Braunkohlen im Tertiär, oder die wichtigen Erdöl- und Erdgas-Vorkommen im Wiener Becken, in der Waschbergzone sowie in der Molassezone.

Sehr stark vereinfacht, lassen sich die vielen Vorkommen der Ostalpen in relativ wenige Gruppen zusammenfassen, vor allem in Chromit-Lagerstätten, Magnetit-Vorkommen, Spat-Mineralisationen, nämlich einerseits Siderit-Vorkommen, andererseits Magnetit-Lagerstätten, Hämatit-Vererzungen, diverse Sulfid-Mineralisationen, Scheelit-Vorkommen und letztlich Uran-Mineralisationen. Als weitere Gruppen kann man unter anderem noch Bauxit-, Graphit- und Talk-Lagerstätten anführen.

Die Chromit-Vorkommen vom Typus Kraubath (Steiermark) finden sich in ultrabasischen Gesteinen im mittelostalpinen Altkristallin. Dort können außerdem in Serpentiniten Vorkommen von kryptokristallinem Magnesit (Typus Kraubath) auftreten.

Genetisch sehr unterschiedlich sind die Vorkommen von Magnetit. Er findet sich einerseits in basischen Gesteinen (z. B. Diabas), wie im Grazer Paläozoikum, andererseits als Gemengteil u. a. in Eisenspat-Vorkommen (vergl. Abb. 1-2). Stel-

lenweise kann er zusammen mit Eisenglanz beobachtet werden, wobei in den betreffenden Vorkommen auch Martit und Muschketoffit (vergl. Abb. 2) auftreten können. Eisenglanz kann in verschiedenen Vorkommen überwiegen, dementsprechend liegen dann fast monomineralische Hämatit-Mineralisationen vor.

Zahlreiche und genetisch sehr verschiedenartige Spat-Mineralisationen treten in den Ostalpen auf. Für den Bergbau ist – oder war – einerseits Eisenspat bzw. dessen Verwitterungsprodukt Brauneisen, andererseits Magnesit (Spatmagnesit! – vergl. Abb. 3–4) von Wichtigkeit. Eisenspat ist von Ganglagerstätten bis zu Lagern und „Stöcken“ (z. B. Typ Steirischer Erzberg in der Norischen Decke der Nördlichen Grauwackenzone) anzutreffen und findet sich in Vorkommen vom Pennin bis hinauf in die tieferen Teile der Nördlichen Kalkalpen. Vorkommen von Magnesit (z. B. Typ Veitsch-Radenthal) sind vom Unterostalpin bis hinauf in die untere Trias der Nördlichen Kalkalpen bekannt.

Sehr zahlreich sind auch Sulfid-Vererzungen (vergl. Abb. 5–8, 10–15, 17–23, 26–29, 34) vertreten, die dementsprechend ebenfalls eine sehr große Gruppe darstellen. Sie finden sich vom Pennin bis hinauf in die Nördlichen Kalkalpen. Den auftretenden Erzmineralien bzw. Paragenesen nach liegen sehr unterschiedliche Vorkommen vor und kann eine weitere Untergliederung vorgenommen werden. Eine große Gruppe stellen die Kieslagerstätten dar, in denen zumeist Pyrit und Magnetkies vorherrschen. Von Interesse waren – und könnten stellenweise auch wieder sein – beibrechende Erzminerale wie Kupferkies, Bleiglanz, oder Zinkblende sowie außerdem Edelmetallgehalte (Silbergehalte von Bleiglanz und Fahlerz; gediegen Gold bzw. Elektrum). In der Gruppe der Kupferringstätten kann einerseits Kupferkies dominieren (z. B. Mitterberg/Salzburg in der Nördlichen Grauwackenzone), andererseits Fahlerz (z. B. die altbekannten Vorkommen um Schwaz-Brixlegg/Tirol in der Nördlichen Grauwackenzone). In den ausgesprochenen Blei-Zink-Mineralisationen herrschen Bleiglanz und Zinkblende vor und andere Erzminerale treten dagegen in den Hintergrund. Die hierher zu stellenden Vorkommen standen stellenweise auch wegen ihrer Silbergehalte in Abbau. Dieser Gruppe kann ebenfalls eine sehr große Anzahl von Vorkommen zugeordnet werden, z. B. aus dem Altkristallin vom Engadiner Fenster im Westen bis zum Alpenostrand, oder die zahlreichen Blei-Zink-Baryt-Lagerstätten des Grazer Paläozoikums. Hier anzuführen sind weiters die vielen kalkalpinen Blei-Zink-Lagerstätten vom Typus Bleiberg-Kreuth (Kärnten) – Mežica (Slowenien) in den Nordkarawanken, im Drauzug und in den Nördlichen Kalkalpen. Diese fast monomineralischen Bleiglanz-Zinkblende/Schalenblende-Lagerstätten sind u. a. aber durch eine extreme Armut an Silber ausgezeichnet.

In bezug auf die Mineralparagenesen können innerhalb der großen und artenreichen Gruppe der Sulfid-Mineralisationen außerdem Besonderheiten angeführt werden. Zu diesen gehören u. a. die Tauern-Goldgänge, die mineralparagenetisch überaus artenreichen Ni-Co-Vorkommen der Zinkwand und Vöttern im Schladminger Altkristallin (Steiermark), diverse Zinnober-Vorkommen, oder die Antimonit-Lagerstätte von Schlaining (Burgenland) in der penninischen Rechnitzer Fenstergruppe.

Eine größere Zahl von Scheelit-Vorkommen findet sich im Pennin des Tauernfensters. Vorherrschend sind dort Vorkommen vom Typ Mittersill (Salzburg),

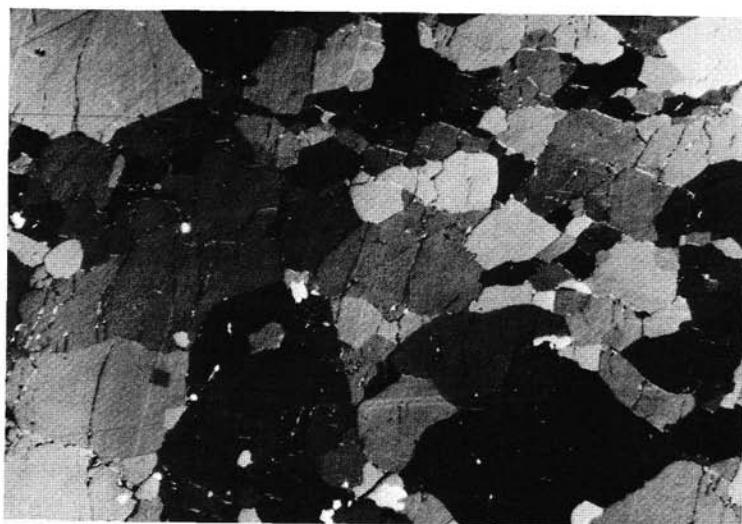


Abb. 1: Pitten (Niederösterreich). Rekristallisat von Magnetit, der Anisotropie-Effekte (!) aufweist und dadurch Kornformen mit der für Rekristallisationsgefüge typischen 120° „triple junction“ erkennen lässt und eine gewisse Einregelung (etwa waagrecht verlaufend) zeigt. Vereinzelt finden sich kleine Siderit-Körner (durch Innenreflexe stark aufgehellt). Anschliff, Vergr.: 40 \times , Polarisatoren +.

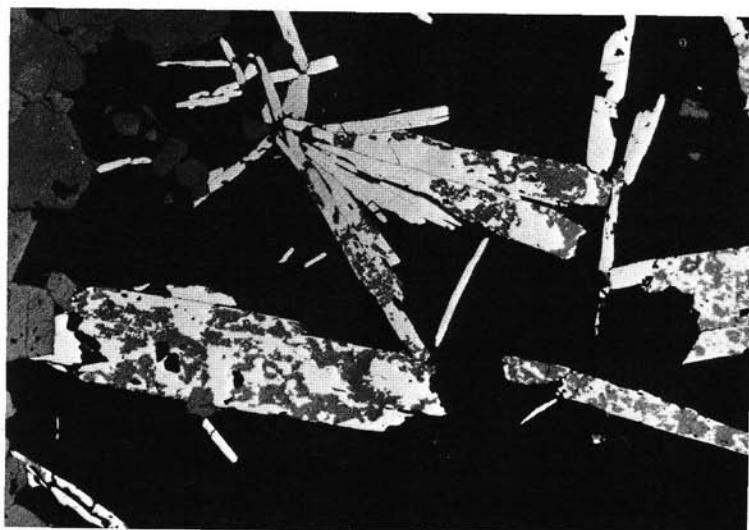


Abb. 2: Fröschnitzgraben/Semmering (Steiermark). Idiomictischer Magnetit (dunkelgrau) und idiomictischer Eisenglanz (lichtgrau) in sideritischem Karbonat (schwarz). Die tafeligen Hämatit-Kristalle werden deutlich von Magnetit verdrängt und pseudomorphosiert („Muschketoffit“). Anschliff, Ölimmersion, Vergr.: 40 \times .

in denen Scheelit praktisch dominiert. Daneben tritt Scheelit in den präalpidischen Gold-Mineralisationen vom Typ Schellgaden (Salzburg) auf. Bereits seit einigen Jahren abgebaut ist der Scheelit in der Magnesit-Lagerstätte von Tux (Tirol) im altpaläozoischen Innsbrucker Quarzphyllit (Unterostalpin).

In lagerstättenkundlich-geochemischer Hinsicht auffällig galt bisher für die Ostalpen eine praktisch völlige Abwesenheit von Zinn sowie ein nur sehr untergeordnetes Auftreten von Uran. Sieht man von Zinn als Spurenelement in einigen Zinkblenden ab, so stellen Zinnmineralien in den Ostalpen eine Seltenheit dar (z. B. Pegmatit bei Spittal/Drau, Sulfid-Vorkommen in der Kreuzeckgruppe). Vor kurzem wurde ein Zinnmineral als charakteristischer Gemengteil in der komplexen eisenarmen Buntmetall-Mineralisation im Myrthengraben/Semmering (Niederösterreich) nachgewiesen.

Schichtgebundene Uranvorkommen finden sich in dedritischen permischen Serien, die über den westlichen Teil der Nördlichen Grauwackenzone transgredieren. Außerdem treten Urananreicherungen tektonisch tiefer (Unterostalpin), in einer permoskythischen Chlorit-Sericit-Quarzitserie bei Forstau (Salzburg) nahe Schladming (Steiermark) auf. In der Verwitterungszone der Kupfer-Lagerstätte von Mitterberg (Salzburg) treten stellenweise Urananreicherungen (Uraninit, Brannerit) auf, mit denen außerdem gediegen Gold vergesellschaftet ist. Kleine Uranmineralisationen sind ferner u. a. im Semmering-Mesozoikum (z. B. Myrthengraben/Semmering, Niederösterreich) zu finden. Gangvorkommen von Uranpechblende sind in den Ostalpen bisher nicht nachgewiesen worden.

Zur altersmäßigen Gliederung der ostalpinen Erzmineralisationen

Die lange Bergbautradition, die seit alters her intensive Beschäftigung mit den Erzvorkommen der Ostalpen und hier vor allem das Bestreben, die Gesetzmäßigkeiten bereits bekannter Lagerstätten herauszufinden und die gewonnenen Erkenntnisse für den Abbau und Hoffnungsbau sowie für die Suche nach neuen, unbekannten Vorkommen zu nutzen, prägte auch in den Ostalpen die lagerstättenkundliche Forschung. Eine große Bedeutung gewann dabei die Frage nach den Bildungsbedingungen, nach der Genese der Vererzung. Im Brennpunkt lagerstättenkundlicher Forschung steht seit bald einem Jahrhundert die Klärung der Prozesse, die zur Anlage und Ausbildung der zahlreichen Erzvorkommen in den Ostalpen führten, eine Fragestellung, die bis heute nichts an Aktualität eingebüßt hat. Zunehmende Bedeutung erlangte dabei das Problem der altersmäßigen Einordnung der Erzmineralisationen.

Über viele Jahrzehnte hinweg war die lagerstättenkundliche Forschung durch die von W. PETRASCHECK (1926, 1932, 1947) konzipierte Auffassung geprägt, daß, von sehr wenigen Ausnahmen abgesehen, in den Ostalpen faktisch eine einheitliche alpidisch-epigenetische zonare Metallogenese tertiären bzw. kretazisch-tertiären Alters vorliege. Dieses Konzept zieht sich gleichsam als roter Faden durch die Arbeiten von E. CLAR (1947, 1953a, 1953b, 1956a, 1956b, 1965), O. M. FRIEDRICH (1937, 1942, 1953, 1962, 1968), H. MEIXNER (1953, 1975), W. E. PETRASCHECK (1955, 1961, 1963, 1966, 1972), H. HOLZER (1973), oder R. OBERHAUSER (1978). Hierher gehört auch die der Grundlage entbehrende Hypothese der „Prä-

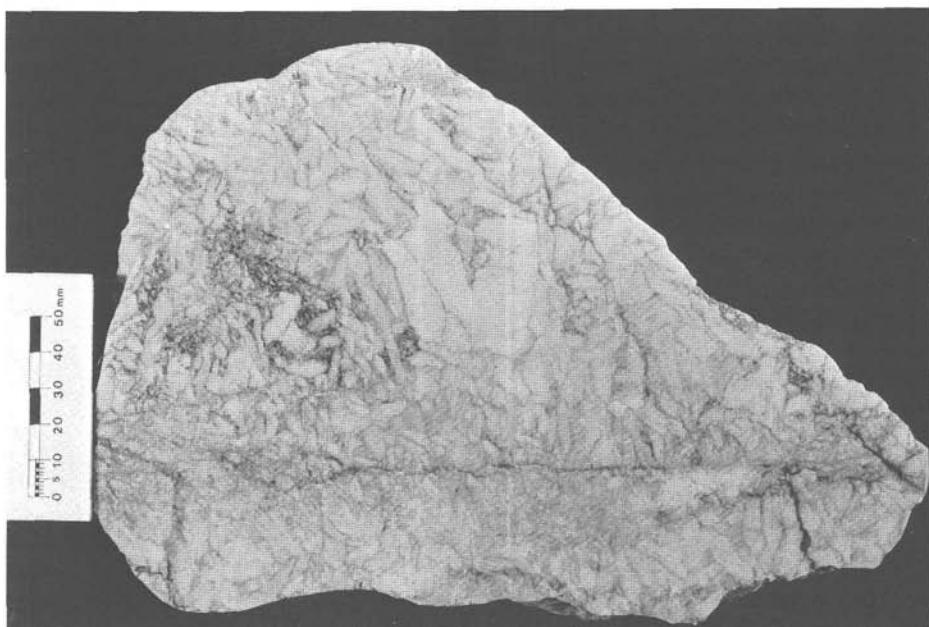


Abb. 3: Millstätter Alpe/Radenthain (Kärnten). „Spat-Magnesit“. Magnesit-Marmor mit typischem, grobkörnigem Gefüge, lässt stellenweise relativ große Magnesit-Körner (Porphyroblasten bzw. Idioblasten) beobachten.



Abb. 4: Millstätter Alpe/Radenthain (Kärnten). „Pinolitmagnesit“. Grobkörniger, unreiner Magnesit-Marmor, bestehend aus aufgesproßten, an Pignolien erinnernde Magnesit-Porphyroblasten bzw. -Idioblasten in stark pigmentierter Matrix.

bichl- und Werfener Schichten als Permeabilitätsgrenze im Hangenden“ sowie des „Prophyroids als Permeabilitätsgrenze im Liegenden des Steirischen Erzberges“, wie sie noch kürzlich von H. HOLZER (1980) verwendet wird.

Gegen dieses Konzept einer fast ausschließlich alpidischen Metallogenese sprach sich sehr entschieden R. SCHWINNER (1935, 1942a, 1942b, 1949a, 1949c) aus. Daraus resultierte eine bis heute anhaltende – nicht zuletzt auch für den Bergbau – fruchtbare Diskussion. Zu Beginn allerdings kam es zu einer sehr heftigen Kontroverse mit H. SCHNEIDERHÖHN (1942), der vorerst noch völlig dem von W. PE-TRASCHECK aufgestellten Schema folgte. Davon nahm aber H. SCHNEIDERHÖHN (1952, 1953) später Abstand und versuchte die Vorkommen der Ostalpen durch eine Wiederbelebung einer älteren, variszischen Primärvererzung zu erklären.

Durch seine Untersuchungen kommt R. SCHWINNER (1946, bzw. 1949a, 1949b) auch die Priorität zu, nach F. MOHS (1807) erneut die syngenetisch-sedimentäre Anlage der kalkalpinen Blei-Zink-Lagerstätten vom Typus Bleiberg-Kreuth (Kärnten) – Mežica (Slowenien) erkannt und festgestellt zu haben. Daraus resultierte ebenfalls – wieder zum Wohle des Bergbaues – eine bis heute unvermindert anhaltende und weit über die Ostalpen hinausgehende Diskussion besonders auch dieses Lagerstättentyps.

Betrachtet man die Erzführung in den Ostalpen, so fällt auf, daß nur eine bescheidenere Zahl von Lagerstätten in alpidischen Schichtgliedern auftritt. Ein alpidisches Alter dieser Erzmineralisationen steht somit allerdings fest. Die Hauptmasse der Vorkommen findet sich aber in den ausgedehnten präalpidischen Bau-einheiten bzw. Serien, nämlich in den Altkristallingebieten sowie im Paläozoikum.

Gerade aber viele dieser Lagerstätten wurden von zahlreichen Autoren bisher zur Beweisführung einer „jungen“, d. h. alpidisch-epigenetischen und nicht metamorph überprägten Vererzung der Ostalpen herangezogen. Die Einstufung dieser Lagerstätten als „jung“, also als alpidisch-epigenetische Erzmineralisationen, beruht vor allem auf der Vorstellung, daß die unterschiedlichsten Vorkommen in alpidischen und präalpidischen Serien mineralparagenetische Übergänge bzw. Zusammenhänge aufweisen sollen. Demnach wären z. B. Siderit-Vorkommen durch Spuren anderer Erze, wie Kupferkies, Bleiglanz, oder Zinkblende, genetisch mit Kupfer- sowie Blei-Zink-Lagerstätten verknüpft; dies umso mehr, als sich in Buntmetall-Lagerstätten stellenweise auch ein wenig Siderit in der Paragenese beobachten läßt. Darüber hinaus wird für die diversen Erzmineralisationen postuliert, daß diese keine metamorphe Beanspruchung mehr aufweisen und dementsprechend jünger als die Hauptphasen der Tektonik wären.

Diese Hypothese hält aber einer näheren Überprüfung nicht Stand. Eine eingehende Untersuchung der Erzführung des Altkristallins und des Paläozoikums durch W. TUFAR (1963–1980) hatte zum Ergebnis, daß die Vorkommen bzw. Paragenesen in den voralpidischen Serien (Altkristallin-Komplexe, Paläozoikum) Kennzeichen aufweisen, die eine Korrelation mit den alpidischen Vererzungen unmöglich machen und eine alpidische Anlage jener Lagerstätten im Altkristallin und Paläozoikum ausschließen. Es konnte belegt werden, daß die Vorkommen bereits in präalpidischer Zeit gebildet wurden, metamorphe Überprägung in präalpidischer und in alpidischer Zeit feststellen lassen und daß syngenetische Erzmineralisationen weit verbreitet sind (vergl. Abb. 3–4, 10–29).

Am Ergebnis, daß in den Ostalpen somit nur eine kleinere Anzahl von Lagerstätten ein alpidisches Alter aufweist, die bei weitem größere Zahl der Vorkommen aber auf eine präalpidische Anlage zurückzuführen ist, wobei syngenetische, schicht- und zeitgebundene Erzmineralisationen weit verbreitet sind, kann heute ernsthaft nicht mehr gezweifelt werden. Die bisher von zahlreichen Forschern vertretene Vorstellung einer fast ausschließlich „jungen“, also alpidisch-epigenetischen Metallogenese der Ostalpen entbehrt der Grundlage.

Diese Erkenntnisse wurden mittlerweile auch durch die Ergebnisse von R. HÖLL und A. MAUCHER (1968, 1976), R. HÖLL (1970a, 1970b, 1971, 1975, 1979), R. HÖLL, A. MAUCHER und H. WESTENBERGER (1972), L. LAHUSEN (1972), E. PAK, E. SCHROLL und L. WEBER (1980), O. SCHULZ (1969, 1971, 1972a, 1972b, 1979), W. SIEGL (1974), F. THALMANN (1979), L. WEBER (1977) und anderen Forschern bestätigt.

In den Ostalpen kann heute zwischen einer kleineren Gruppe von Lagerstätten mit alpidischem Alter und einer wesentlich größeren Anzahl von Vorkommen mit präalpidischer Anlage unterschieden werden. Eine präalpidisch weiter präzisierende stratigraphische Einstufung der Vorkommen ist z. T. durchaus möglich. Beispiele dafür sind u. a. in der Nördlichen Grauwackenzone im Ostteil die Siderite im Devon und die Magnesite im Karbon, im Westteil Magnesit vom Silur bis Unterdevon, oder besonders im Grazer Paläozoikum die zahlreichen charakteristischen Blei-Zink-Baryt-Lagerstätten im Devon.

Die altersmäßige Feingliederung der großen Anzahl präalpidischer Erzmineralisationen (z. B. Kiesvorkommen) in den Altkristallin-Gebieten stößt derzeit häufig noch insofern auf Schwierigkeiten, als die detaillierte stratigraphische Gliederung der betreffenden Altkristallin-Serien noch aussteht.

Spekulativ kann auch eine plattentektonische Deutung der ostalpinen Metallogenese, selbst für die kaledonische und variszische Ära gegeben werden (vergl. R. HÖLL und A. MAUCHER, 1976). Dabei ist aber zu bedenken, daß derzeit die geologischen Detailkenntnisse, insbesondere die stratigraphische Zuordnung der metamorphen Serien, noch nicht ausreichen, um ein detailliertes und fundiertes Modell zu entwickeln. Es wäre z. B. denkbar, daß der Porphyro-Vulkanismus in der Nördlichen Grauwackenzone und bestimmte saure Plutonite im Altkristallin einem kaledonischen Magmatismus angehören, der mit Subduktions-Prozessen in Beziehung stehen könnte. Derartige Überlegungen setzen aber u. a. eingehende geochemische Untersuchungen der betreffenden Gesteine voraus.

Zur tektonischen Beanspruchung, Metamorphose und paragenetischen Charakteristik der ostalpinen Erzmineralisationen

Ein Vergleich der alpidischen mit den präalpidischen Vorkommen zeigt augenfällig die charakteristischen Unterschiede im Stoff-, Mineralbestand, Gefüge und Struktur sowie in der (litho-)faziellen Ausbildung der jeweiligen (geosynklinalen) Nebengesteins-Serien.

Die größte Gruppe unter den alpidischen Lagerstätten stellen die kalkalpinen Blei-Zink-Lagerstätten vom Typ Bleiberg-Kreuth (Kärnten) – Mežica (Slowenien) (vergl. Abb. 5–8). Daneben treten außerdem noch andere stratiforme alpidische

Lagerstättentypen auf, wie Siderit-, Magnesit-, Sulfid-, oder Mangan-Vorkommen. Erwähnt sei ferner der sich in Verbindung mit Gosau-Ablagerungen findende Bauxit.

Während die an Ophiolithe gebundenen syngenetischen Kieslagerstätten (Jura-Kreide) im Pennin des Tauernfensters einer stärkeren progressiven Metamorphose unterworfen wurden, zeigen die Vorkommen in der unterostalpinen sowie in der mittelostalpinen Trias nur eine relativ schwache regionalmetamorphe Überprä-

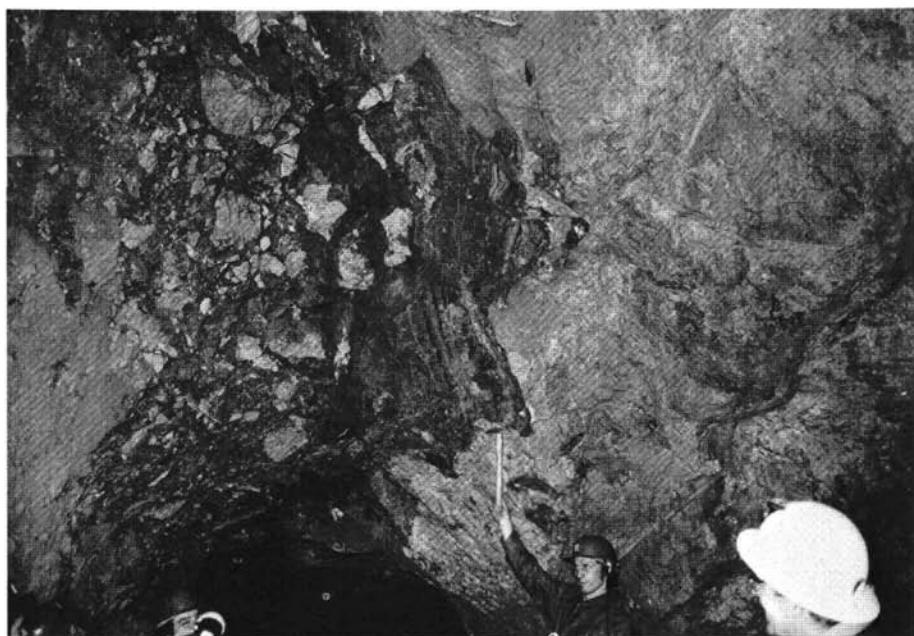


Abb. 5: Mežica, Graben-Revier, zentraler Teil, 12. Lauf. Ausschnitt aus Riff (Karn) mit überkipptem Riffkörper (Liegendes: rechte Bildhälfte), darauf ein feinschichtiges Sediment (Dolomit-Erz-Rhythmit) und Breccie (Hangendes, linke Bildhälfte).

gung. Die Vorkommen in der oberostalpinen Trias sind dagegen nicht mehr metamorph überprägt worden. Umlagerungen und Mobilisationen sind aber auch in diesen Lagerstätten vielfach verbreitet und können eine epigenetische Anlage vortäuschen, wie z. B. die Hypothese einer epigenetisch-hydrothermal-metasomatischen Entstehung der kalkalpinen Blei-Zink-Lagerstätten ersehen lässt.

Die kalkalpinen Blei-Zink-Lagerstätten zeigen eine strenge paläogeographische Kontrolle und finden sich in ihrer typischen Ausbildung sowohl in den Nördlichen Kalkalpen, dort gehäuft im Westteil (z. B. Lafatsch-Vomperloch im Karwendel), als auch im Südteil der Zentralalpen, und zwar im Drauzug (Gailtaler Alpen: Bleiberg-Kreuth/Kärnten) und dessen Ostabschnitt, den Nordkarawanken (Mežica und Topla in Slowenien) (vergl. Abb. 5–8). Die regionale Verteilung der Vorkommen drängt bereits einen ursprünglich zusammenhängenden Sedimenta-

tionskomplex vor der Überschiebung der Nördlichen Kalkalpen über die Zentralalpen auf.

Typisch für die syngenetischen, im Anis, Ladin und Karn (bis basales Nor) liegenden kalkalpinen Blei-Zink-Lagerstätten ist gegenüber den präalpidischen Sulfid- bzw. Blei-Zink-Lagerstätten auch das Auftreten in einer mächtigen, praktisch reinen Karbonatgesteinsserie (Kalke, Dolomite) und ein fast völliges Zurücktreten



Abb. 6: Mežica, Graben-Revier, zentraler Teil, 12. Lauf. Ausschnitt aus Abb. 5. Detail mit Breccie im feinschichtigen Erz-Sediment (Zinkblende-Bleiglanz-Dolomit-Rhythmit), das Load-casts aufweist. Im Hangenden findet sich eine größere Partie von sammelkristallisiertem Bleiglanz.

anderer Erzminerale gegenüber (silberarmem!) Bleiglanz und Zinkblende/Schalenblende.

Die syngenetisch-sedimentäre Anlage dieses Mineralisationstyps hatte bereits F. MOHS (1807) erkannt und herausgestellt, eine Erkenntnis, die dann über einen langen Zeitraum unbeachtet blieb, wie die bevorzugte und vehement vertretene Deutung dieser Vorkommen als epigenetisch-hydrothermal-metasomatische Lagerstätten (vergl. z. B. F. POŠEPNÝ 1873, 1895, W. PETRASCHECK 1926, 1932, 1947, O. M. FRIEDRICH 1937, 1953, 1962, E. CLAR 1947, 1953a, 1953b, 1956b, W. E. PETRASCHECK 1955, 1957, 1961, 1963) ersehen lässt. Vor über drei Jahrzehnten wurde dann für diese Vorkommen von R. SCHWINNER (1946 bzw. 1949a, 1949b) erneut klargestellt, daß syngenetisch-sedimentäre Erzmineralisationen vorliegen.

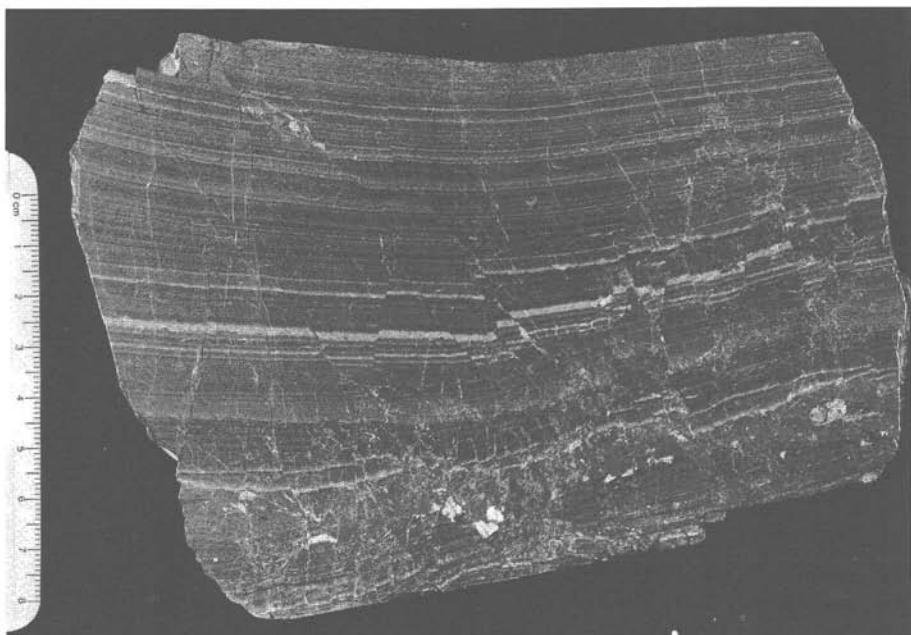


Abb. 7: Mežica, Graben-Revier, Ost, 10. Lauf, hangender Bereich des Riffes. Ausschnitt aus Erzwanne mit Rhythmit von Dolomit mit im Hangenden vorherrschend Zinkblende (lichtgrau), im Liegenden außerdem auch etwas Bleiglanz (schwarz). Ausgeprägt sind eine Reihe von kleinen synsedimentären bis syndiagenetischen „Verwürfen“ zu beobachten.

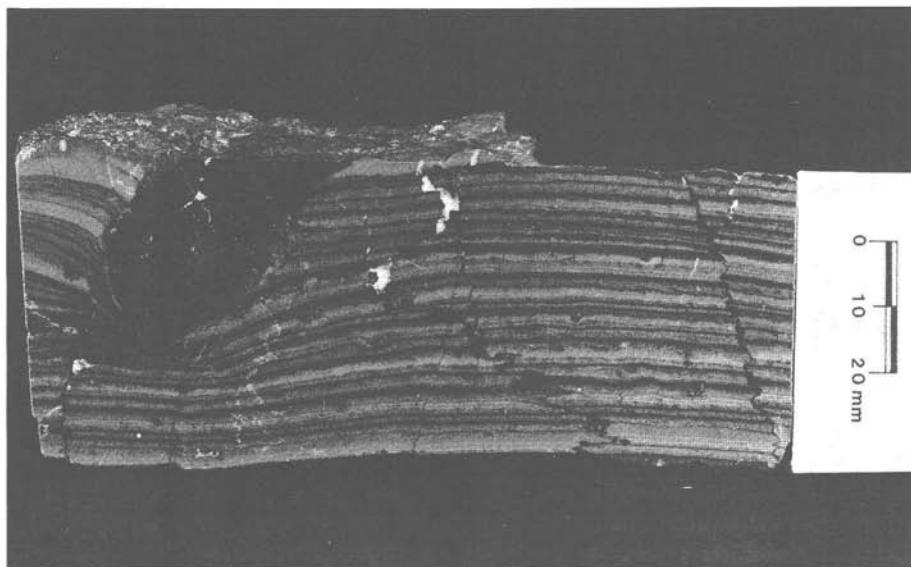


Abb. 8: Mežica, Graben-Revier, 11. Lauf, liegender Bereich des Riffes. Bleiglanz-Zinkblende-Dolomit-Rhythmit mit Load-casts an größerer, sammelkristallisierter Bleiglanz-Partie. (Probe freundlicherweise von Dipl.-Ing. Dr. Štruc zur Verfügung gestellt.)

R. SCHWINNER unterstrich, daß bei diesem Vererzungstyp eine besondere sedimentäre Fazies der Trias vorliegt und eine Beziehung zu einer magmatischen Abfolge nicht gegeben ist. Diese damals wieder grundlegende Erkenntnis wurde zwar anfangs noch scharf abgelehnt, findet sich dann aber als Ergebnis in nachfolgenden Untersuchungen zahlreicher Autoren (vergl. z. B. F. HEGEMANN 1957, A. MAUCHER 1954, 1957, H.-J. SCHNEIDER 1953, 1954a, 1954b, 1964, K.-C. TAUPITZ 1954a, 1954b, O. SCHULZ 1955, 1960, 1966, 1968a, 1968b, 1968c, O. SCHULZ und E. SCHROLL 1977, L. BRIGO, L. KOSTELKA, P. OMENETTO, H.-J. SCHNEIDER, E. SCHROLL, O. SCHULZ und I. ŠTRUCL 1977, E. SCHROLL 1978, G. HÜBEL und L. KOSTELKA 1978) und bewirkte eine bis heute anhaltende fruchtbare Diskussion dieses Lagerstättentyps. Besonders eingehende Untersuchungen dieses Mineralisationstyps sowie ausführliche Beschreibungen stammen auch von I. ŠTRUCL (1966, 1970, 1971, 1974), T. BECHSTADT (1973, 1975a, 1975b, 1975c, 1978, 1979) und W. TUFAR (1979b, 1980d).

Vergleicht man die große Anzahl präalpidischer Vorkommen bzw. Erzmineralisationen im Altkristallin und Paläozoikum, so fällt auf, daß diese zu einem großen Teil in bzw. mit metamorph überprägten Karbonatsedimenten (Kalken, Dolomiten), Phylliten, Schiefern, Glimmerschiefern, Granatglimmerschiefern, Hornblendeschiefen, Amphiboliten, Grüngesteinen, Gneisen, Marmoren etc. auftreten. Es handelt sich um metamorph überprägte Gesteine bzw. Geosynkinal-Serien sedimentären bzw. vulkanogen-sedimentären Ursprungs, wobei sowohl basischer wie saurer Vulkanismus nachgewiesen ist.

Charakteristisch für die stofflich sehr unterschiedlichen präalpidischen Erzmineralisationen bzw. Lagerstättentypen, vor allem für die des Altkristallins, ist die allgemein sehr starke tektonische Beanspruchung. Als Folge davon sind diese Vorkommen verschiefert und liegen in metamorpher Form vor.

Im Vergleich zum Altkristallin scheinen bei den Lagerstätten im Paläozoikum die Verhältnisse etwas einfacher überschaubar zu sein. Im Paläozoikum (Gurktaler Decke, Grazer Paläozoikum, Nördliche Grauwackenzone) führte die tektonische Beanspruchung und die Regionalmetamorphose nicht in einem derartigen Grad zur Überprägung der Vorkommen, wie sie ansonsten für die Lagerstätten im Altkristallin typisch ist.

Eine eingehende Untersuchung der präalpidischen Erzmineralisationen läßt außerdem ersehen, daß diese nicht nur in alpidischer Zeit, sondern bereits in präalpidischer Zeit regionalmetamorph überprägt wurden, wobei eine mehrfache metamorphe Beanspruchung, Polymetamorphose, weit verbreitet ist. Die Lagerstätten zeigen in bezug auf die tektonische Beanspruchung, Durchbewegung und Metamorphose dieselben Erscheinungen wie das umgebende Gestein bzw. Serie, in der die Vorkommen liegen. Sie stimmen mit dieser somit auch im Metamorphosegrad überein und haben also die gesamte tektonische und metamorphe Geschichte miterlebt. Die präalpidische Regionalmetamorphose bewirkte eine progressive Metamorphose der betreffenden sedimentären bzw. vulkanogen-sedimentären Geosynkinal-Serien und der in diesen enthaltenen zahlreichen syngenetischen Vorkommen. Auf diese progressive Metamorphose geht auch die Hauptprägung des Altkristallins zurück. Die alpidische Regionalmetamorphose dagegen führte zu einer Diaphthorese im Altkristallin und dementsprechend auch an den Vererzungen.

Zu berücksichtigen ist ferner, daß die Regionalmetamorphosen, sowohl in alpidischer wie in präalpidischer Zeit, jeweils keinen einphasigen Vorgang darstellen, sondern mehrphasig abliefen und nicht nur im jeweiligen Altkristallin, sondern auch in den darin liegenden Erzmineralisationen nachzuweisen sind. Die – auch mehrphasige – tektonische Beanspruchung und Metamorphose ist sogar an Spat-Vorkommen deutlich ausgebildet (vergl. W. TUFAR 1963, 1965b, 1969a, 1970, 1972a, 1972c, 1974, 1979d, 1980a).

Verbunden mit der tektonischen Beanspruchung und metamorphen Überprägung der Vorkommen sind Mobilisationen des ursprünglichen Stoffbestandes der Lagerstätten. Dabei darf nicht außer acht gelassen werden, daß Sulfide und Karbonate leicht mobilisieren bzw. mobilisiert werden (vergl. z. B. TUFAR 1968b, 1971a, 1972a, 1974, 1980a) und vor allem Karbonate eine große Reaktionsfreudigkeit aufweisen. Diese Erscheinungsformen können, wie dem umfangreichen Schrifttum zu entnehmen ist, leicht übersehen werden und verleiten, primäre Verwachsungen vortäuschend, zu Fehlinterpretationen, wie die ebenfalls vehement vertretene Hypothese einer alpidisch-epigenetisch hydrothermalen, selektiven Fe-Mg-Metasomatose (vergl. z. B. E. CLAR 1931, 1947, 1953a, 1953b, 1956a, O. M. FRIEDRICH 1937, 1951, 1953, 1959, 1962, 1963, 1967, 1968, 1969, H. MEIXNER 1953, 1975, W. PETRASCHECK 1926, 1932, 1947, E. CLAR, O. M. FRIEDRICH und H. MEIXNER 1963, W. E. PETRASCHECK 1955, 1961, 1963, 1966, 1972, R. OBERHAUSER 1978) zeigt.

Die Art des Auftretens der an Kalke bzw. Karbonatgesteine gebundenen Magnesit- und Siderit-Vorkommen im Paläozoikum und Altkristallin der Ostalpen lässt bereits ersehen, daß auch bei diesen Lagerstättengruppen, trotz späterer Überprägungen, schicht- und zeitgebundene, stratiforme Vorkommen vorliegen und die Mg- bzw. Fe-Anreicherungen bereits primär, bei der Bildung der betreffenden karbonatreichen Sedimente bzw. Sedimentserien erfolgten, in denen sich diese Lagerstätten finden.

Das heute in diesen Vorkommen vorliegende grobspätiige Gefüge mit den relativ großen Idioblasten bzw. Idioblastensieben geht auf spätere Phasen, nämlich die regionalmetamorphe Überprägung der Vorkommen zurück. Diese führte zu Umkristallisationen und Umbildungen etc. und verwischte die primären Bildungen. In den (grob-)spätiigen Magnesit- und Siderit-Vorkommen im Altkristallin, aber auch im Paläozoikum, liegen eigentlich bereits Magnesit-Marmore (vergl. Abb. 3–4) bzw. Siderit-Marmore vor, wie dies schon aus der Mineralvergesellschaftung ersichtlich ist (vergl. W. TUFAR 1979b, 1980a, 1980d).

Gerade bei Spat-Mineralisationen, sowohl Magnesit- wie Siderit-Vorkommen, zeigt sich auf Grund der großen Reaktionsfreudigkeit von Karbonaten eindrucks- voll, daß die primären Anreicherungen bzw. Bildungen in späterer Zeit durch Umkristallisationen und Mobilisationen als Folge metamorpher Beanspruchung verwischt wurden. Sie bewirkten durch ihre Umbildungen bzw. Umlagerungen die bekannten Erscheinungsformen der „Metasomatose“. Diese wird, wie zahlreichen Arbeiten zu entnehmen ist, fälschlich als primär angesehen und täuscht so leicht eine epigenetische Anlage und somit ein junges Alter der Lagerstätten vor.

Einen wichtigen Beitrag zur Klärung dieser Fragestellung stellte auch der kürzlich erfolgte Nachweis von Magnesit (vergl. Abb. 9) als charakteristischer Ge-

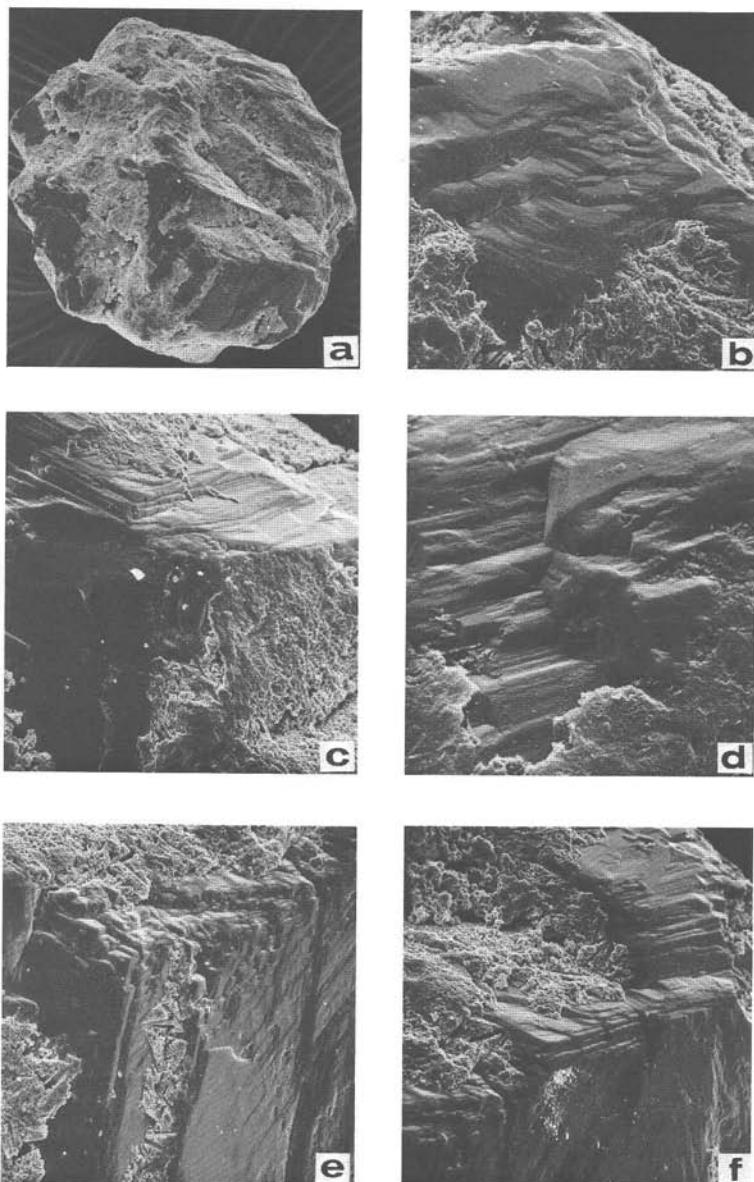


Abb. 9: Myrthengraben/Semmering (Niederösterreich). Kristall-Aggregat von Magnesit mit stellenweise dünnsten Überzügen. Magnesit hat ausgeprägt Kristallflächen ausgebildet und lässt deutlich rhomboedrische Entwicklung erkennen. (Abb. 9 b-f: Detail aus Abb. 9a). Abb. 9a: 230×. Abb. 9b: 1000×. Abb. 9c: 1350×. Abb. 9 d-f: 1000×.

mengteil in der karnischen Gips-Lagerstätte vom Myrthengraben/Semmering (Niederösterreich) dar, die sich außerdem nach W. TUFAR (1980f) durch eine überaus komplexe Buntmetall-Mineralisation auszeichnet. Das geologische Milieu dieser Evaporit-Lagerstätte schließt im Myrthengraben ebenfalls eine epigenetische Zuführung hydrothermaler Mg-Lösungen von einem (hypothetischen!) Magmenherd aus und lässt ersehen, daß auch dort das Magnesium primär, bei der Bildung dieser Lagerstätte bzw. des Nebengesteins, angereichert wurde.

Entsprechend den Auswirkungen der präalpidischen Regionalmetamorphose bzw. -metamorphosen zeichnen sich die Mineralvergesellschaftungen stofflich unterschiedlichster Erzmineralisationen im gesamten Altkristallin (Unterostalpin wie Mittelostalpin), zum Teil auch im Paläozoikum, immer wieder durch Mineralphasen aus, die hochtemperierte Bildungsbedingungen belegen. Diese wurden in den betreffenden Krustenteilen in alpidischer Zeit bei weitem nicht erreicht und belegen somit bereits eine präalpidische Genese der betreffenden Vorkommen.

Beispiele dafür sind das Auftreten von Staurolith, Amphibolen (z. B. Hornblende, Anthophyllit, Cummingtonit, Grunerit; vergl. Abb. 11), Granat (vergl. Abb. 11, 15, 16, 24), Hochtemperatur-Kupferkies (vergl. Abb. 18, 20–21, 22–23), Ilmenit (vergl. Abb. 11, 15, 16a, 24) usw. als typische Gemengeanteile in stofflich unterschiedlichsten Erzmineralisationen.

In diesen Vorkommen lassen Verwachsungen, wie z. B. das Sprießen der Amphibole in Erze wie Bleiglanz (vergl. Abb. 11), Verdrängung von Siderit durch Granat (vergl. Abb. 16), Granat mit gedrehten Einschlußzügen von Siderit (vergl. Abb. 16) oder Bleiglanz, Zinkblende, Ilmenit, Graphit etc. (vergl. Abb. 15) deutlich erkennen, daß prämetamorphe bzw. syngenetische Erzanreicherungen häufig vorliegen.

Paragenetisch auffällig ist außerdem die häufige Vergesellschaftung von Hochtemperatur-Kupferkies mit gediegen Gold bzw. Elektrum in stofflich unterschiedlichsten Erzmineralisationen (vergl. Abb. 14, 19, 23). Hochtemperatur-Kupferkies selbst kann häufig und in unterschiedlichsten Mineralvergesellschaftungen im gesamten Altkristallinbereich, von der Westalpen-Grenze bis zum Alpenostrand, beobachtet werden (vergl. Abb. 18, 22), darüber hinaus außerdem stellenweise im Paläozoikum, z. B. in Meiselding (Kärnten) in der Gurktaler Decke (vergl. Abb. 20–21), dort ebenfalls vergesellschaftet mit gediegen Gold bzw. Elektrum. Darüber hinaus ist Hochtemperatur-Kupferkies sogar in körnigen Rekristallisaten von Kupferkies nachzuweisen, z. B. in den syngenetischen Kieslagerstätten von Panzendorf-Tessenberg (Osttirol) (vergl. Abb. 22) im mittelostalpinen Altkristallin des Defereggener Gebirges. Hochtemperatur-Kupferkies ist dort ebenfalls mit gediegen Gold bzw. Elektrum vergesellschaftet (vergl. Abb. 23).

In den syngenetischen präalpidischen Erzmineralisationen im Altkristallin wie im Paläozoikum kann häufig Ilmenit (vergl. Abb. 11, 15, 16a, 24), zumeist idiomorph nach {0001} entwickelt, beobachtet werden. Er wird öfters von Rutil (vergl. Abb. 28) begleitet, bzw. auch von diesem verdrängt.

Neben Titanmineralien können in diesen Serien bzw. mit diesen Vorkommen stellenweise außerdem Chrommineralien (z. B. Fuchsit) auftreten. Die daraus bereits ersichtlichen relativ hohen Titan- und Chrom-Gehalte in den betreffenden

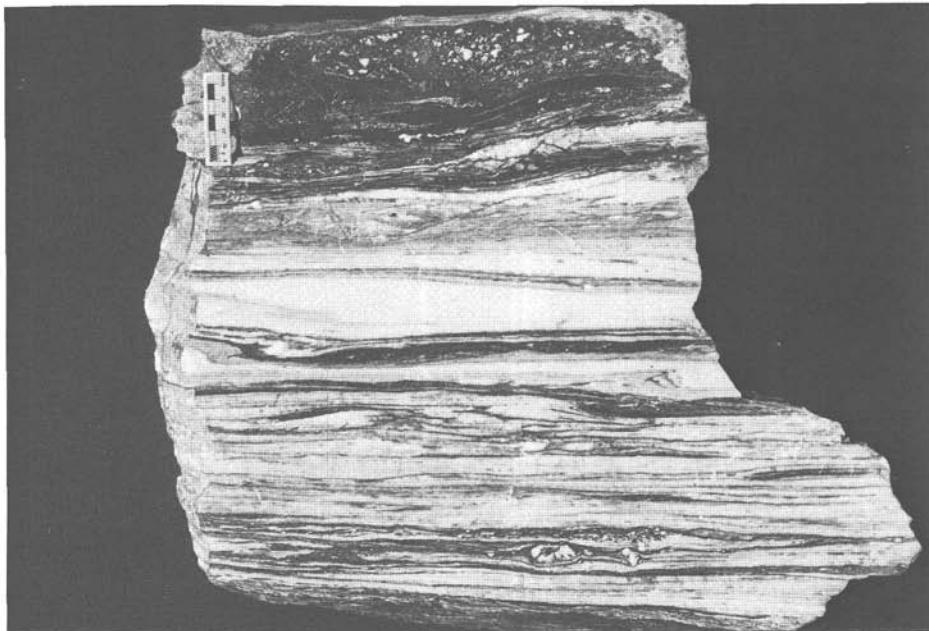


Abb. 10: Moosburg (Kärnten). Ausschnitt aus Wechselfolge von konkordanten hellen Marmor- und dunklen Erzlagen (Sulfide, Magnetit etc.) mit präalpidischen Faltenstrukturen.

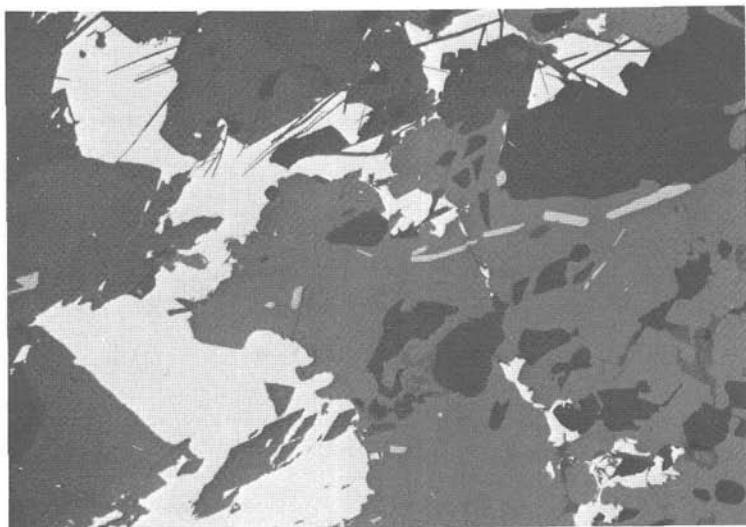


Abb. 11: Moosburg (Kärnten). Gruneritischer Amphibol (dunkelgrau) spricht idioblastisch in älteren Bleiglanz (lichtgrau, fast weiß), lässt stellenweise außerdem asbestförmige Ausbildung erkennen (obere Bildhälfte) und ist mit porphyroblastischem Granat (licht dunkelgrau, rechte untere Bildhälfte) und Karbonat (dunkelgrau, verschiedene Töne) vergesellschaftet. Granat enthält Einschlüsse („si“) bzw. Verdrängungsreste von Quarz (dunkelgrau), Karbonat, Bleiglanz, idioblastischem Ilmenit (mittelgrau) und örtlich kleinste Graphit-Tafeln (mittelgrau bis schwarz). Anschliff, Vergr.: 150×.

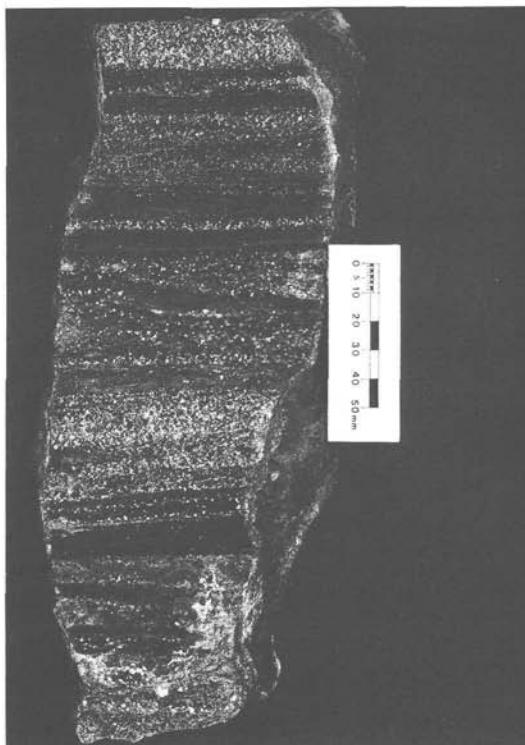


Abb. 12: Silberloch bei Ratten (Steiermark). Metamorph überprägte Wechselfolge von konkordanten Erz- und Nebengesteinslagen mit Schrägschichtung. Die Erzlagen sind vor allem durch idioblastischen Pyrit (lichtgrau) und Magnetkies (ebenfalls lichtgrau) gegenüber den Nebengesteinslagen (dunkelgrau – schwarz; darin jedoch auch Zinkblende, Bleiglanz etc.!) kenntlich.

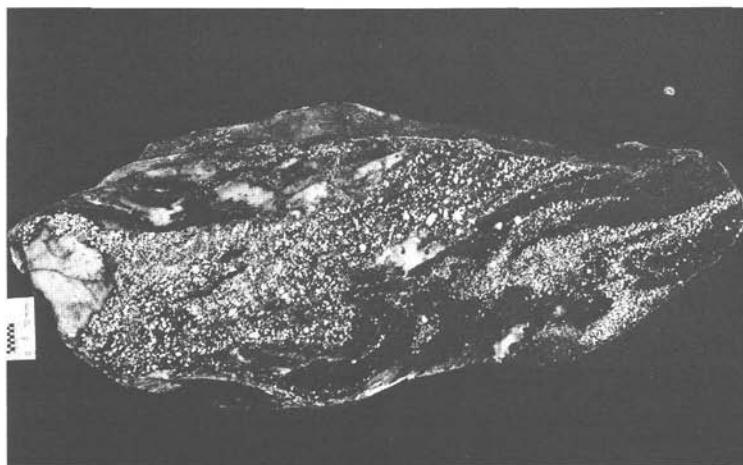


Abb. 13: Silberloch bei Ratten (Steiermark). Metamorph überprägte Wechselfolge von konkordanten Erz- (idioblastischer Pyrit etc.!) und Nebengesteinslagen mit ausgeprägten präalpidischen Faltenstrukturen.

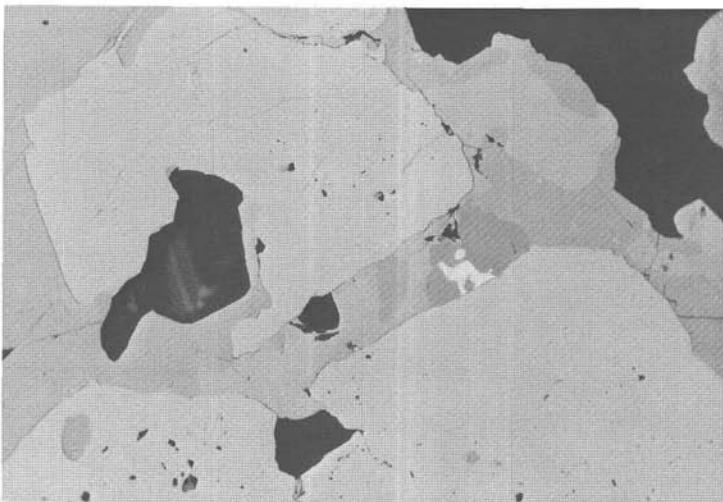


Abb. 14: Silberloch bei Ratten (Steiermark). Teilweise idiomictischer Pyrit (lichtgrau) mit Kupferkies (licht mittelgrau), Bleiglanz (Spur dunkler als Kupferkies), Magnetkies (mittelgrau), gediegen Gold (fast weiß) und Gangart (schwarz, z. T. durch Innenreflexe aufgehellt). Risse im Pyrit werden von mobilisierten Sulfiden verheilt, der diese außerdem als Verdrängungsreste in seinen Idioblasten enthält. Anschliff, Olimmersion, Vergr.: 245×.

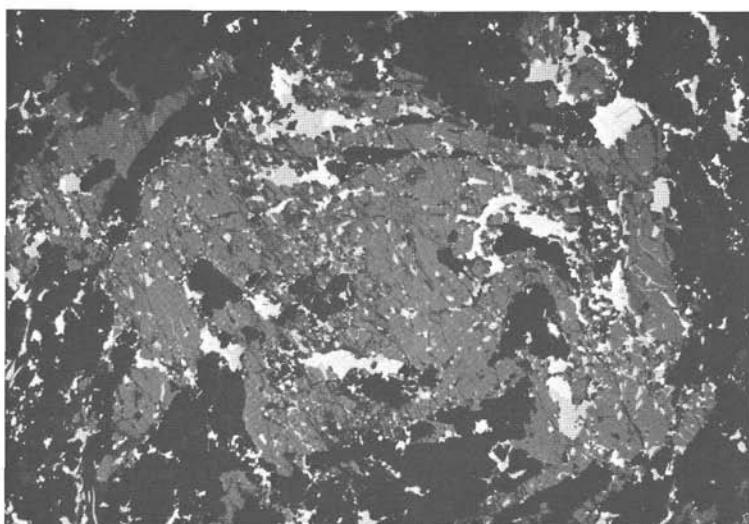


Abb. 15: Ramingstein (Salzburg). Synkinematisch gesproßter Granat (dunkelgrau) mit gedrehten, älteren Einschlüßzügen („si“) von Quarz (schwarz) und Erzen (Bleiglanz – fast weiß; Zinkblende – lichtgrau; kleinste Tafeln von idiomictischem Ilmenit – ebenfalls lichtgrau). Randlich ist ein Übergang von einem Externgefüge („se“) „Erz-Gangart“ in ein Interngefüge „Erz und Gangart in Granat“ erkennbar. Entlang feinen, jüngeren Rissen kommt es im Granat zur Mobilisierung seiner alten Erz- und Gangart-Einschlüsse. Anschliff, Vergr.: 12×.

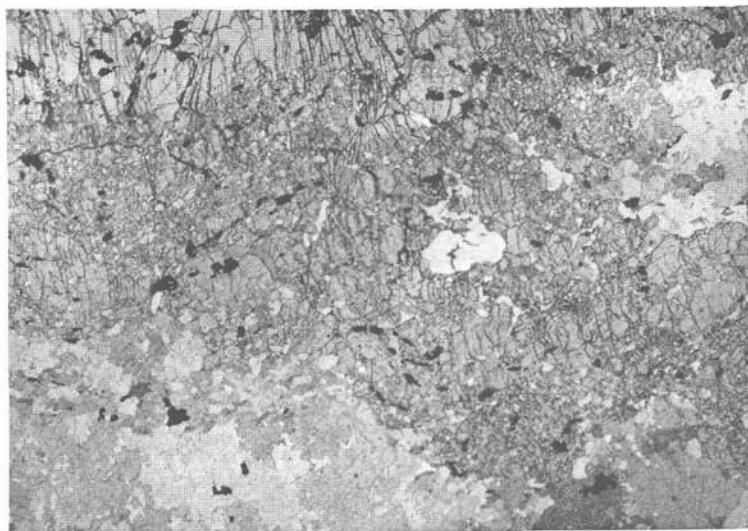


Abb. 16 a

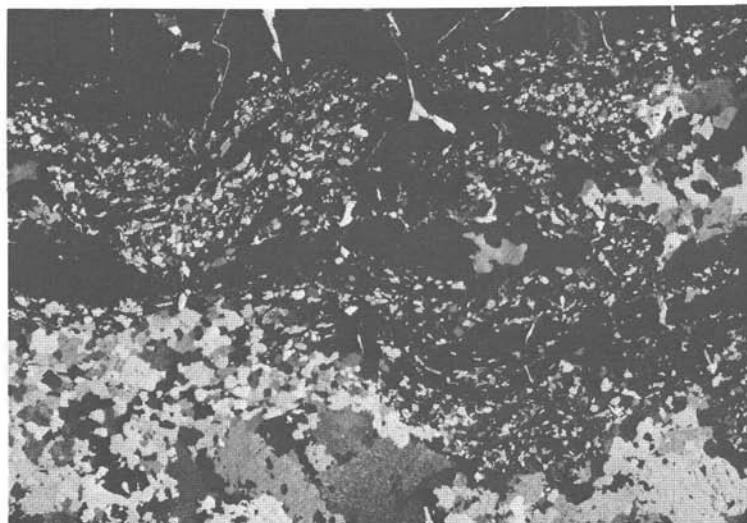


Abb. 16 b

Abb. 16: Dörflerbachgraben bei Voral (Steiermark). Lage von rekristallisiertem, sideritischem Karbonat (untere Bildhälfte), in das verdrängend Granat spricht und dieses reichlich als Verdrängungsreste in seinen gedrehten Einschluszzügen („si“) enthält. Daneben findet sich etwas Erz (schwarz in Abb. 16 a; hauptsächlich Ilmenit). Dünnenschliff, Vergr.: 15×, Abb. 16 a: 1 Polarisator, Abb. 16 b: Polarisatoren +.



Abb. 17: Dörflerbachgraben bei Vorau (Steiermark). Durch tektonische Beanspruchung stark postkristallin deformierter Magnetkies löst undulös aus und lässt ausgezeichnete extreme Drucklamellierung bzw. auf Translation zurückgehende Zerknitterungslamellen beobachten. Anschliff, Vergr.: 75×, Polarisatoren +

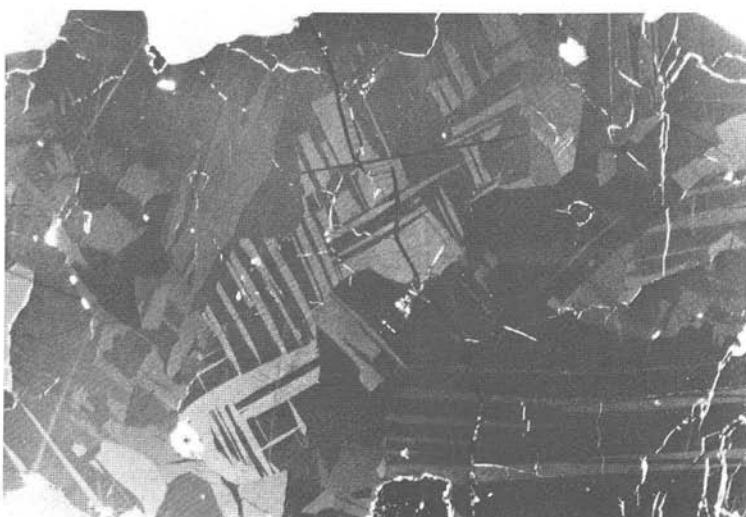


Abb. 18: Dörflerbachgraben bei Vorau (Steiermark). Ausschnitt aus Kupferkies-Partie mit ausgeprägten oleanderblatt- bis lanzettförmigen Umwandlungslamellen von Hochtemperatur-Kupferkies. Gangart erscheint durch Innenreflexe aufgehellt. Anschliff, Vergr.: 75×, Polarisatoren +

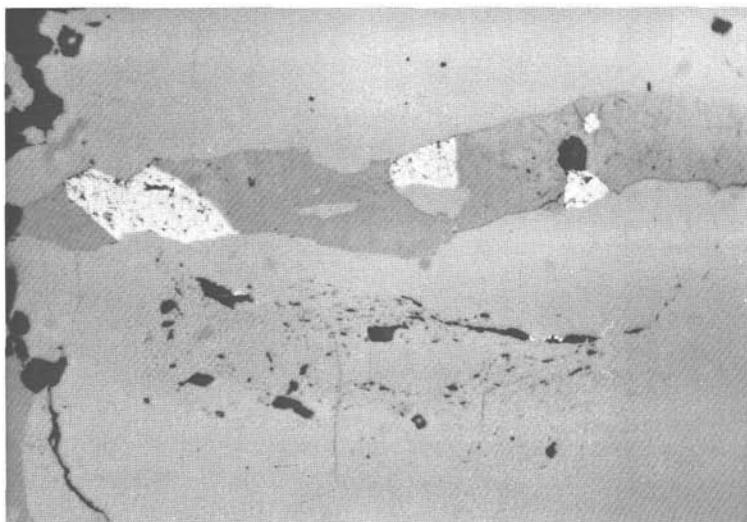


Abb. 19: Dörflerbachgraben bei Voral (Steiermark). Riß in Arsenkies (mittelgrau) wird von mobiliertem Kupferkies (dunkler mittelgrau), Gangart (schwarz) und gediegen Gold (Elektrum; fast weiß) verheilt. Arsenkies enthält zonar (untere Bildhälfte) feinkörnige Gangart- und Graphit-Einschlüsse (ebenfalls schwarz) sowie mit diesem Spuren von gediegen Gold. Anschliff, Ölimmersion, Vergr.: 1000×.



Abb. 20: Meiselding (Kärnten). Kupferkies (Hochtemperatur-Kupferkies; fast weiß) mit Entmischung von Zinkblende (dunkelgrau) in Form der typischen, deutlich verzweigten „Zinkblende-Sternchen“. Anschliff, Ölimmersion, Vergr.: 375×.



Abb. 21: Meiselding (Kärnten). Kupferkies weist charakteristische oleanderblatt- bis lanzettförmige Umwandlungslamellen der Hochtemperaturform auf. Anschliff, Vergr.: 75×, Polarisatoren +

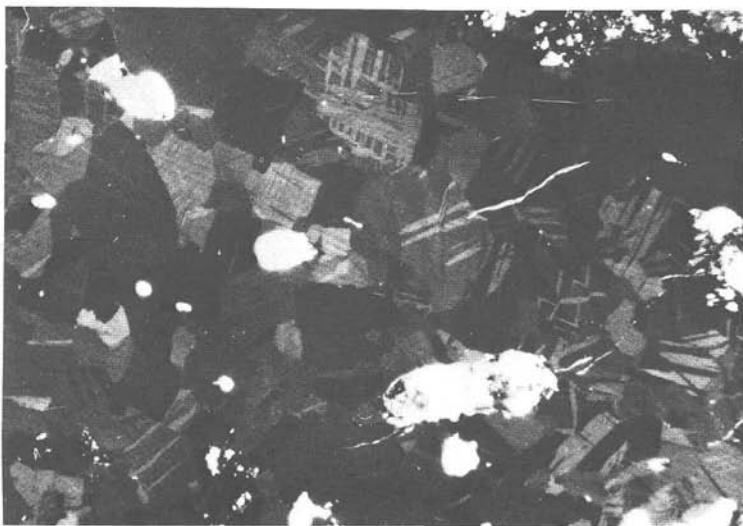


Abb. 22: Panzendorf (Osttirol). Ausschnitt aus körnigem Rekrystallisat von vorherrschend Kupferkies, etwas Magnetkies (durch Anisotropie-Effekte stark aufgehellt – weiß) und wenig Gangart (durch Innenreflexe stark aufgehellt – weiß). Kupferkies hat sogar in den körnigen Rekrystallisaten die typischen oleanderblatt- bis lanzettförmigen Umwandlungslamellen von Hochtemperatur-Kupferkies ausgebildet. Anschliff, Vergr.: 115×, Polarisatoren +

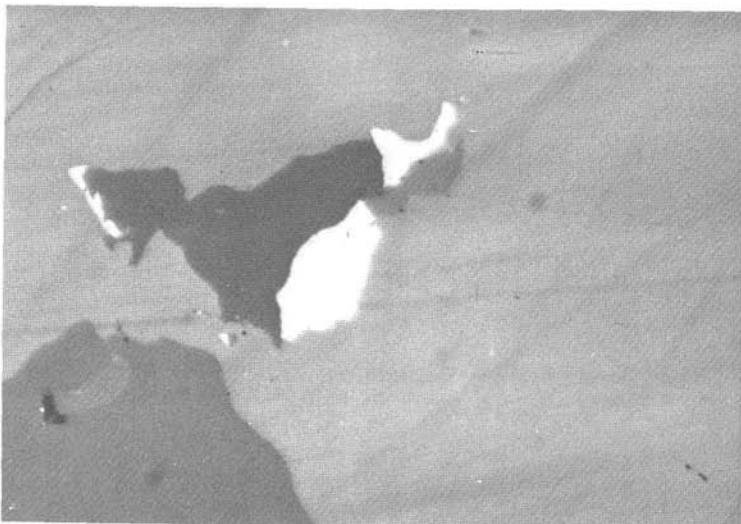


Abb. 23: Panzendorf (Osttirol). Ausschnitt aus Kupferkies (Hochtemperatur-Kupferkies; mittelgrau) mit gediegen Gold (Elektrum; fast weiß), etwas Magnetkies (dunkelgrau) und Spuren von Bleiglanz (licht dunkelgrau). Anschliff, Ölimmersion, Vergr.: 1500×

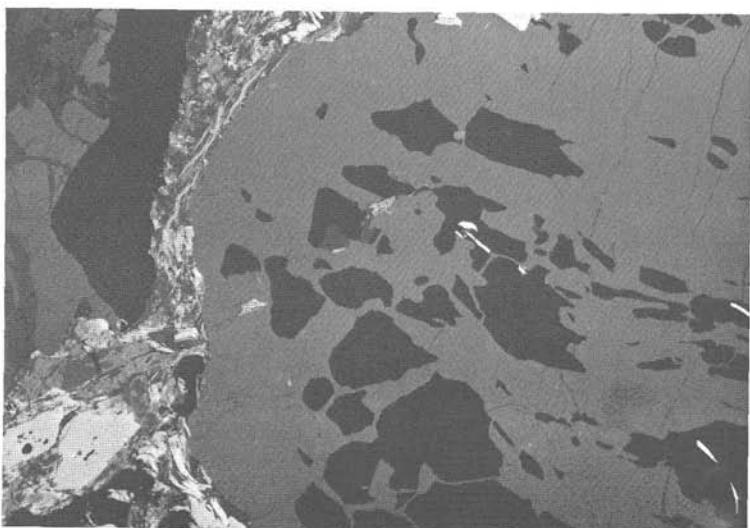


Abb. 24: Fuchs in Gstanach, Vorau (Steiermark). Granat-Porphyrblast (mittelgrau) mit reichlich Einschlüßen („si“) bzw. Verdrängungsresten von Quarz (dunkelgrau), wenig Siderit (licht dunkelgrau) und kleinsten Graphit-Täfelchen (lichtgrau, fast weiß bis licht dunkelgrau – Reflexionspleochroismus!) weist randlich reichlich Graphit (linke Bildhälfte!), darin auch idiomastischer Ilmenit (hellgrau; linke, untere Bildecke), auf. Anschliff, Vergr.: 75×

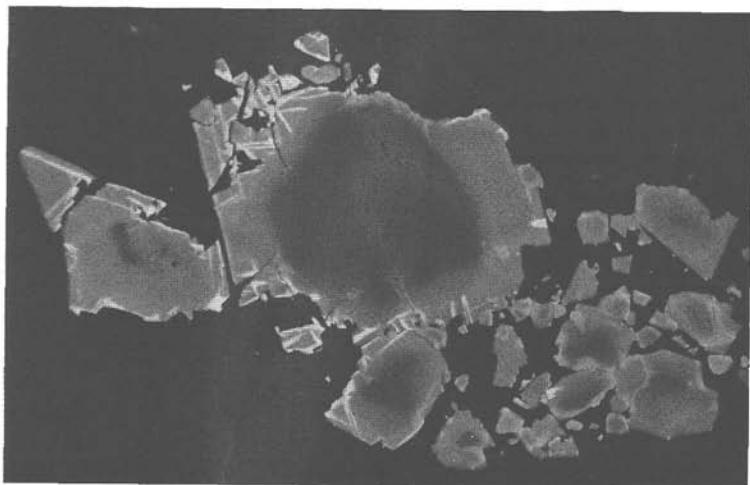


Abb. 25: Fuchs in Gstanach, Vorau (Steiermark). Chromit (dunkelgrau) in Granat (schwarz) zeigt randliche Umbildungs- bzw. Verdrängungssäume von Magnetit (mittelgrau), der seinerseits nach {111} Verdrängung durch Eisenglanz (lichtgrau), „Martitisierung“, aufweist. Anschliff, Ölimmersion, Vergr.: 500×

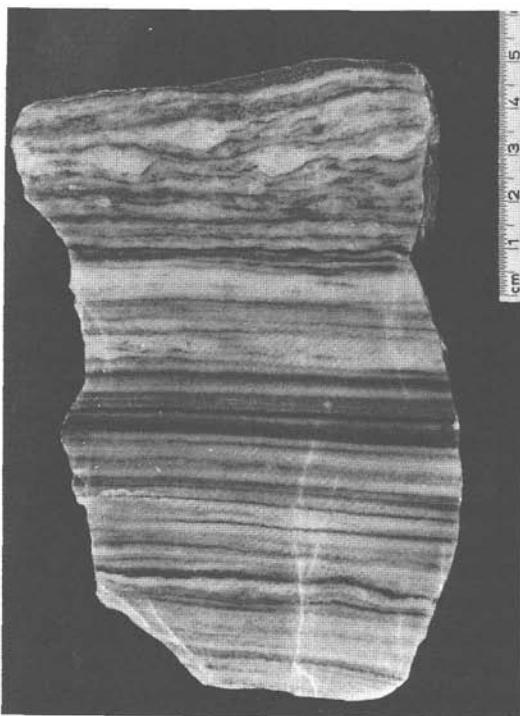


Abb. 26: Arzwaldgraben, Waldstein (Steiermark). Ausschnitt aus metamorph überprägtem syngenetischem Baryt mit kennzeichnender lagiger Textur. Die dunklen Lagen dieser Wechselfolge enthalten stellenweise reichlich Erz („Pigment“), außerdem können geringmächtige Nebengesteinslagen auftreten.



Abb. 27: Arzwaldgraben, Waldstein (Steiermark). Detail aus Lage von Zinkblende (dunkelgrau, stellenweise durch Innenreflexe aufgehellt) mit Bleiglanz (lichtgrau, fast weiß) in Baryt (schwarz). Im Bleiglanz findet sich idioblastisch aufgesproßter Magnetit (licht dunkelgrau), z. T. als Kristallskelett ausgebildet, der zwei kleine Einschlüsse von Chromit (dunkelgrau) enthält. Anschliff, Ölimmersion, Vergr.: 450×

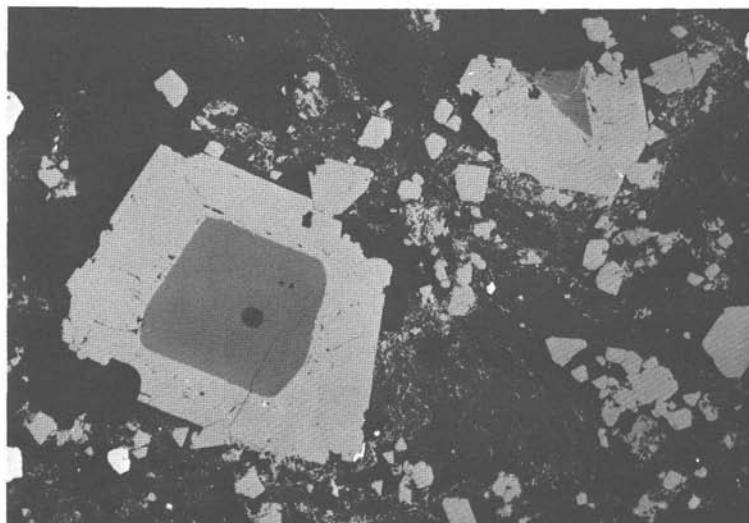


Abb. 28: Arzwaldgraben, Waldstein (Steiermark). Baryt-Gangart (fast schwarz), darin reichlich idioblastischer Magnetit (mittelgrau), der im Zentrum Chromit (dunkelgrau) als Einschluß, z. T. in vergleichbarer Kristallform, aufweisen kann. Neben kleinen Magnetit-Idioblasten finden sich feinkörnige Rutil-Aggregate und -Züge (ebenfalls mittelgrau) sowie örtlich etwas Pyrit (lichtgrau) in der Baryt-Gangart. Anschliff, Vergr.: 150×

Serien geben einen deutlichen Hinweis auf vulkanogenes Material im Ausgangsprodukt vor der regionalmetamorphen Überprägung.

Als primäre Quelle des Chroms ist wohl Chromit anzusehen, der mehrfach in für dieses Erzmineral „atypischen“ Paragenesen nachgewiesen werden konnte.

Im Altkristallin bei Vorau (Oststeiermark) findet sich Chromit (vergl. Abb. 25) als charakteristischer Gemengteil mit Granat, Cummingtonit und Anthophyllit. In der primären Paragenese tritt dort u. a. Magnetkies, Pentlandit und ein Co-Ni-Fe-As-S-Erz, vermutlich ein Kobaltglanz, auf.



Abb. 29: Lehnermühle, Vorau (Steiermark). Epitaktische Verwachsung von Graphit (hellgrau bis dunkelgrau, fast schwarz – Reflexionspleochroismus; z. B. rechte Bildhälfte – oberer Einkristall) mit Molybdänglanz (hellgrau, fast weiß bis dunkelgrau, fast schwarz – Reflexionspleochroismus; z. B. rechte Bildhälfte – unterer Einkristall) in Gangart (schwarz, durch Innenreflexe stellenweise aufgehellt). Anschliff, Ölimmersion, Vergr.: 1600×

Als typischer Gemengteil tritt Chromit auch in den syngenetischen Blei-Zink-Baryt-Lagerstätten des Grazer Paläozoikums auf (vergl. Abb. 26–28).

Diese beiden neu aufgefundenen ungewöhnlichen Chromit-Paragenesen aus dem Altkristallin und dem Grazer Paläozoikum liefern wertvolle Anhaltspunkte zur Klärung der Genese dieser Erzmineralisationen. Das Auftreten dieser „atypischen“ Chromit-Mineralvergesellschaftungen ist darüber hinaus – als ein weiterer Aspekt – wichtig für zukünftige paläogeographische Modelle, bis hin zu plattentektonischen Überlegungen für das Altkristallin und Paläozoikum der Ostalpen.

Als charakteristischer Gemengteil stofflich unterschiedlichster syngenetischer Erzmineralisationen, sowohl aus dem Altkristallin, als auch aus dem Paläozoikum, kann von der Westalpen-Grenze bis zum Alpenostrand oft Graphit (vergl. Abb. 15, 19, 24, 29) beobachtet werden. Häufig ist Graphit in diesen Vorkommen mit Molybdänglanz (vergl. Abb. 29) vergesellschaftet. Die kennzeichnende Vergesellschaftung von Graphit mit Molybdänglanz in diesen Erzmineralisationen

gibt wichtige Hinweise auf euxinische Verhältnisse im ursprünglichen Sediment vor der präalpidischen Regionalmetamorphose und belegt, daß die Mitwirkung syngenetischer, sedimentärer sowie biogener Prozesse bei der ostalpinen Metallogenese, selbst bei der Bildung von Spat-Lagerstätten, erheblich in Betracht gezogen werden muß.

Insofern bilden auch die Ostalpen keine Ausnahme. Sieht man von der immensen Bedeutung der Ausbildung der Biosphäre unseres Planeten auf die Lagerstättenbildung bzw. auf eine gerichtete Entwicklung, eine Evolution bei der Bildung von Lagerstätten (vergl. z. B. W. TUFAR 1977) ab, so lassen nicht zuletzt die Erkenntnisse ersehen, die gerade in letzter Zeit bei der Anwendung der bakteriellen Laugung („Bacterial leaching“) gewonnen wurden, wie bedeutungsvoll biogene Einflüsse bei lagerstättengesetzenden Prozessen sein können.

Lagerstättenvergleiche mit Vorkommen außeralpiner Gebiete

Eine genetische Übersicht der ostalpinen Lagerstätten zeigt sofort, daß zu einem großen Teil syngenetische Erzmineralisationen vorliegen. Dagegen treten epi-genetische Bildungen (z. B. Pegmatite, hydrothermale Gänge) stark zurück. In bezug auf die Ausdehnung liegen allgemein zumeist kleine Vorkommen vor.

Vergleicht man die ostalpinen Vorkommen mit außeralpinen Lagerstätten bzw. Typokalitäten, so wird deutlich, daß den Ostalpen keine Sonderstellung zu kommt. Ganz allgemein wird die Entstehung der Lagerstätten von den geologischen Bedingungen in Raum und Zeit bestimmt und demzufolge sind auch in den Ostalpen jene Erzmineralisationen verbreitet, die in derartigen Orogengebieten üblich sind. Umgekehrt finden sich in anderen Orogengebieten Erzmineralisationen, die ostalpinen Typokalitäten (z. B. Blei-Zink-Lagerstätten vom Typ Bleiberg-Kreuth/Kärnten – Mežica/Slowenien; Spatmagnesite vom Typ Veitsch-Radenthal; kryptokristalliner Magnesit vom Typ Kraubath; „Alpine Lager“ bzw. Kieslager) entsprechen bzw. mit diesen parallelisiert werden können.

Einen bescheidenen Anteil unter den simischen Lagerstätten nehmen in den Ostalpen magmatogene Bildungen ein. Anzuführen sind vor allem liquidmagmatische Chromit-Vorkommen (Kraubath, Hochgrößen). Wie zumeist in den Ostalpen, liegen nur kleine, geringmächtige Vorkommen vor. Vom Typ her handelt es sich um „podiforme“ (linsenförmige) Erzkörper, wie sie weltweit in Peridotit-Gabbro-Massiven in paläozoischen sowie mesozoisch-tertiären Faltengebirgen auftreten und sich zumeist durch aluminiumreiche Chromite auszeichnen (z. B. Ural, Balkan, Gölolan/Türkei, Kavac/Türkei, Coto Mine/Philippinen, Fariab und Abdasht/Iran).

Sehr groß ist in den Ostalpen die Zahl syngenetischer Erzmineralisationen. Geht man von einem Grundtyp der („extrusiven“) simischen Lagerstätten aus, nämlich den submarin-vulkanogen-sedimentären Vorkommen vom Typ Lahn-Dill, so weisen die Ostalpen ein eindeutiges Defizit auf an diesen vor allem für das Rhenoherzynikum so charakteristischen Lagerstätten. In den Ostalpen können kleine Vorkommen im Grazer Paläozoikum (z. B. bei Mixnitz) angeführt werden. Beim Typ Lahn-Dill, Roteisensteinlagern an der Grenze („Grenzlager“) vom Mitteldevon zum Oberdevon gebildet, handelt es sich um den klassischen Typ der

schicht- und zeitgebundenen, syngenetischen, „stratiformen“ Erzmineralisationen. Es soll hier nicht unerwähnt bleiben, daß von den zahlreichen Gruben im Rheinischen Schiefergebirge heute bereits alle bis auf eine (Grube Fortuna bei Oberbiel-Solms im Dillkreis) geschlossen sind. Der Grund dafür liegt in den für Eisenlagerstätten dieses Typs nicht besonders großen Erzkörpern, deren schwankende Mächtigkeiten von der Gliederung des submarinen Reliefs (Becken-Schwellen) abhängig ist.

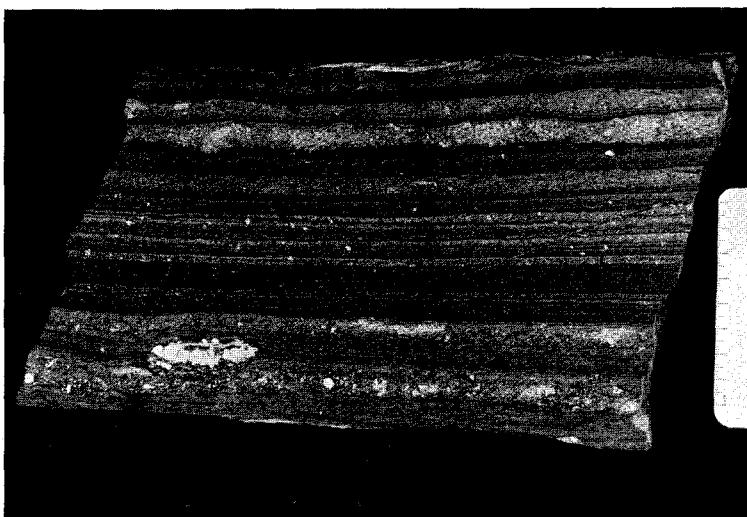


Abb. 30: Rammelsberg bei Goslar/Harz (Niedersachsen). 11. Firste, Kammer 284, +1600. Ungefaltetes syngenетisches „Banderz“ mit ausgeprägter Wechselsequenz von konkordanten hellen erzreichen Lagen (vorherrschend Pyrit) und dunklen Tonschiefer-Lagen. Örtlich finden sich grobkörnigere Pyritpartien.

Wie für Orogengebiete typisch, kommt dem „erweiterten Typ Lahn-Dill“, den Mineralisationen vom Typ Meggen/Lenne bzw. Rammelsberg/Harz, dem sich zahlreiche Erzmineralisationen mit unterschiedlichsten Elementvergesellschaftungen zuordnen lassen (vergl. W. TUFAR 1977) auch in den Ostalpen eine große Bedeutung zu.

Anzuführen sind hier besonders eine große Anzahl von stofflich sehr unterschiedlichen Sulfid-Lagerstätten (z. B. „Alpine Kieslager“ bzw. Kiesvorkommen im Altkristallin und Paläozoikum sowie im Pennin des Tauernfensters; Pb-Zn-(Ag)-Lagerstätten im Altkristallin und Paläozoikum, in letzterem besonders die zahlreichen Blei-Zink-Baryt-Vorkommen des Grazer Paläozoikums; Antimonit-Vorkommen; Zinner-Vorkommen) bis hin zu Gold-Scheelit-Mineralisationen vom Typ Schellgaden im Lungau (Salzburg) und den Scheelit-Vorkommen vom Typ Mittersill (Salzburg).

Die Grundzüge des Baus der Typokalitäten Meggen/Lenne – Rammelsberg/Harz im Rhenoherzynikum (vergl. z. B. W. FUCHS 1977, U. GASSER 1974, U. GASSER und J. THEIN 1977, G. GUNZERT 1979, E. KRAUME 1955, 1960, W. TU-

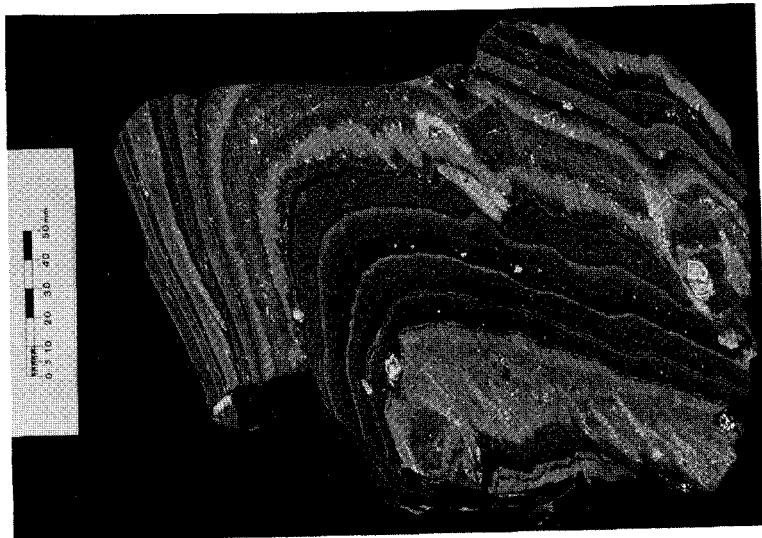


Abb. 31: Rammelsberg bei Goslar/Harz (Niedersachsen). 11. Firste, Kammer 284, + 1600. Syngenетisches „Banderz“ mit deutlich ausgebildeter Biegescherfalte.

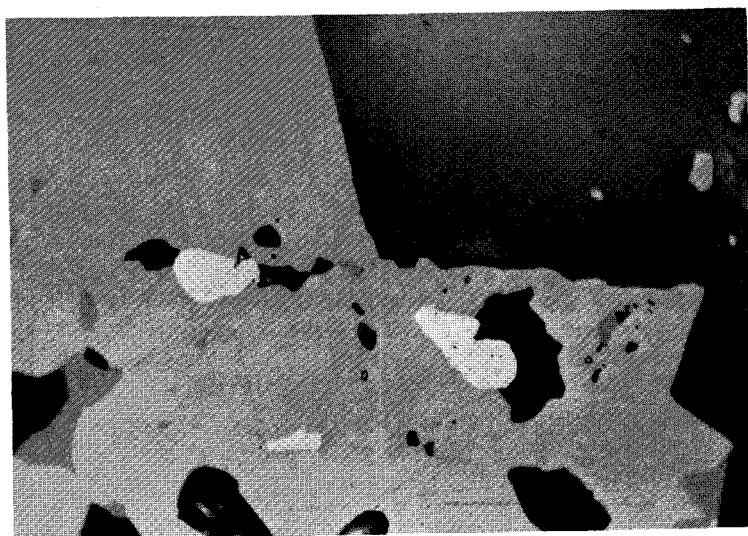


Abb. 32: Rammelsberg bei Goslar/Harz (Niedersachsen). 1. Teilsohle unter 10. Sohle, Pfeiler 271. Detail aus syngenetischem Banderz mit vorherrschend Kupferkies (mittelgrau) und Gangart (dunkelgrau, fast schwarz, z. T. durch Innenreflexe aufgehellt). Kupferkies enthält Einschlüsse von Gangart, etwas Bleiglanz (dunkelgrau) und gediegen Gold (hellgrau, fast weiß). Anschliff, Ölimmersion, Vergr.: 1000×

FAR 1979a), wie z. B. Aufbau, Zusammensetzung oder Gliederung der Erzlager, auch in Abhängigkeit vom geologischen Milieu und ursprünglichem submarinen Relief, lassen sich in den Ostalpen – sieht man hier von der zumeist stärkeren tektonischen Beanspruchung und metamorphen Überprägung ab – ebenfalls bei den zum „erweiterten Typ Lahn-Dill“ zu stellenden Erzmineralisationen wiederfinden (vergl. Abb. 30–32). Als geradezu klassische Beispiele für derartige Vergleiche bieten sich schon lange die Blei-Zink-Baryt-Lagerstätten des Grazer Paläozoikums an (vergl. z. B. W. TUFAR 1965, 1972b, 1974, 1977, 1978, 1980a), ebenso u. a., als weitere große Gruppe, Kieslager aus dem Paläozoikum und dem Altkristallin (vergl. z. B. Abb. 12–14, 30–32). Sieht man wieder von der zumeist geringen Ausdehnung ostalpiner Vorkommen ab, so können diese vom Typ her durchaus mit weiteren bekannten Vertretern dieser Gruppe verglichen werden (z. B.: alte Schilde: Kid Creek/Ontario, Sullivan Mine/British Columbia, Broken Hill/Australien, Mt. Isa/Queensland, Outokumpu/Finnland; paläozoische Orogen: neben Meggen/Lenne und Rammelsberg/Harz u. a. Krasnouralsk/Ural, Blagodat/Serbien, Sasa und Toranica/Mazedonien; alpidische Orogen: Anvil Mine/Yukon Territory, Ergani Maden/Türkei, Kuroko-Erze/Japan; rezent: Erzschlämme im Roten Meer).

Keinesfalls isoliert stehen ferner die altpaläozoischen submarin-vulkanogen-sedimentären Scheelit-Mineralisationen vom Typ Mittersill (Salzburg). Weitere Vertreter dieser Vorkommen finden sich z. B. bei Sandong (Südkorea).

Auch beim „erweiterten Typ Lahn-Dill“ stellt – über die Ostalpen hinaus – die Frage nach der Herkunft der Metalle in den Vorkommen ein Problem dar, das häufig noch einer Klärung bedarf, wie dies ganz allgemein ebenso für zahlreiche weitere Lagerstättentypen gilt. In diesem Zusammenhang ist z. B. bei Mt. Isa/Queensland (Australien) eine Verlagerung des Schwerpunktes von syngenetisch-vulkanogen-sedimentär zu syngenetisch-sedimentär zu sehen. Eine besondere Bedeutung kommt bei der Klärung der Frage nach der Herkunft der mineralisierenden Lösungen den Typlokalitäten Meggen/Lenne und Rammelsberg/Harz zu. Von Interesse sind dazu Bleiisotopen-Analysen von K. H. WEDEPOHL, M. H. DELEVAUX und B. R. DOE (1978). Sie ergaben für Meggen/Lenne (Devon!), ebenso wie für den Rammelsberg/Harz (Devon!) und für den permischen (!) Kupferschiefer, daß das Blei des Bleiglanzes dieser Vorkommen ein präkambrisches Alter (um 1,7 Milliarden Jahre – deutlicher B-Typ!) aufweist und folglich in diesen Lagerstätten umgelagertes Blei vorliegt. Das Nebengestein dieser syngenetischen Lagerstätten ist somit – überraschender Weise – bedeutend jünger als das Modellalter des Bleis der Bleiglanze.

In der großen Gruppe syngenetischer Erzmineralisationen liegen außerdem Vertreter vor, deren Typlokalitäten in den Ostalpen beheimatet sind. Geradezu klassische Beispiele hiefür sind die kalkalpinen Blei-Zink-Lagerstätten vom Typ Bleiberg-Kreuth (Kärnten) – Mežica (Slowenien), die der oberostalpinen Trias (Anis, Ladin, Karn, bis basales Nor) ein besonderes Gepräge geben. Vergleichend ist dieser Lagerstättentyp weltweit in geosynklinalen Karbonatserien, die praktisch keine oder kaum Vulkanite enthalten, anzutreffen, wobei außerdem Blei-Zink-Vorkommen in lithologisch entsprechenden Tafelgebieten ab dem Paläozoikum ebenfalls hier eingereiht werden können.

Wie bereits darauf hingewiesen wurde, mobilisieren Sulfide und Karbonate leicht, bzw. werden leicht mobilisiert, zeigen also eine große Reaktionsfreudigkeit in diesen Vorkommen. Dementsprechend ist besonders bei Lagerstätten in Karbonatgesteinsserien bzw. Karbonatgesteinen allgemein zu beachten – dies gilt gleichermaßen für Sulfid- wie für Magnesit- oder Siderit-Mineralisationen – daß es in jüngeren Phasen der Lagerstättenumbildung (z. B. durch schwache metamorphe Überprägung, aber selbst schon bei diagenetischen Vorgängen) sehr leicht zu Mobilisationen, Umkristallisationen etc. des älteren, ursprünglichen Stoffbestandes kommen kann. Diese haben dann die bekannten Erscheinungsformen bzw. Gefüge der „Metasomatose“ zur Folge und täuschen das Vorliegen epigenetischer Vorkommen vor.

Trotz des stellenweise hohen Anteiles an „metasomatischen“ Erzkörpern auch in den kalkalpinen Blei-Zink-Lagerstätten, sind gerade in den Typokalitäten noch prächtige syngenetische Bildungen erhalten (z. B. „Erzwanne“ im Cardita-Dolomit von Kreuth/Kärnten, „Bodenerze“ in Bleiberg-Kreuth/Kärnten, Erzrhythmite in Mežica und Topla/Slowenien – vergl. Abb. 5–8). Die Typokalitäten im Drauzug und in den Nordkarawanken bieten sich geradezu für vergleichende Untersuchungen an.

Geht man über die Ostalpen hinaus in andere mesozoisch-tertiäre Orogen, so findet man gleich südlich der Periadriatischen Naht in der Trias der Dinariden weitere bekannte syngenetische Blei-Zink-Lagerstätten dieses Typs, wie z. B. Raibl und Salafossa in Italien. Aus den Dinariden Jugoslawiens sind u. a. Veováča, Borovica, Brskovo, oder Šuplja stijena anzuführen, noch weiter entfernt, z. B. aus Spanien die Lagerstätte Reocin.

Überblickend liegt bei den kalkalpinen Blei-Zink-Lagerstätten und deren Äquivalenten außerhalb der Ostalpen ein Mineralisationstyp vor, der erst durch die Ausbildung der Biosphäre und der damit verbundenen entsprechenden Karbonatproduktion bzw. Karbonatsedimentation größerem Ausmaßes möglich wurde. Demzufolge nimmt dieser Vererzungstyp innerhalb der Evolution der Lagerstätten (vergl. W. TU FAR 1977) eine junge Stellung ein.

Da eine für die Ausbildung dieses Mineralisationstyps notwendige entsprechende biogene Karbonatproduktion im Präkambrium praktisch noch fehlt und erst ab dem Kambrium einsetzt, ist dieser Lagerstättentyp erst ab dem Paläozoikum zu finden. Analoge Beispiele dieses Typs in paläozoischen Orogenen sind u. a. die Blei-Zink-Lagerstätten Tynagh und Navan in Irland.

Ähnlichkeiten bzw. Gemeinsamkeiten mit den kalkalpinen Blei-Zink-Vorkommen weisen außerdem Blei-Zink-Lagerstätten in karbonatischen Tafelsedimenten (ab dem Paläozoikum) auf. Hierher zu stellen sind u. a. die Vorkommen in Oberschlesien (Beuthen), in Nordamerika Pine Point/Northwest Territories (Kanada), „New Zinc Belt“ in Zentral-Tennessee (USA) sowie der „Old Lead Belt“ und „New Lead Belt“ in Missouri (USA). Nicht unerwähnt bleiben soll in diesem Zusammenhang ferner das Vorkommen von Wiesloch bei Heidelberg (Baden), das sich außerdem durch das Auftreten von seltenen Bleispiegeln auszeichnet.

Als weitere typische Glieder der ostalpinen Metallogenese, zum Teil als Besonderheiten angesehen, gelten Spat-Lagerstätten, die ebenfalls an karbonatische Muttergesteine gebunden sind. Einerseits handelt es sich um Siderit-Mineralisationen

vom Typ Steirischer Erzberg, andererseits um Magnesit-Lagerstätten vom Typ Veitsch (Steiermark) – Radenthein (Kärnten).

Über die Ostalpen hinausgehend sind vergleichbare Eisenspat-Vorkommen u. a. in der Slowakei, in Bosnien, oder in Nordafrika (Marokko, Algerien, Tunis) anzutreffen. Eine Besonderheit des Steirischen Erzberges ist insoweit gegeben, als es sich bei ihm um die weltweit größte Eisenspat-Lagerstätte dieses Typs handelt.

Den ostalpinen Magnesit-Vorkommen entsprechende Lagerstätten finden sich z. B. in den Karpaten (Košice/ČSSR), in Spanien (Pyrenäen), oder im südlichen Ural (Satka).

Deutlich von den Spatmagnesiten vom Typ Veitsch (Steiermark) – Radenthein (Kärnten) unterschieden ist der kryptokristalline Magnesit vom Typ Kraubath (Steiermark) und seine Vorkommen. Dieser „dichte“ Magnesit (früher auch „Gelmagnesit“ bezeichnet) ist an ultrabasische Gesteine gebunden und bezieht sein Magnesium aus deren Umbildung zu Serpentiniten. Lagerstätten von kryptokristallinem Magnesit sind weltweit in entsprechenden ultrabasischen Gesteinskomplexen verbreitet (z. B. Balkan, Griechenland, Ural, Kasachstan, Indien, Südafrika, Kuba, Neukaledonien) und können z. T. von Anreicherungen von Ni-Silikaten begleitet werden.

Eine mineralparagenetische Besonderheit unter den ostalpinen Spat-Mineralisationen stellen die Siderit-Granat-Vorkommen der Oststeiermark dar. Die spezifische Ausbildung (u. a. Granat verdrängt sideritisches Karbonat – vergl. Abb. 16) dieser syngenetischen Mineralisationen geht auf deren Auftreten in einer karbonatfreien Serie des Altkristallins und die durch die Tiefenlage gegebene starke regionalmetamorphe Überprägung bereits in voralpidischer Zeit zurück.

Betrachtet man die große Gruppe der sialisch-palingenen Lagerstätten mit den zugehörigen Pegmatiten, pneumatolytischen Bildungen, kontaktmetasomatischen Erzmineralisationen, einer reichen Palette hydrothermaler Ganglagerstätten im plutonischen Bereich sowie, davon deutlich unterschieden, einer weiteren großen Anzahl typischer hydrothermaler Vorkommen im subvulkanischen Bereich („Telescoping“ etc.), so ist in den Ostalpen die Zahl der Mineralisationen, die in diese große Gruppe einzureihen ist, relativ klein. Eine Reihe von typischen sialisch-palingenen Erzmineralisationen ist außerdem aus den Ostalpen gar nicht bekannt.

Dies wird sofort verdeutlicht bei einer Vergegenwärtigung von einigen klassischen Beispielen für Ganglagerstätten, wie sie etwa äußerst instruktiv im Rhenoherzynikum (u. a. manganreiche Eisenspat-Gänge mit Buntmetallen des Siegener Revieres, Baryt-Gänge von Dreislar/Sauerland, Oberharzer Gangzug) ausgebildet sind.

Derart eindrucksvolle Gangbildungen mit entsprechenden, oft ideal ausgebildeten Generationsabfolgen vermisst man in den Ostalpen, eine Erscheinung, die nicht nur mit einer wesentlich stärkeren tektonischen Beanspruchung bzw. regionalmetamorphen Überprägung der betreffenden Serien der Alpen und den darin enthaltenen Erzmineralisationen in präalpidischer und alpidischer Zeit erklärt werden kann. Bei einer derartigen Bestandsaufnahme wird man u. a. auch ein Fehlen entsprechender kontaktmetasomatischer Erzmineralisationen („Skarne“ etc.) feststellen müssen, wie sie z. B. schon unweit nördlich, in der Böhmischem Masse, anzutreffen sind.

Die wenigen nur aus dem Rhenoherzynikum angeführten Beispiele von Ganggerüsten machen es vergleichend bereits schwer verständlich, daß man z. B. bei den kalkalpinen Blei-Zink-Lagerstätten über lange Zeit ernsthaft eine epigenetisch-hydrothermale Entstehung vertreten hat, oder den Steirischen Erzberg mit den manganreichen Siderit-Gängen des Siegener Revieres parallelisierte.

Aus den Ostalpen anzuführen sind von den epigenetischen Bildungen vor allem die altbekannten „Tauern-Goldgänge“, junge, alpidische Gangbildungen, die starke Bruchtektonik aufweisen. Sie stellen ein bekanntes Beispiel dafür da, daß auch bei epigenetischen Vorkommen dem Nebengestein für die Ausbildung der jeweiligen Lagerstätten bzw. als Lieferant für deren Stoffinhalt eine bedeutende Rolle zukommen kann („Lateralsekretion im weiteren Sinne“). Je nachdem ob die Gänge im Pennin karbonatfreies oder karbonatreicheres Nebengestein durchsetzen, liegt als dominierende Gangart bzw. Gangfüllung entweder Quarz oder Karbonat (Ankerit etc.) vor.

Vom Typ her entsprechen die „Tauern-Goldgänge“ den weltweit verbreiteten „Alten Goldquarz-Gängen“ (Typ Mother Lode/Kalifornien). Auszuklammern ist allerdings der „östlichste Tauern-Goldgang“, das Vorkommen vom Puchegg bei Vorau im Altkristallin der Oststeiermark. Dort liegt kein „Tauern-Goldgang“ vor, sondern ein tektonisch stark beanspruchter, regionalmetamorph überprägter goldführender Albit-Pegmatit präalpidischen Alters (vergl. Abb. 33-34).

Erwähnenswert sind ferner u. a. diverse Pegmatit-Vorkommen, z. B. im Altkristallin, Gänge aus der Kreuzeckgruppe, oder der Mitterberger Hauptgang (Salzburg). Für diese Betrachtungen ist dabei ohne Bedeutung, ob letzterer, wenigstens zum Teil oder vielleicht auch zur Gänze, durch Mobilisation aus dem Nebengestein erklärt werden könnte.

Insgesamt liegen bei diesen Vererzungen wieder keine Besonderheiten vor, z. B. paragenetischer Art, die eine Beschränkung der Mineralisationstypen auf die Ostalpen ableiten ließen. Mit diesen Vorkommen vergleichbare Mineralisationen sind auch außerhalb der Ostalpen mancherorts anzutreffen. Dies gilt selbst für den Mitterberger Hauptgang (Salzburg), der durchaus Ähnlichkeiten mit kupferreichen Gangbildungen aus dem Siegener Revier im Rhenoherzynikum aufweisen kann.

Schlußbemerkungen – Ausblick

Betrachtet man überschauend die Erzführung der Ostalpen, so ist zu erkennen, daß eine große Anzahl von stofflich, altersmäßig und genetisch sehr unterschiedlichen Erzmineralisationen vorliegt. Die Hauptmasse der Vorkommen wurde bereits in präalpidischer Zeit angelegt, und nur ein kleinerer Teil geht auf eine alpidische Anlage zurück. Ein weiteres typisches Merkmal ist außerdem das Vorherrschen von syngenetischen Erzmineralisationen, im weitesten Sinne, während epigenetische Bildungen stark zurücktreten. Der Anteil sialisch-palingener Vererzungen hält sich in bescheidenen Grenzen.

Vergleichend treten in den Ostalpen Erzmineralisationen auf, wie sie für Orogengebiete durchaus typisch sind und daher weltweit angetroffen werden. Ein prägnantes Merkmal der ostalpinen Metallogenese ist aber, daß die Typokalitäten

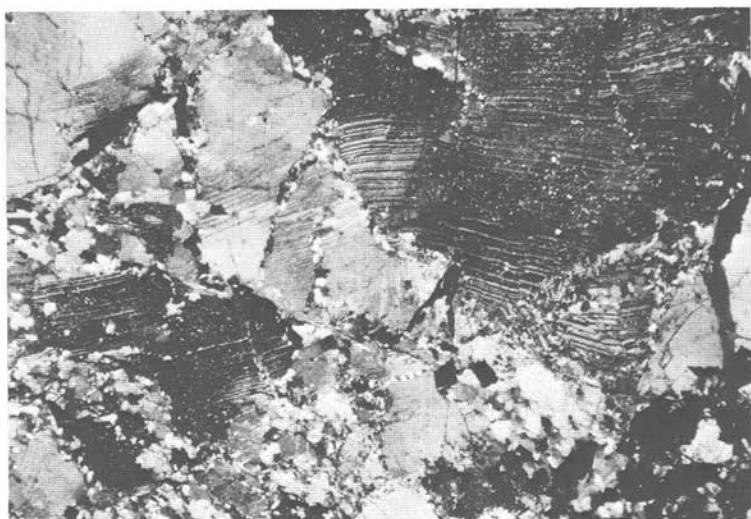


Abb. 33: Löffel-Graben, Voral (Steiermark). Ausschnitt aus altem, sericitisiertem, postkristallin stark deformiertem und zerbrochenem Albite-Korn (undulöses Auslöschen, verbogene und zerbrochene feinlamellare Albite-Zwillingsslamellen!) mit Rekristallisation von Albite in den zerriebenen Partien. Stellenweise findet sich kleiner idiomorpher Arsenikes (schwarz). Dünnschliff, Vergr.: 10×, Polarisatoren +

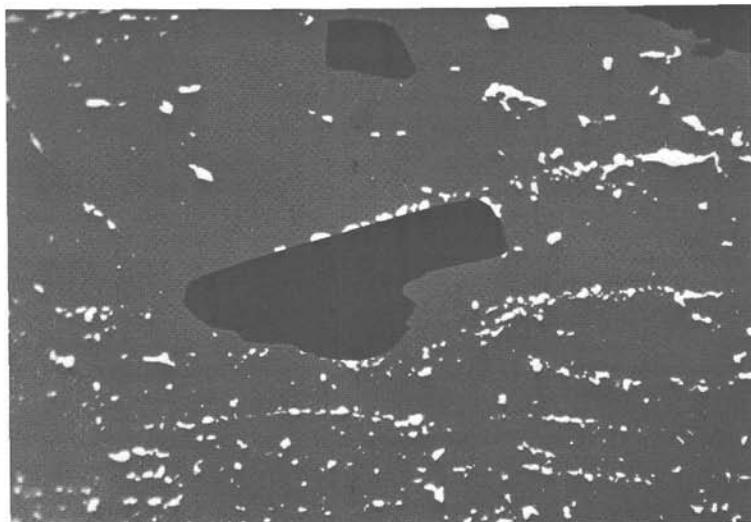


Abb. 34: Löffel-Graben, Voral (Steiermark). Zinkblende (dunkelgrau), darin etwas Gangart (schwarz), weist Entmischung von Magnetkies (hellgrau) auf. Anschliff, Olimmersion, Vergr.: 375×

einer Reihe von Erzmineralisationen in den Ostalpen beheimatet sind (z. B. Magnesit-Lagerstätten vom Typ Veitsch/Steiermark – Radenthein/Kärnten, Magnesit-Lagerstätten vom Typ Kraubath/Steiermark, Siderit-Lagerstätten vom Typ Steirischer Erzberg, kalkalpine Blei-Zink-Lagerstätten vom Typ Bleiberg-Kreuth/Kärnten – Mežica/Slowenien).

Ein weiteres Kennzeichen der ostalpinen Metallogenese ist durch die Anlage der überwiegenden Anzahl von Vorkommen in präalpidischer Zeit gegeben. Dementsprechend weisen diese, je nach der geologischen Position und Tieflage, z. T. sehr starke regionalmetamorphe Überprägung in präalpidischer und alpidischer Zeit auf, Vorgänge, auf welche u. a. die sehr charakteristische mineralparagenetische Ausbildung der betreffenden Erzmineralisationen zurückgeht.

Entsprechend den geologischen Gegebenheiten wird man in den Ostalpen vergebens nach einer Reihe von Mineralisationstypen suchen. Hierher gehören vor allem jene magmatogenen und sedimentären Lagerstätten, die für die präkambrischen metallogenesischen Epochen kennzeichnend sind, wie überhaupt alle jene Mineralisationen, die an Kratone bzw. alte Schilde gebunden sind. Anzuführen sind da vor allem solche Typen (z. B. gebänderte Eisenerze vom Typ Itabirite – Jaspilite, goldführende Pyrit-Uraninit-Seifen vom Typ Witwatersrand/Südafrika), die praktisch Zeitmarken darstellen und bezeichnend sind für die Evolution der Lagerstätten, also in späteren Erdzeitaltern nicht mehr gebildet wurden. Zu erwähnen sind außerdem u. a. die prägnanten „stratiformen“ Chromit-Lagerstätten (Typ Bushveld/Transvaal – Great Dyke/Rhodesien) mit eisenreichen Chromiten, Fe-Ni-Cu-Lagerstätten in Gabbros und Noriten (Typ Sudbury/Ontario), Titanomagnetit-Lagerstätten in Gabbros, Noriten und Anorthositen (Typ Allard Lake/Kanada), oder Kimberlite mit Diamant sowie Karbonatite mit P, Nb, Ta, U, Cu usw..

Eine Betrachtung verschiedener Orogenegebiete zeigt aber auch auf, daß für die Ostalpen ein Fehlen bzw. Ausbleiben verschiedener Mineralisationstypen augenfällig ist, die in vergleichbaren Gebirgen durchaus häufig sein können. Beispiele hierfür sind das Fehlen von Ganglagerstätten mit Uranpechblende, oder von Zinn-Lagerstätten, wie sie nicht allzu weit entfernt, bereits im Erzgebirge anzutreffen sind.

Kennzeichnend für die ostalpine Metallogenese ist außerdem das Fehlen von „disseminated porphyry copper“-Lagerstätten, dem mit großem Abstand wichtigsten Kupfer-Lagerstättentyp, der vor allem in riesigen Vorkommen in den zirkumpazifischen Gebirgen (Kordilleren-Anden-Orogen von Alaska bis Chile; ostasiatisches Insel-Orogen: „Fire Belt“) ausgebildet ist. Ein Vergleich mit diesen mesozoisch-tertiären Orogenen läßt sofort ersehen, warum dieser äußerst wichtige Lagerstättentyp in den Ostalpen nicht anzutreffen ist. In den Ostalpen fehlen vergleichbare Subduktionszonen von ozeanischen Platten unter kontinentalen Platten und damit verbundenen hybrid-palingenen Hochplutonen mit deren charakteristischen Erzmineralisationen (Cu, Mo, etc.).

Es erübrigt sich in diesem Zusammenhang, auf eine von S. E. TISCHLER (1978) beschriebene angebliche „Porphyry Copper“-Mineralisation im Granodiorit von Wöllatratten/Kreuzeckgruppe einzugehen, da diese einer näheren Überprüfung nicht standhalten kann.

Bei einer Durchsicht der ostalpinen Metallogenese ist noch kurz auf augenfällige paragenetische Besonderheiten einzugehen, die selbst bei Vergleichen über die Ostalpen hinaus nicht allgemein, bzw. bisher sogar unbekannt sind. Beispiele hierfür sind u. a. die in stofflich unterschiedlichsten syngenetischen Erzmineralisationen im gesamten Bereich der Ostalpen, von deren Westgrenze bis zum Alpenostrand, im Altkristallin, aber auch im Paläozoikum, häufig anzutreffende charakteristische Vergesellschaftung von Graphit mit Molybdänglanz, „atypische“ Chromit-Paragenesen (z. B. in Blei-Zink-Baryt-Lagerstätten des Grazer Paläozoikums, Altkristallin bei Voral/Oststeiermark), oder die komplexe eisenarme Buntmetall-Mineralisation mit Magnesit in der Evaporit-Lagerstätte vom Myrthengraben/Semmering (Niederösterreich), einem neuen Typ einer Sulfosalz-Mineralisation (vergl. W. TUFAR 1980f). Man darf bei diesen paragenetischen Besonderheiten, die außerdem wichtige Indikatoren bei der Beantwortung genetischer Fragestellungen darstellen, ebenfalls davon ausgehen, daß diese Mineralvergesellschaftungen nicht nur auf die Ostalpen beschränkt sind, sondern durch gezielte Untersuchungen darüber hinaus auch in anderen Gebieten angetroffen werden können.

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß eine eingehende Untersuchung ostalpiner Erzmineralisationen auch bei jahrzehntelangen Bemühungen immer wieder neue Erkenntnisse zur Klärung der ostalpinen Metallogenese liefert und sogar paragenetische Besonderheiten gefunden werden, für die vorerst weltweit keine Parallelen bekannt sind.

Literatur

- BECHSTADT, T.: Zyklotheme im hangenden Wettersteinkalk von Bleiberg-Kreuth (Kärnten, Österreich). – Veröff. Univ. Innsbruck, **86**, Festschrift Prof. Heissel, 25–55, Innsbruck 1973.
- BECHSTADT, T.: Zyklische Sedimentation im erzführenden Wettersteinkalk von Bleiberg-Kreuth (Kärnten, Österreich). – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **149**, H. 1, 73–95, Stuttgart 1975 a.
- BECHSTADT, T.: Lead-zinc ores dependent on cyclic sedimentation (Wetterstein-limestone of Bleiberg-Kreuth, Carinthia, Austria). – Mineral. Deposita, **10**, 234–248, Berlin 1975 b.
- BECHSTADT, T.: Sedimentologie und Diagenese des Wettersteinkalkes von Bleiberg-Kreuth. Ein Hinweis zur Genese der Blei-Zink-Erze. – Berg- u. hüttenmänn. Mh., **120**, H. 10, 466–471, Wien 1975 c.
- BECHSTADT, T.: Faziesanalyse permischer und triadischer Sedimente des Drauzuges als Hinweis auf eine großräumige Lateralverschiebung innerhalb des Ostalpins. – Jb. geol. B.-A., **121**, H. 1, 1–121, Wien 1978.
- BECHSTADT, T.: The Lead-Zinc Deposit of Bleiberg-Kreuth (Carinthia, Austria): Palinspastic situation, Paleogeography and Ore Mineralisation. – Verh. geol. B.-A., **1978**, H. 3, 221–235, Wien 1979. – Proceed. 3rd ISMIDA (Leoben, Oct. 7–10, 1977), 47–61, Wien 1979.
- BRIGO, L., L. KOSTELKA, P. OMENEITO, H.-J. SCHNEIDER, E. SCHROLL, O. SCHULZ und I. ŠTRUCL: Comparative Reflections on Four Alpine Pb-Zn Deposits. – [in:] Time- and Strata-Bound Ore Deposits, hrsg. von D. D. KLEMM und H.-J. SCHNEIDER, 273–293, Heidelberg 1977.
- CLAR, E.: Die Gefügeregelung eines Bändermagnesits (aus der Breitenau bei Mixnitz, Steiermark). – Jb. geol. B.-A., **81**, 387–401, Wien 1931.
- CLAR, E.: Ostalpine Vererzung und Metamorphose. – Verh. geol. B.-A., **1945**, 29–37, Wien 1947.
- CLAR, E.: Geologische Begleitbemerkungen zu O. M. Friedrichs Lagerstättenkarte der Ostalpen. – Radex-Rdsch., **1953**, 408–416, Radenthein 1953 a.
- CLAR, E.: Über die Herkunft der ostalpinen Vererzung. – Geol. Rdsch., **42**, 107–127, Stuttgart 1953 b.
- CLAR, E.: Zur Entstehungsfrage der ostalpinen Spatmagnesite. – Carinthia II, **66**, 22–31, Klagenfurt 1956 a.
- CLAR, E.: Bemerkungen zur Entstehungsfrage der kalkalpinen Pb-Zn-Erzlagerstätten. – Mitt. geol. Ges. Wien, **48**, R. v. Klebelsberg-Festschrift, 17–28, Wien 1956 b.

- CLAR, E., O. M. FRIEDRICH und H. MEIXNER: Exkursion B/III (Steirische Lagerstätten). – Österr. Mineral. Ges., Sdh. 5, 53–66, Wien 1963.
- CLAR, E.: Zum Bewegungsbild des Gebirgsbaues der Ostalpen. – Verh. geol. B.-A., Sonderheft G, 11–35, Wien 1965. – Z. dt. geol. Ges., 116 (1964), 2. Teil, 267–291, Hannover 1965.
- FRIEDRICH, O. M.: Überblick über die ostalpine Metallprovinz. Besprochen an der Vererzung des Tauern-Ostrandes. – Z. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen im Dt. Reich, 85, 241–253, Berlin 1937.
- FRIEDRICH, O. M.: Tektonik und Erzlagerstätten in den Ostalpen. – Berg- u. hüttenmänn. Mh., 90, 131–136, Wien 1942.
- FRIEDRICH, O. M.: Zur Genese ostalpiner Spatmagnesit- und Talklagerstätten. – Radex-Rdsch., 1951, H. 7, 281–298, Radenthain 1951.
- FRIEDRICH, O. M.: Zur Erzlagerstättenkarte der Ostalpen. – Radex-Rdsch., 1953, H. 7–8, 371–407, Radenthain 1953.
- FRIEDRICH, O. M.: Zur Genesis der ostalpinen Spatmagnesit-Lagerstätten. – Radex-Rdsch., 1959, H. 1, 393–420, Radenthain 1959.
- FRIEDRICH, O. M.: Neue Betrachtungen zur ostalpinen Vererzung. – Der Karinthin. 45–46, 210–228, Klagenfurt 1962.
- FRIEDRICH, O. M.: Zur Genesis des Magnesites vom Kaswassergraben und über ein ähnliches Vorkommen (Diegrub) im Lammertal. – Radex-Rdsch., 1963, H. 2, 421–432, Radenthain 1963.
- FRIEDRICH, O. M.: Die Genese des Magnesits – der heutige Stand der Erkenntnisse. – Erzmetall, 20, H. 11, 538–540, Stuttgart 1967.
- FRIEDRICH, O. M.: Die Vererzung der Ostalpen, gesehen als Glied des Gebirgsbaues. – Archiv Lagerstättenforsch. Ostalpen, 8, 1–136, Leoben 1968.
- FRIEDRICH, O. M.: Beiträge über das Gefüge von Spatlagerstätten, IV Teil. – Radex-Rdsch., 1969, H. 3, 550–562, Radenthain 1969.
- FUCHS, W.: 7. Metallerz- und Schwerspatbergwerk Meggen der „Sachtleben“ Bergbau GmbH. – [in:] BEHR, H.-J.: Lagerstätten und Mineralisationen im Sauerland. – Fortschr. Miner., 55, Beiheft 2, I–III, 66–73, Stuttgart 1977.
- GASSER, U.: Zur Struktur und Geochemie der stratiformen Sulfidlagerstätte Meggen (Mitteldevon, Rheinisches Schiefergebirge). – Geol. Rdsch., 63, H. 1, 52–73, Stuttgart 1974.
- GASSER, U. und J. THEIN: Das syngenetische Sulfidlager Meggen im Sauerland (Struktur, Geochemie, Sekundärdispersion). – Forschungsber. d. Landes Nordrhein-Westfalen, Nr. 2620, 1–171, Opladen 1977.
- GUNZERT, G.: Die Grauerzvorkommen und der tektonische Bau der Erzlagerstätte am Rammelsberg bei Goslar. – Erzmetall, 32, H. 1, 1–7, Stuttgart 1979.
- HEGEMANN, F.: Geochemische Untersuchungen zur Entstehung der alpinen Blei-Zink-Erzlagerstätten in triassischen Karbonatgesteinen. – Berg- u. hüttenmänn. Mh., 102, 233–234, Wien 1957.
- HÖLL, R. und A. MAUCHER: Genese und Alter der Scheelit-Magnesit-Lagerstätte Tux. – Sitzber. bay. Akad. Wiss., math.-nat.wiss. Kl., 1967, 1–11, München 1968.
- HÖLL, R.: Die Zinnober-Vorkommen im Gebiet der Turracher Höhe (Nock-Gebiet/Österreich) und das Alter der Eisenhut-Schieferfaser Serie. – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 1970, 201–224, Stuttgart 1970 a.
- HÖLL, R.: Scheelitprospektion und Scheelitvorkommen im Bundesland Salzburg/Österreich. – Chemie der Erde, 28, H. 3–4, 185–203, Jena 1970 b.
- HÖLL, R.: Scheelitvorkommen in Österreich. – Erzmetall, 24, H. 6, 273–282, Stuttgart 1971.
- HÖLL, R., A. MAUCHER und H. WESTENBERGER: Synsedimentary-Diagenetic Ore Fabrics in the Strata- and Time-Bound Scheelite Deposits of Kleinarlatal and Felbertal in the Eastern Alps. – Mineral. Deposita, 7, 217–226, Berlin 1972.
- HÖLL, R.: Die Scheelitlagerstätte Felbertal und der Vergleich mit anderen Scheelitvorkommen in den Ostalpen. – Abh. bay. Akad. Wiss., math.-natwiss. Kl., N. F. 157, 1–114, München 1975.
- HÖLL, R. und A. MAUCHER: The Strata-Bound Ore Deposits in the Eastern Alps. – [in:] WOLF, K. H.: Handbook of Strata-Bound and Stratiform Ore Deposits, 1–36, Amsterdam 1976.
- HÖLL, R.: Time- and Stratabound Early Paleozoic Scheelite, Stibnite and Cinnabar Deposits in the Eastern Alps. – Verh. geol. B.-A., 1978, H. 3, 369–387, Wien 1979. – Proceed. 3rd ISMIDA (Leoben, Oct. 7–10, 1977), 195–213, Wien 1979.
- HOLZER, H. F.: Argumente und Beispiele für alpidisch-metallogenetische Vorgänge in den Ostalpen. – Referattheft 63. Jahrestagung Geol. Vereinigung, 12–13, Salzburg – Freilassing (Obb). 1973.
- HOLZER, H. F.: 5.1.1. Erze. – [in:] Der geologische Aufbau Österreichs, hrsg. von der Geolog. Bundesanst. Wien, Wiss. Red.: R. OBERHAUSER; 531–538, Wien 1980.
- HÜBEL, G. und L. KOSTELKA: Geologischer Überblick über die Blei-Zinklagerstätte Bleiberg-Kreuth. – Blei und Zink in Österreich, 13–17, Klagenfurt 1978.
- KRAUME, E.: Die Erzlager des Rammelsberges bei Goslar. – Monographien der deutschen Blei-Zink-Eisenlagerstätten 4, Beih. Geol. Jb., 18, 1–394, Hannover 1955.
- KRAUME, E.: Stratigraphie und Tektonik der Rammelsberger Erzlager (unter besonderer Berücksichtigung des Neuen Lagers unter der 10. Sohle). – Erzmetall, 13, 7–12, Stuttgart 1960.

- LAHUSEN, L.: Schicht- und zeitgebundene Antimonit-Scheelit-Vorkommen und Zinnober-Vererzungen in Kärnten und Osttirol/Österreich. – Mineral. Deposita, 7, 31–60, Berlin 1972.
- MAUCHER, A.: Zur „alpinen Metallogenese“ in den bayerischen Kalkalpen zwischen Loisach und Salzach. – Tschermaks miner. petrogr. Mitt., (3) 4, 454–463, Wien 1954.
- MAUCHER, A.: Die Deutung des primären Stoffbestandes der kalkalpinen Pb-Zn-Lagerstätten als syn-genetisch-sedimentäre Bildung. – Berg- u. hüttenmänn. Mh., 102, 226–229, Wien 1957.
- MEIXNER, H.: Mineralogische Beziehungen zwischen Spatmagnesit- und Eisenspatlagerstätten der Ostalpen. – Radex-Rdsch., 1953, 445–458, Radenthein 1953.
- MEIXNER, H.: Minerale und Lagerstätten im Bereich der Saualpe, Kärnten. – Clausthaler Geol. Abh., Sbd. 1, 1975, 199–217, Clausthal-Zellerfeld 1975.
- MOHS, F.: Die Villacher Alpe, und die dieselbe zunächst umgebenden Gegenden; eine geognostische Skize. – Molls Efemeriden der Berg- und Hüttenkunde, 3, 2. Lief., 161–228, Nürnberg 1807.
- OBERHAUSER, R.: Die postvariszische Entwicklung des Ostalpenraumes unter Berücksichtigung einiger für die Metallogenese wichtiger Umstände. – Verh. geol. B.-A., 1978, H. 2, 43–53, Wien 1978.
- PAK, E., E. SCHROLL und L. WEBER: Zur Schwefelisotopenzusammensetzung der Pb-Zn-Vererzung des Grazer Paläozoikums (Ostalpen). – Mineral. Deposita, 15, 315–325, Berlin 1980.
- PETRASCHECK, W.: Metallogenetic Zone in den Ostalpen. – Comptes rendus Congrès Géol. Int. Madrid, 1–13, Madrid 1926.
- PETRASCHECK, W.: Die Magnesite und Siderite der Alpen. Vergleichende Lagerstättenstudien. – Sitzber. Akad. Wiss. Wien, math.-natwiss. Kl., Abt. I, 141, 195–242, Wien 1932.
- PETRASCHECK, W.: Die alpine Metallogenese. – Jb. geol. B.-A., 90, (1945), 129–149, Wien 1947.
- PETRASCHECK, W. E.: Großtektonik und Erzverteilung im mediterranen Kettenystem. – Sitzber. österr. Akad. Wiss., math.-natwiss. Kl., Abt. I, 164, 109–130, Wien 1955.
- PETRASCHECK, W. E.: Die Gesichtspunkte für eine hydrothermale Entstehung der kalkalpinen Blei-Zinklagerstätten. – Berg- u. hüttenmänn. Mh., 102, H. 9, 229–233, Wien 1957.
- PETRASCHECK, W. E.: Lagerstättentheorie. – 2. Aufl., Wien 1961.
- PETRASCHECK, W. E.: Die alpin-mediterrane Metallogenese. – Geol. Rdsch., 53, 376–389, Stuttgart 1963.
- PETRASCHECK, W. E.: Die zeitliche Gliederung der ostalpinen Metallogenese. – Sitzber. österr. Akad. Wiss., math.-natwiss. Kl., Abt. I, 175, 57–74, Wien 1966.
- PETRASCHECK, W. E.: Beziehungen zwischen kryptokristallinem und spätigem Magnesit. – Radex-Rdsch., 1972, 339–350, Radenthein 1972.
- POSEPNÝ, F.: Die Blei- und Galmei-Erzlagerstätten von Raibl in Kärnten. – Jb. geol. Reichsanst., 23, 317–423, Wien 1873.
- POSEPNÝ, F.: Über die Genesis der Erzlagerstätten. – Berg- u. hüttenmänn. Jb. Bergakad. Leoben, Příbram u. Schemnitz, 43, Wien 1895.
- SCHNEIDER, H.-J.: Lagerstättenkundliche Untersuchungen am oberen Wettersteinkalk der bayerischen Kalkalpen östlich der Loisach. – Diss. Universität München 1953.
- SCHNEIDER, H.-J.: Neue Ergebnisse zur Stoffkonzentration und Stoffwanderung in Blei-Zink-Lagerstätten der nördlichen Kalkalpen. – Fortschr. Miner., 32, (1953), 26–30, Stuttgart 1954 a.
- SCHNEIDER, H.-J.: Die sedimentäre Bildung von Flusspat im oberen Wettersteinkalk der nördlichen Kalkalpen. – Abh. bayer. Akad. Wiss., math.-natwiss. Kl., N. F. 66, 1–37, München 1954 b.
- SCHNEIDER, H.-J.: Facies Differentiation and Controlling Factors for the Depositional Lead-Zinc Concentration in the Ladinian Geosyncline of the Eastern Alps. – Develop. in Sedimentol., 2, Sedimentology and Ore Genesis, 29–45, Amsterdam 1964.
- SCHNEIDERHÖHN, H.: Tektonik und Erzlagerstätten in den Ostalpen. Entgegnung an Herrn R. Schwinnecker, Graz. – Z. dt. geol. Ges., 94, 175–179, Berlin 1942.
- SCHNEIDERHÖHN, H.: Genetische Lagerstättengliederung auf geotektonischer Grundlage. – N. Jb. Miner. Mh., 1952, 47–89, Stuttgart 1952.
- SCHNEIDERHÖHN, H.: Fortschritte in der Erkenntnis sekundär-hydrothermaler und regenerierter Lagerstätten. – N. Jb. Miner. Mh., 1953, 223–237, Stuttgart 1953.
- SCHROLL, E.: Zur Korrelation geochemischer Charakteristika der Blei-Zink-Lagerstätte Bleiberg-Kreuth mit anderen schichtgebundenen Vererzungen in Karbonatgesteinen. – Schriftenreihe erdwiss. Kommiss. österr. Akad. Wiss., 3, 131–158, Wien 1978.
- SCHULZ, O.: Montageologische Aufnahme des Pb-Zn-Grubenreviers Vomperloch, Karwendelgebirge (Tirol). – Berg- u. hüttenmänn. Mh., 100, 259–269, Wien 1955.
- SCHULZ, O.: Beispiele für synsedimentäre Vererzungen und paradiagenetische Formungen im älteren Wettersteinkalk von Bleiberg-Kreuth. – Berg- u. hüttenmänn. Mh., 105, 1–11, Wien 1960.
- SCHULZ, O.: Neuergebnisse an synsedimentären Mineralen der Lagerstätte Bleiberg-Kreuth. – Anz. österr. Akad. Wiss., math.-natwiss. Kl., 1966, 215–219, Wien 1966.
- SCHULZ, O.: Die diskordanten Erzgänge vom „Typus Bleiberg“ syndiagenetische Bildungen. – Atti Symp. internaz. Giacimenti Minerari delle Alpi, Trentino 1966, 1, 149–161, Trentino 1968 a.

- SCHULZ, O.: Sedimentäre Barytgefüge im Wettersteinkalk der Gailtaler Alpen. – *Tschermaks miner. petrogr. Mitt.*, (3) 12, 1–16, Wien 1968 b.
- SCHULZ, O.: Die synsedimentäre Mineralparagenese im oberen Wettersteinkalk der Pb-Zn-Lagerstätte Bleiberg-Kreuth (Kärnten). – *Tschermaks miner. petrogr. Mitt.*, (3) 12, 230–289, Wien 1968 c.
- SCHULZ, O.: Schicht- und zeitgebundene paläozoische Zinnober-Vererzung in Stockenboi (Kärnten). – *Sitzber. bayer. Akad. Wiss., math.-natwiss. Kl.*, 1968, 113–139, München 1969.
- SCHULZ, O.: Horizontgebundene altpaläozoische Eisenspatvererzung in der Nordtiroler Grauwackenzone, Österreich. – *Tschermaks miner. petrogr. Mitt.*, (3) 15, 232–247, Wien 1971.
- SCHULZ, O.: Horizontgebundene altpaläozoische Kupferkiesvererzung in der Nordtiroler Grauwackenzone, Österreich. – *Tschermaks miner. petrogr. Mitt.*, (3) 17, 1–18, Wien 1972 a.
- SCHULZ, O.: Unterdevonische Baryt-Fahlerz-Mineralisation und ihre steilachsige Verformung im Großkogel bei Brixlegg (Tirol). – *Tschermaks miner. petrogr. Mitt.*, (3) 18, 114–128, Wien 1972 b.
- SCHULZ, O. und E. SCHROLL: Die Pb-Zn-Lagerstätte Bleiberg-Kreuth. – *Verh. geol. B.-A.*, 1977, 375–386, Wien 1977.
- SCHULZ, O.: Metallogenese in den österreichischen Ostalpen. – *Verh. geol. B.-A.*, 1978, H. 3, 471–478, Wien 1979. – Proceed. 3rd ISMIDA (Leoben, Oct. 7–10, 1977), 297–304, Wien 1979.
- SCHWINNER, R.: Die Verbreitung des Elementes Arsen in ihrer Beziehung zum Gebirgsbau der Ostalpen. – *Tschermaks miner. petrogr. Mitt.*, 46, 56–72, Leipzig 1935.
- SCHWINNER, R.: Tektonik und Erzlagerstätten in den Ostalpen. – *Z. dt. geol. Ges.*, 94, 169–175, Berlin 1942 a.
- SCHWINNER, R.: Tektonik und Erzlagerstätten in den Ostalpen. – *Z. dt. geol. Ges.*, 94, 180–183, Berlin 1942 b.
- SCHWINNER, R.: Ostalpine Vererzung und Metamorphose als Einheit?. – *Verh. geol. B.-A.*, 1946, 42–61, Wien 1949 a.
- SCHWINNER, R.: Die Blei-Lagerstätten im Lichte der Isotopenforschung. – *Verh. geol. B.-A.*, 1947, 132–134, Wien 1949 b.
- SCHWINNER, R.: Gebirgsbildung, magmatische Zyklen und Erzlagerstätten in den Ostalpen. – *Berg- u. hüttenmänn. Mh.*, 94, 134–143, Wien 1949 c.
- SIEGL, W.: Ein Beitrag zur Genese der Vererzung des Grazer Paläozoikums. – *Mineral. Deposita*, 9, 289–295, Berlin 1974.
- ŠTRUCL, I.: Some ideas on the genesis of the Karawank Lead-Zinc ore deposits with special regard to the Mežica ore deposit. – *Mining and Metallurgy Quarterly*, 2, 25–34, Ljubljana 1966.
- ŠTRUCL, I.: Stratigrafske in tektoniske razmere v vzhodnem delu severnih Karavank – 2. Poseben tip mežiškega svinčeve cinkovega orudnenja v rudišču Graben. – *Stratigraphie und Tektonik der östlichen Teile der Nordkarawanken. – Die Zn-Pb Vererzungen des Grabenreviers – ein besonderer Typ der Lagerstätte von Mežica.* – *Geologija – Razprave in Poročila, Geological Transactions and Reports*, 13, 5–34, Ljubljana 1970.
- ŠTRUCL, I.: On the Geology of the Eastern Part of the Northern Karawankes with Special Regard to the Triassic Lead-Zinc-Deposits. – *Sedimentology of parts of Central Europe, Guidebook, VIIth Int. Sediment. Congress 1971 Heidelberg*, 285–301, 1971.
- ŠTRUCL, I.: Nastanek karbonatnih kamenin in cinkovo svinčeve rude v anizičnih plasteh Topla. – Die Entstehungsbedingungen der Karbonatgesteine und Blei-Zinkvererzungen in den Anisschichten von Topla. – *Geologija – Razprave in Poročila, Geological Transactions and Reports*, 17, 299–397, Ljubljana 1974.
- TAUPITZ, K.-C.: Die verschiedene Deutbarkeit von „metasomatischen“ Gefügen auf „telethermalen“ Blei-Zink-Lagerstätten. – *Fortschr. Miner.*, 32 (1953), 30–31, Stuttgart 1954 a.
- TAUPITZ, K.-C.: Die Blei-, Zink- und Schwefelerzlagerstätten der nördlichen Kalkalpen westlich der Loisach. – *Diss. Bergakademie Clausthal*, Clausthal 1954 b.
- TAUPITZ, K.-C.: Erze sedimentärer Entstehung auf alpinen Lagerstätten des Typs „Bleiberg“. – *Erzmetall*, 7, 343–349, Stuttgart 1954 c.
- THALMANN, F.: Zur Eisenspatvererzung in der nördlichen Grauwackenzone am Beispiel des Erzberges bei Eisenerz und Radmer/Buchegg. – *Verh. geol. B.-A.*, 1978, H. 3, 479–489, Wien 1979. – Proceed. 3rd ISMIDA (Leoben, Oct. 7–10, 1977), 305–315, Wien 1979.
- TISCHLER, S. E.: Eine Erzmineralisation vom Typ „Porphyry Copper“ in Österreich? – *Berg- u. hüttenmänn. Mh.*, 123, H. 12, 463–465, Wien 1978.
- TUFAR, W.: Die Erzlagerstätten des Wechselgebietes. – *Miner. Mittbl. Joanneum*, 1963, H. 1, 1–60, Graz 1963.
- TUFAR, W.: Geochemische Untersuchungen an österreichischen Baryten. – *Tschermaks miner. petrogr. Mitt.*, (3) 9, H. 3, 242–251, Wien 1965 a.
- TUFAR, W.: Die alpidische Metamorphose an Erzlagerstätten am Ostrand der Alpen. – *Verh. geol. B.-A.*, Sdh. G, 256–264, Wien 1965 b. – *Z. dt. geol. Ges.*, 116, (1964), 2. Teil, 512–520, Hannover 1965 b.

- TUFAR, W.: Die Vererzung vom Sieggrabener Kogel (Burgenland). – Verh. geol. B.-A., **166**, H. 1–2, 55–69, Wien 1966 a.
- TUFAR, W.: Das Kupfervorkommen von Eichbüchl bei Wiener Neustadt (Niederösterreich). – N. Jb. Miner. Abh., **105**, H. 2, 203–210, Stuttgart 1966 b.
- TUFAR, W.: Der Alpen-Ostrand und seine Erzparagenesen. – Freiberger Forschungshefte, C 230 Mineralogie-Lagerstättenlehre: Probleme der Paragenese von Mineralen, Elementen und Isotopen, Teil I, Breithaupt-Kolloquium 1966 in Freiberg, 275–294, Leipzig 1968 a.
- TUFAR, W.: Die Kupferlagerstätte von Trattenbach (Niederösterreich). – Tschermaks miner. petrogr. Mitt., (3) **12**, H. 2–3, 140–181, Wien 1968 b.
- TUFAR, W.: Fuchsit vom Puchegg bei Vorau (Oststeiermark). – Tschermaks miner. petrogr. Mitt., (3) **12**, H. 2–3, 182–203, Wien 1968 c.
- TUFAR, W.: Die Eisenerzlagerstätte vom Buchwald ober Waldbach (Oststeiermark). – Tschermaks miner. petrogr. Mitt., (3) **12**, H. 4, 350–391, Wien 1968 d.
- TUFAR, W.: Das Problem der ostalpinen Metallogenese, beleuchtet am Beispiel einiger Erzparagenesen vom Alpenostrand. – Sitzber. Österr. Akad. Wiss., Mathem.-naturw. Kl., Abt. I, Bd. 177, 1–20, Wien 1969 a.
- TUFAR, W.: Die Erzvergesellschaftung des Semmering- und Wechselgebietes. – Mitt. Österr. Mineralog. Ges., **121**, Tschermaks miner. petrogr. Mitt., (3) **13**, 313–320, Wien 1969 b.
- TUFAR, W.: Neue Vererzungen aus der Steiermark. – Miner. Mittbl. Joanneum, **1970**, H. 1–2, 27–37 (201–211), Graz 1970.
- TUFAR, W.: Bleiglanz-Granat-Verwachsungen in der Lagerstätte von Ramingstein im Lungau (Salzburg). – N. Jb. Miner. Mh., **1971**, H. 4, 183–192, Stuttgart 1971 a.
- TUFAR, W.: Syngenetische präalpidische Lagerstätten aus den Ostalpen. – Fortschr. Miner., **49**, Beih. 1, 122–123, Stuttgart 1971 b.
- TUFAR, W.: Die Eisenlagerstätte von Pitten (Niederösterreich) – Ein Beitrag zum Problem der ostalpinen Spatlagerstätten. – Miner. Mittbl. Joanneum, **1972**, H. 1, 1–54 (101–154), Graz 1972 a.
- TUFAR, W.: Zur Blei-Zink-Vererzung des Grazer Paläozoikums. – Miner. Mittbl. Joanneum, **1972**, H. 2, 64–75 (256–267), Graz 1972 b.
- TUFAR, W.: Neue Aspekte zum Problem der ostalpinen Spatlagerstätten am Beispiel einiger Paragenesen vom Ostrand der Alpen. – Geological Transactions and Reports, **15**, Proceed. 2nd Internat. Symp. on the Mineral Deposits of the Alps, 221–235, Ljubljana 1972 c.
- TUFAR, W.: Gold in ostalpinen Erzparagenesen. – Fortschr. Miner., **50**, Beih. 1, 100–101, Stuttgart 1972 d.
- TUFAR, W.: Zur Altersgliederung der ostalpinen Vererzung. – Geol. Rdsch., **63**, H. 1, 105–124, Stuttgart 1974.
- TUFAR, W.: Die Blei-Zink-Lagerstätten im Grazer Paläozoikum (Steiermark). – Fortschr. Miner., **53**, Beih. 1, I–II, 81, Stuttgart 1975.
- TUFAR, W.: Erde – Bodenschätze. – Diercke Handbuch, 286–290, Westermann Verlag, Braunschweig 1976.
- TUFAR, W.: Die Evolution der Lagerstätten. – Gießener Geol. Schriften, **12**, Festschrift Prof. Weyl, 383–428, Gießen 1977.
- TUFAR, W.: Flüssigkeitseinschlüsse in Baryten aus dem Grazer Paläozoikum (Steiermark) und in Magnesiten von Radenthein (Kärnten). – Mineral. Mittbl. Joanneum, **1978**, H. 46, 27–37 (589–599), Graz 1978.
- TUFAR, W.: Die Lagerstätten Meggen und Dreislar im Sauerland. – Exkursionsführer Deutsche Geol. Ges., A 4, 1–41, Marburg 1979 a.
- TUFAR, W.: Ostalpine Lagerstätten. – Exkursionsführer Deutsche Geol. Ges., B 3, 1–127, Marburg 1979 b.
- TUFAR, W.: Anthophyllit und Talk von Vorau (Oststeiermark). – Miner. Mittbl. Joanneum, **1979**, H. 47, 37–52 (181–196), Graz 1979 c.
- TUFAR, W.: Mikroskopisch-lagerstättenkundliche Charakteristik ausgewählter Erzparagenesen aus dem Altkristallin, Paläozoikum und Mesozoikum der Ostalpen. – Verh. geol. B.-A., **1978**, H. 3, 499–528, Wien 1979 d. – Proceed. 3rd ISMIDA (Leoben, Oct. 7–10), 325–354, Wien 1979 d.
- TUFAR, W.: Ore Mineralization from the Eastern Alps, Austria, as Strata-bound-Syngenetic Formations of Pre-Alpine and Alpine Age. – Proceed. 5th Quadrennial IAGOD Symposium, Internat. Assoc. on the Genesis of Ore Deposits, 513–544, E. Schweizerbart, Stuttgart 1980 a.
- TUFAR, W.: The Eastern Alps and their ore deposits. – Erzmetall, **33**, H. 3, 153–162, Weinheim 1980 b.
- TUFAR, W.: The Barite Deposit at Dreislar, Sauerland. – 8th Internat. Geochemical Explor. Symp., Bundesanst. f. Geowissenschaften und Rohstoffe, Excursion Guide, A 3, 10–16, Hannover 1980 c.
- TUFAR, W.: Ore Deposits of the Eastern Alps. – 8th Internat. Geochemical Explor. Symp., Bundesanst. f. Geowissenschaften und Rohstoffe, Excursion Guide, C 6, 1–78, Hannover 1980 d.

- TUFAR, W.: Erde – Bodenschätze. – Diercke Handbuch – Neubearbeitung, 2. Aufl., 310–314, Westermann Verlag, Braunschweig 1980e.
- TUFAR, W.: A Non-ferrous Metal Mineralization in the Triassic Gypsum Deposit from Myrthengraben (Lower Austria) in the Mesozoic of the Eastern Alps – A New Type of Sulphosalt-Occurrences. – Acad. Sci. USSR, Mineral. Soc. USSR, Internat. Mineral. Assoc., Proceed. XI General Meeting of IMA, Novosibirsk, 4–10 September, 1978, Bd. Sulphosalts, Platinum Minerals and Ore Microscopy, 148–157, 310–313, 319–320, Nauka, Moskau 1980f.
- WEBER, L.: Die Stellung der stratiformen Blei-Zinkvererzungen im Grazer Paläozoikum, beleuchtet an Hand der Lagerstätten Schrems-Rechberg, sowie Kaltenberg-Burgstall (Oststeiermark). – Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Johanneum, **38**, 123–141 (269–287), Graz 1977.
- WEDEPHOL, K. H., M. H. DELEVAUX & B. R. DOE: The Potential Source of Lead in the Permian Kupferschiefer Bed of Europe and Some Selected Paleozoic Mineral Deposits in the Federal Republic of Germany. – Contrib. Mineral. Petrol., **65**, 273–281, Berlin Heidelberg 1978.

Bei der Schriftleitung eingelangt am 3. Juni 1981