

Die ostalpinen Lagerstätten mineralischer Rohstoffe in der Sicht neuer Forschungsergebnisse

Von OSKAR SCHULZ**)

Mit 14 Abbildungen

Inhalt

Zusammenfassung, Summary	258
1. Vorwort	258
2. Zielsetzung	259
3. Präkaledonische und kaledonische Ära (Präkambrium – Kambrium)	259
3.1. Stubai-Ötztal-Silvretta-Kristallin	259
3.1.1. Cu-Fe-Sulfidparagenese	259
3.1.2. Zn-Pb-Sulfidparagenese	260
3.1.3. Gemeinsame Merkmale	260
4. Altpaläozoische und vorvariszische Ära (Ordovizium – Silur – Devon – Unterkarbon)	261
4.1. Allgemeines	261
4.2. Hydrothermal-sedimentäre Siderit-(Pyrit)-Formation	262
4.2.1. Nördliche Grauwackenzone	262
4.2.2. Innsbrucker Quarzphyllitzone	262
4.2.3. Ähnliche Vorkommen	262
4.3. Hydrothermal-sedimentäre Kupfer- und Kies-Formation	262
4.3.1. Nördliche Grauwackenzone	262
4.3.2. Innsbrucker Quarzphyllitzone	263
4.3.3. Silvretta-Einheit	263
4.3.4. Thurmtaler Phyllitzone	263
4.3.5. Glimmerschiefer-Paragneisserie des Defereggengebirges	264
4.3.6. Altkristallin der Schladminger Tauern	264
4.3.7. Untere Schieferhülle	265
4.3.8. Altkristallin am Alpenostrand	265
4.3.9. Weitere Vorkommen	265
4.4. Hydrothermal-sedimentäre Gold-(Silber-)-Arsen-Formation	265
4.4.1. Innsbrucker Quarzphyllitzone	265
4.4.2. „Altes Dach“ über Zentralgneis	266
4.5. Hydrothermal-sedimentäre Blei-(Silber-)-Zink-Formation	266
4.5.1. Grazer Paläozoikum	266
4.5.2. Polymetamorphe Wölzer Serie des Lungaus	267
4.5.3. Ossiacher Tauern	267
4.5.4. Gurktaler Decke	267
4.5.5. Nördliche Grauwackenzone	267
4.5.6. Untere Schieferhülle	268
4.6. Hydrothermal-sedimentäre W-Sb-Hg-Formation	268
4.6.1. Innsbrucker Quarzphyllitzone	268
4.6.2. Untere Schieferhülle	268
4.6.3. Thurmtaler Phyllitzone	268
4.6.4. Kristallin der Goldeckgruppe	269
4.6.5. Kristallin der Kreuzeckgruppe	269
4.7. Das Problem um den alpinen Spatmagnetit	269
4.8. Devonische Fahlerz-Baryt-Lagerstätten Schwaz – Brixlegg	271
4.9. Devonische Eisenerze	272
4.9.1. Typus Steirischer Erzberg (Siderit)	272
4.9.2. Typus Hüttenberg (Knappenberg, Siderit)	272
4.9.3. Typus Waldenstein (Eisenglimmer)	273
4.10. Unterkarbon-Spatmagnetit	273
4.11. Spodumen-Pegmatite der Koralpe	273
4.12. Sedimentäre Buntmetalle auf Verwitterungsrelief	273
5. Variszische Ganglagerstätten (Oberkarbon)	273
6. Frühpaläidikum (Oberkarbon/Perm – Neokom)	274
6.1. Anthrazit, Graphit	274
6.2. Permische Ganglagerstätten	274
6.3. Permische Lagerstätten des Verwitterungskreislaufs	274
6.4. Ostalpine Salzlagerstätten, Gips, Anhydrit	275

*) Genehmigt und durchgeführt im FONDS ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTLICHEN FORSCHUNG.

**) Anschrift des Verfassers: Univ.-Prof. Dr. OSKAR SCHULZ, Institut für Mineralogie und Petrographie der Universität Innsbruck, Abt. Geochemie und Lagerstättenlehre, Innrain 52, A-6020 Innsbruck.

6.5. Erzlagerstätten im Mesozoikum	276
6.5.1. Quecksilber, Zink-Blei in der Trias	276
6.5.2. Evaporite in der Mitteltrias	277
6.5.3. Kies-Kupfer-Formation im Penninikum der Jurazeit	277
6.5.4. Manganschiefer-Hornstein-Formation der Jurazeit	277
7. Alt- und Jungalpidikum (Mittlere Kreide – Alttertiär – Jungtertiär)	277
7.1. Bauxitlagerstätten	277
7.2. Alpidische Metallogenese	277
7.2.1. Mobilisationen von Altbeständen	278
7.2.2. Golderzgänge der Hohen Tauern	279
7.2.3. Weitere alpidische Mineralkonzentrationen	280
7.3. Tertiäre Kaolinlagerstätten	280
8. Schlußbemerkungen	280
Im Rahmen des 2. Forschungsschwerpunktes fertiggestellte Arbeiten	281
Weitere Literatur	282

Zusammenfassung

Die heute weitreichenden Kenntnisse über die Genese ostalpiner Lagerstätten erlauben in vielen Fällen, die Entwicklungsstufen von ursächlichen Anreicherungen über diagenetische bis zu metamorphen Veränderungen glaubhaft zu erklären. Die Entstehungsgeschichte des Mineralrohstoffinventars der Ostalpen ist sehr komplex, sie reicht vom Präkambrium bis zu jüngsten alpidischen Elementkonzentrationen.

Bei einer genetisch-chronologischen Reihung der Erzlagerstätten fällt ein Schwerpunkt durch enorme Vielfalt von Metallangeboten im Altpaläozoikum auf: Fe, Mn, Cu, Pb, Zn, Ni, Co, W, Sb, Hg, Ag, Au sind in typisch stratiformer Anordnung infolge primär sedimentärer Erzanreicherung, verursacht durch extrusiv-hydrothermale Transporte in das Meer, zu finden, jedoch heute durch Einwirkungen der Metamorphose weiterentwickelt. Gerade diese Lagerstätten bieten durch Merkmale für Verformungen und Kristallisationen vom Großbereich bis in das Korngefüge Musterbeispiele für den gemeinsamen Werdegang von Erzlagern und Nebengestein.

In den mächtigen Karbonatkomplexen des Devon, z. T. auch des Unterkarbon, zeigen Fe- und Mg-Spatlagerstätten mit primärer Bindung an die Ablagerungsräume charakteristische Verbreitung.

Die alpinen Salzlagerstätten des Permoskyth liefern durch ihre mechanische und chemische Empfindlichkeit eine Vielfalt von Deformations- und Kristallisationsgefügen, die als beispielhaft für erzpetrologische Beurteilungen dienen können.

Als die wesentlichen metallogenetischen Ereignisse im Mesozoikum sind hinsichtlich Verbreitung und Intensität die Zn-Pb-Anreicherungen in den Kalkalpen zu bezeichnen. Ihr nicht-metamorpher Zustand gewährt Einblick in die extern- und intern-sedimentären Anlagerungsvorgänge sowie in diagenetische Veränderungen in Mineralbestand und Gefüge. Für die Kärntner Lagerstätte Bleiberg – Kreuth konnten die Kenntnisse besonders über erzführende Kalk-Dolomit-Breccien erweitert werden.

Im Rahmen einer „alpidischen Metallogenese“ sind die Sb-Lagerstätte Schlaining (Burgenland) und die Goldgänge der Tauern (Gastein – Rauris) hervorzuheben. Aber es liegen auch zahlreiche Befunde vor, die eine Mobilisation von alten Erzbeständen und stoffdiskordante alpidische Erzplatznahme bestätigen. Am auffallendsten ist der diskordante Gangabschnitt der Cu-Lagerstätte Mitterberg/Mühlbach.

Untersuchungen der tertiären Kaolin-Quarz-Sandlager von Krummnußbaum a. d. Donau ergaben, daß die Kaolinbildung unmittelbar durch Zersetzungsprozesse aus dem unterlagernden Granulit und eine weitere Anreicherung durch mechanische Umlagerungen stattgefunden haben muß.

Die Forschungen brachten auch praktisch auswertbare Ergebnisse für den Bergbau: für die Lagerstätten Bleiberg – Kreuth (Zn, Pb), Schwaz (Ag-Hg-Fahlerz), Brixlegg (Baryt, Fahlerz), Zell am Ziller (Au), Gastein – Rauris (Au) und Krummnußbaum (Kaolin).

Summary

The now extensive knowledge of the genesis of east-alpine deposits permits in many cases a plausible explanation of their evolutionary stages from causal enrichments to diagenetic and metamorphic changes. The genesis of the stock of mineral raw materials of the Eastern Alps is very complex, it ranges from the Precambrian to very young alpidian element concentrations.

The genetical and chronological listing of the ore deposits shows a peak in the Lower Palaeozoic, which is due to a great variety of metal offers at that time. Fe, Mn, Cu, Pb, Zn, Ni, Co, W, Sb, Hg, Ag and Au can be found in a typically stratiform arrangement which is due to a primary sedimentary ore enrichment that was caused by extrusive-hydrothermal transports into the sea. However, these ore bodies underwent further developments owing to the influences of the metamorphoses. Due to their deformation and crystallisation features from the macro-domain to the grain fabric, these deposits in particular are prime examples of the common development of ore beds and wall rock.

The massive carbonate complexes of the Devonian, and partly also of the Lower Carboniferous, are characterised by Fe- and Mg-spar deposits with primary links to the deposition areas.

Owing to their mechanical and chemical sensitivity, the alpine salt deposits of the Permoskythian provide a variety of deformation and crystallisation fabrics which can be used as examples in petrological ore assessments.

The major metallogenic events in the Mesozoic are, as to distribution and intensity, the Zn-Pb-enrichments in the Limestone Alps. Their non-metamorphic state gives a general idea of the external- and internal-sedimentary apposition processes as well as of diagenetic changes in the mineral stock and the fabric. For the Carinthian deposit of Bleiberg – Kreuth more detailed knowledge has been gained especially of ore-bearing limestone-dolomite-breccias.

Within an „alpidian metallogenese“, the Sb-deposit of Schlaining (Burgenland) and the ore veins of the Tauern Mountains (Gastein – Rauris) have to be stressed. However, there are also numerous results which confirm a mobilisation of old ore stocks and material-discordant alpidian ore appearances. The most striking of these is the discordant vein section of the Cu-deposit of Mitterberg/Mühlbach.

Investigations of the Tertiary kaoline-quartz-sand beds of Krummnußbaum an der Donau showed that the kaoline formation must have been caused directly by decomposition processes in the underlying granulite and by a further enrichment of mechanical redepositions in a higher section.

The results of this research are also useful for the mining industry: for the deposits of Bleiberg – Kreuth (Zn, Pb), Schwaz (Ag-Hg-tetrahedrite), Brixlegg (baryte, tetrahedrite), Zell am Ziller (Au), Gastein – Rauris (Au), and Krummnußbaum (kaoline).

1. Vorwort

Der Auftrag zu einem 2. Forschungsschwerpunkt der Österreichischen Rektorenkonferenz machte es für die Forschergruppe der Abteilung „Geochemie und Lagerstättenlehre“ an der Universität Innsbruck möglich, die im 1. Forschungsschwerpunkt 1972–1978 erzielten Ergebnisse (SCHULZ, 1979a) durch Einbeziehung weiterer Lagerstätten in die Untersuchungen über die ostalpine Metallogenese weiter auszubauen und praxisbezogene Forschungen über österreichische Mineralrohstoffe anzuschließen.

Die unter dem Thema „Lagerstättenforschung“ von 1979–1984 durchgeführten Studien wurden dankens-

werterweise vom Österreichischen Fonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung als mittelfristiges Forschungsvorhaben finanziell unterstützt. Von 1979 bis 1980 waren auch die geowissenschaftlichen Institute der Montanuniversität Leoben mit einem eigenen Programm an diesem Großprojekt beteiligt. In dem vorgelegten Schlußbericht sind die von den Innsbrucker Forschern abgeschlossenen Einzelarbeiten samt einer Reihe von weiteren, nicht publizierten Forschungsergebnissen zusammengefaßt.

2. Zielsetzung

Wesentliche Impulse zur Erzlagerstättenforschung in den Ostalpen kamen von der Blei-Zink-Forschung der Fünfzigerjahre, wodurch vor allem mit sedimentpetrographisch-gefügekundlichen Methoden Merkmale für synsedimentäre Metallanreicherungen sichergestellt, und im Rahmen der Sedimentdiagenese abgelaufene Umkristallisationen und Stoffbewegungen nachgewiesen wurden. Ausgehend von diesen damals neuen Erkenntnissen in nicht-metamorphen Karbonatgesteinen in den Kalkalpen wurden seit etwa 1967 Schritt für Schritt schichtige Erzlagerstätten in metamorphen Gesteinskomplexen in die Forschungen miteinbezogen. In vielen Fällen konnten Beweise für weitgehende genetische Zusammengehörigkeit von Erzkörpern und Begleitgesteinen erbracht werden: es sind die schicht- und zeitgebundenen Lagerstätten.

Als Ziel unseres mittelfristigen Forschungsunternehmens galt vor allem, weitere ostalpine Erzlagerstätten in ihrem Makro- und Mikrogefüge nach Merkmalen zu untersuchen, die für eine genetische Klassifizierung der Metallanreicherungen möglichst eindeutige Aussagen erlauben. Vor allem sollten auch Anhaltspunkte für die Identifizierung von sedimentären Lagerstätten mit metamorpher Überprägung gefunden werden, wobei die Suche nach Entwicklungsstadien von ursprünglichen Anlagerungsgefügen zu Umkristallisaten und Mobilisaten der Diagenese und Metamorphose als wichtiges Anliegen galt. Um dem umstrittenen Kapitel der Mobilisation von Gefügebeobachtungen her näher zu kommen, wurde auch in den hochteilbeweglichen Salzgesteinen nach Merkmalen gesucht.

Es bestand weiters die Absicht, die in den vergangenen Forschungsvorhaben vernachlässigten Lagerstätten der alpidischen Metallogenese in die Untersuchung miteinzubeziehen, um das Bild der gesamten Metallogenese in den Ostalpen von der präkaledonischen Ära bis heute zu vervollständigen.

Es gilt nun, den Fortschritt der Kenntnisse zusammenfassend darzustellen und die praxisorientierten Neuergebnisse der Rohstoffwirtschaft zugänglich zu machen. Der Fortschritt wird aber auch die kritische Abweisung so mancher voreilig geäußerter Meinungen nach sich ziehen: zu sehr wurden schon phantasiegeleitete Ansichten verbreitet, die nicht durch deskriptive Merkmale gestützt sind. Die Reihung der Ereignisse erfolgt vom Älteren zum Jüngeren, wenngleich dies nicht der Entwicklung unserer Kenntnisse entspricht, sodaß die ältesten, polymetamorphen Erzlagerstätten als erste folgen.

3. Präkaledonische und kaledonische Ära (Präkambrium – Kambrium)

Die Suche nach präordovizischen, eventuell sogar präkambrischen Lagerstätten, kann naturgemäß nur in

Verbindung mit derart alten Gesteinen gebracht werden. Der Nachweis von präkambrischen Gesteinen auf allen heutigen Kontinenten und die darin allgemein zahlreich enthaltenen verschiedenen Erzlagerstätten (International Symposium on Metallogeny of the Early Precambrium, Changchun 1985) lassen die Bedeutung dieser sehr alten geologischen Körper für die metallogenetische Entwicklung der Erdkruste in den nachfolgenden erdgeschichtlichen Epochen erahnen. Metallogenetische Provinzen bezogen auf die Konfiguration alter Kontinentblöcke und Aspekte einer metallogenetischen Vererbung wurden u. a. von PETRASCHECK (1968, 1974), PETRASCHECK & POHL, (1982), TUFAR (1981) diskutiert. So gesehen kommt den in den sehr alten Gesteinsteilen in den Ostalpen stellenweise enthaltenen Metallkonzentrationen, wenn schon nur selten wirtschaftliche, so doch besondere lagerstättengenetische Bedeutung zu.

3.1. Stubai-Ötztal-Silvretta-Kristallin (Mittelostalpin)

Wenn man der altersmäßigen Einstufung von Metamorphiten Glauben schenken kann, sind im Großkomplex des Stubai-, Ötztal- und Silvretta-Kristallins auf Grund von indirekten Hinweisen durch Altersdatierungen beträchtliche Anteile von vorkaledonischen, vermutlich jungproterozoischen bis kambrischen Paragesteinen enthalten.

Über Erzanreicherungen in solchen alten Metamorphiten hat VAVTAR (1979a,b, 1980a,b, 1981, 1983, 1985, 1986) berichtet und kommt zusammenfassend zu folgenden Ergebnissen. Die rund 70 ehemaligen Erzbergbaue samt beschürften Erzvorkommen in den genannten Altkristallinmassen in Nord- und Südtirol lassen sich sinnvoll in zwei mineralogische Paragenesekomplexe einteilen: in eine polymetallische Cu-Fe-Sulfidparagenese und eine polymetallische Zn-Pb-Sulfidparagenese.

Die Erzträgergesteine gehören großräumig gesehen einer mehrere tausend Meter mächtigen polymetamorphen Paragneisserie an, in welcher einige bedeutende Amphibolitzüge stoffparallel zwischengelagert sind. Bei diesen handelt es sich um ehemals submarine basische Lavadecken. Die Paragneise mit Glimmerschiefer waren ursprünglich grobklastische (Metagrauwacken) bis feinklastische, sandig-tonige Sedimente. Diese alten Gesteinsanteile sind durch mehrere Metamorphosen und z. T. auch Orogenesen geprägt worden: kaledonisch, variszisch (herzynisch), alpidisch. Dementsprechend verschieden waren die umprägenden Einflüsse von Druck- und Temperaturerhöhungen sowie der mechanischen Durchbewegung des Gefüges.

3.1.1. Cu-Fe-Sulfidparagenese

Diese Paragenese besteht aus Kupferkies, Pyrit, Magnetkies und Arsenkies sowie mehr oder weniger Zinkblende. Akzessorisch enthalten sind Bleiglanz, Boulangerit, Bournonit, Fahlerz, Gersdorffit, Pentlandit, Kobaltglanz, Glaukodot, ged. Wismut, Wismutglanz, Wittichenit, Cubanit, Mackinawit, Bornit, Magnetit, Hämatit, Zinnkies, Molybdänglanz, Scheelit. Bemerkenswert ist auch ein geringer Gehalt an ged. Gold. Begleitminerale im Erz sind hauptsächlich Quarz, Calcit, Dolomit und Fe-Karbonate bis Siderit. Sehr selten wurde Baryt identifiziert.

Die Erzkörper haben durchwegs Lagerform in der Gesteinsabfolge. Wo eine Beurteilung der schichtigen Ver-

breitung möglich ist, handelt es sich mitunter um Ausdehnungen bis zu einigen Meterhunderten, wobei die Mächtigkeiten aus dem Zentimeterbereich wohl nur bis zu einigen Dezimetern ansteigen. Gelegentlich sind die eigentlichen Erzkörper von diffus erzführendem Nebengestein hofförmig umgeben.

Die jeweils einzeln auftretenden Anreicherungshorizonte sind hauptsächlich in Biotit-Plagioklas-Gneis und Glimmerschiefer, in zwei Fällen in Calcitmarmor enthalten, wobei jeweils im Nahbereich der Abfolge begleitende Amphibolitlager auffallen. Nur untergeordnet aber führen auch diese Amphibolitzüge selbst angereicherte Erzminerale. Als charakteristisch für den jeweiligen Erzhorizont kann ein auffallender Gehalt von Graphit und meist auch von Ti-Oxiden wie Rutil, Anatas und Ilmenit genannt werden.

3.1.2. Zn-Pb-Sulfidparagenese

Diese enthält Zinkblende und Bleiglanz, mehr oder weniger Kupferkies, Pyrit und Magnetkies; akzessorisch sind Markasit, Arsenkies, Fahlerz, Boulangerit, Bournonit, Rotgültigerz und Ullmannit zu nennen. Die Lagerartminerale sind auch in diesen Fällen Quarz, Calcit, Dolomit und Eisenkarbonate bis zu Sideroplesit. In drei Vorkommen ist Fluorit gefunden worden. Auch in dieser Paragenese fällt der Graphitreichum und die Häufung von Ti-Oxiden im unmittelbaren Erzträgergestein auf. Die Zn-Pb-Erzkörper verlaufen bei großräumiger Betrachtung zwar weitgehend lagerförmig, aber nicht ausschließlich. Eine auffallend bankungsgebundene, aber stoffdiskordante Gangserie in Phyllitgneis gab Anlaß für einen Schurfbergbau westlich St. Christoph im Bereich Moorenköpfe nahe der Arlberg-Paßhöhe. Die Erzgänge scheinen hier durch Mobilisation aus einem geochemisch nachgewiesenen metallreicheren schichtigen Voranreicherungshorizont, eben lokal an diesen gebunden, zustande gekommen zu sein.

Auch die Zn-Pb-Lagerstätte Tösens mit ihrer ausgeprägten lagergangartigen Position im Berglertal und mit den 13 km weit im Streichen verfolgbaren kleineren Fortsetzungen machen nicht nur Umkristallisationen sondern auch lokale Erzmobilisationen im Zusammenhang mit anatektischen Stoffbewegungen in den begleitenden Metamorphiten wahrscheinlich. Eine ursächlich streng schichtgebundene sedimentäre Erzanlagerung wird auf Grund der von VAVTAR (1987) dargelegten Befunde glaubhaft.

Am auffälligsten tritt die schichtig-lagerförmige Zn-Pb-Erzanreicherung aber in der Lagerstätte Schneeberg (Monte Neve) im hinteren Ridnauntal Südtirols in Erscheinung, wo vor allem in den zwei vergangenen Jahrzehnten bis zu sieben Erzlager mit stark variierender Mächtigkeit bis zu 5 m aufgeschlossen worden sind. Auch die regional weite Verbreitung von derartigen, teils abgebauten, teils beschürften Erzlagern entlang eines Leithorizontes mit graphitführenden Paragneisen im 14 × 5 km umfassenden Raum Pflerschtal – Ridnauntal bestätigt den wesentlichen Befund dieses Erztyps: nämlich die Schichtgebundenheit.

3.1.3. Gemeinsame Merkmale

Wenn auch eine lithostratigraphische Gliederung der mittelostalpinen Altkristallinabfolge derzeit nicht möglich ist, nützte VAVTAR (zusammenfassend 1987) viele

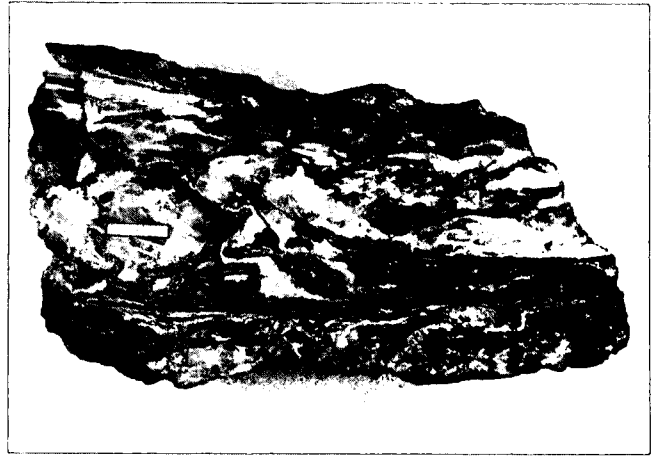


Abb. 1: Polymetamorphes Erz aus dem Erzlager von Arzthal östlich von Nauders. Mechanische Durchbewegung eines vordeformativen Feinlagenbaues mit Fluorit, Calcit (hellgrau) und Zinkblende mit Bleiglanz (dunkelgrau bis schwarz). Enge Verfaltung der Erzlagen mit dem Paragneis. Großanschliff. Maßstab: mm-Papier. Arbeitsmaterial VAVTAR.

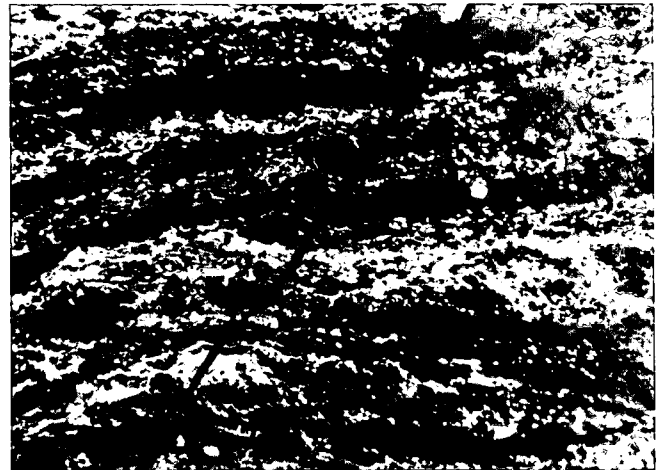


Abb. 2: Nach metamorphen Überprägungen noch erhaltener relikter Erzfeinlagenbau unter dem Mikroskop. Pyrit (weiß), Magnetkies und Bleiglanz (lichtgrau), Zinkblende (grau), Calcit, Quarz und Fluorit (dunkelgrau bis schwarzgrau). Polierter Anschliff, Nicols ||. Natürliche Größe des Bildausschnittes: 9 × 7 mm. Sattelalm SE Pfunds. Arbeitsmaterial VAVTAR.

Gefügemerkmale für seine neue genetische Beurteilung der zahlreichen Erzvorkommen:

- Weitgehende Schichtgebundenheit der Erzkörper und analoge Gefügebilder in Nebengestein und Erzlagern hinsichtlich Faltungen und Zerschörungen, allerdings mit den Auswirkungen heterokinetischer Bereiche durch das verschiedene Verhalten der Makro- und Mikro-Mineralteilgefüge. Im Falle eines diskordanten Vererzungstyps ebenfalls räumliche Gebundenheit an eine geochemisch vorgezeichnete Gesteinsbank.
- Vergesellschaftung der Erzlager mit basischen Vulkaniten.
- Erhöhter Graphitgehalt im Erzträgergestein als Hinweis auf sedimentär-biogene Prozesse.
- Mineralogisch gesicherter Nachweis von Hochtemperaturphasen bei Kupferkies, z. T. mit ZnS- und Zinnkiesentmischungen, Zinkblende mit Magnetkies- und Kupferkiesentmischungen, Fe-reiche Zinkblende; sprechen für Temperaturen über 500 °C, welche im N- und NW-Bereich des Stubai-Ötztal-Kristallins nur während der kaledonischen und variszischen

- Metamorphose erreicht wurden, nicht aber alpidisch.
- Mitunter extreme mechanische Durchbewegung des Korngefüges im Erz bis zur Verschieferung, entsprechend der Verformung des Begleitgesteins.
 - Mobilisationen im Mineralbestand von Erzkörpern sind mit anatektischen Veränderungen im Nebengestein vergleichbar. Mobilisationen führten mitunter zu Verlagerungen der Grenzkonturen von Erzkörpern, wodurch die Entstehung von Lagergängen aus Erzlagern verständlich wird.
 - Abgesehen von der noch fraglichen Alterszuordnung der Phyllitgneiszone mit den Pb-Zn-Erzgängen im Arlberggebiet, liegen die Erzlager im Verbands vorordovizischer Serien.

Aufgrund der sehr guten petrologischen Grundlagen über die alpidischen und variszischen Metamorphosen, aber derzeit erst spekulativen Äußerungen über ältere Ereignisse, kommt VAVTAR mit seinen neuen Befunden zur gesicherten Aussage, daß die im Stubai-Ötztal-Kristallin bekannten polymineralischen Erzanreicherungen der Kies-Kupfer- und der Pb-Zn-Formation synsedimentären Ursprungs sein müssen und mit Wahrscheinlichkeit extrusive, exhalative oder hydrothermale Stofftransporte für die Metallkonzentrationen verursachend gewesen waren. Junge epigenetische Vererzungen im Zusammenhang mit der alpidischen Orogenese, wie bis vor kurzem behauptet, werden mit Sicherheit ausgeschlossen. Regional treten an der heutigen Erdoberfläche im Stubai-Ötztal-Kristallin zwei Regionen mit schichtigen metamorphen Pb-Zn-Lagerstätten in Erscheinung. Als wirtschaftlich interessant kann, wie schon lange bergbaulich genützt, nur die Zn-Pb-Lagerstätte Schneeberg in Südtirol angeführt werden, zu der sich die bemerkenswerten Chancen auf die Erzlager des Pflerschtales gesellen. Auf nordtiroler Boden bieten sich erzparagenetisch und möglicherweise altersmäßig vergleichbar die Zn-Pb-Erzlagergänge von Tösens mit ihren unbedeutenden Fortsetzungen im Streichen nach SW und NE an.

Die anstehende Frage nach eventuellen Verbindungen dieser Reihen von Erzvorkommen ist einerseits wegen des steilachsigen variszischen Schlingenbaues, andererseits auch wegen der Gletscherbedeckung und somit fehlender lithostratigraphischer Zusammenhänge so gut wie unmöglich zu beantworten, aber altersmäßig grundsätzlich diskutabel.

4. Altpaläozoische und vorvariszische Ära (Ordovizium – Silur – Devon – Unterkarbon)

4.1. Allgemeines

Die Metallanreicherungen in den regional weit verbreiteten altpaläozoischen Gesteinen der Ostalpen sind ausgesprochen vielfältig: Fe, Mn, Cu, Ni, Co, Ag, Au, Pb, Zn, W, Sb, Hg sind überwiegend zu stoffparallelen Konzentrationen in Erzlagern entwickelt. Nur sehr wenige der in der z. T. berühmten bergbaulichen Vergangenheit genützten Anreicherungen stellen auch für heutige Verhältnisse eine potentielle Rohstoffbasis dar.

Grundlagen für die heutigen genetischen Ansichten wurden in den Jahren um 1970 entwickelt. Sie gehen auf die Erkenntnisse von WENGER (1964), HÖLL & MAUCHER (1967), SCHULZ (1969, 1971a, 1972a,b), LAHUSEN (1972), WEBER, PAUSWEG & MEDWENITSCH (1972) zu-

rück. Es muß aber auch objektiv festgehalten werden, daß schon vorher z. B. HEGEMANN (1958) seine Vorstellungen über extrusiv-sedimentäre Lagerstätten mitgeteilt hat.

Die Tragweite der seit dem Beginn der Siebzigerjahre erarbeiteten stichhaltigen Merkmale von schichtgebundenen sedimentären Erzlagerstätten mit metamorpher Überprägung wird klar, wenn man bedenkt, daß bis etwa 1968 für den Alpenraum fast nur die apodiktisch geltende Meinung einer einheitlichen tertiären Metallogene mit regionalem Zonarbau und nur epigenetisch-hydrothermalen Stoffzufuhr, verbunden mit selektiv-metasomatischen Verdrängungen vertreten war.

Wir haben durch Gefügeanalysen eine Reihe von typisierbaren Merkmalen nach der Sander'schen Gefügekunde (SANDER, 1948, 1950, 1970) bekanntgemacht, die speziell für die weitverbreiteten schicht- und zeitgebundenen Lagerstätten kennzeichnend sind. Die Gefügeanalyse des Großverbandes von Erzkörpern samt Begleitgesteinen und seines inneren Aufbaues, des Korngefüges, in diesen Teilbereichen stellt die sicherste Vorgangsweise zur Erkundung nicht nur wissenschaftlicher, sondern oft auch wirtschaftlicher Grundlagen über Rohstoffreserven dar.

Unter Nutzung der Erkenntnisse über Erzanlageungsgefüge in sedimentären Entwicklungsstadien einschließlich ihrer syndiagenetischen Veränderungen wurden nach und nach Merkmale für die genetische Erklärung im schwach bis stark metamorphen Bereich erarbeitet. Folgende Befunde sind z. T. schon für sich, vor allem aber in gemeinsamer Betrachtung zur genetischen Identifizierung synsedimentär angelegter, metamorphosierter Lagerstätten in Betracht zu ziehen.

Im Großbereich:

1. Stoffkonkordante Abfolge mit schichtigem, noch besser feinschichtig alternierendem Lagenbau von Erz- und Lagerartparagenese.
2. Leitschichten im Nahbereich der Erzlager, wie Metavulkanite, Metatuffite, in Form von z. B. Rutil-reichen Chloritschiefern oder Chloritquarziten, von Amphiboliten, Graphitphylliten, u. ä.
3. Symmetrologische Übereinstimmung der Makrogefügetypen mit homoachser tektonischer Verformung von Gesteins- samt Lagerstättenkörper, allerdings mit den Auswirkungen von Festigkeitsanisotropien zwischen Erzkörpern und Nebengestein.

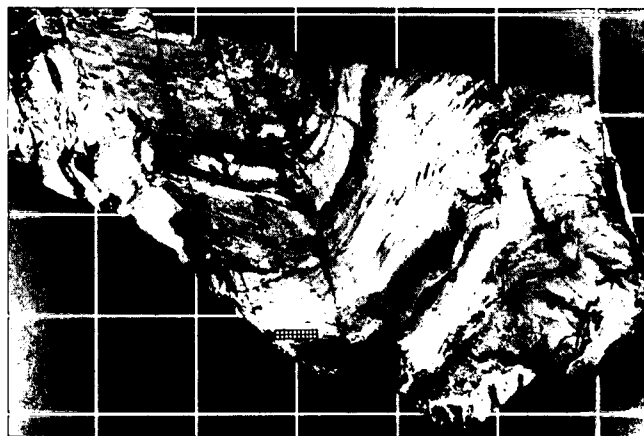


Abb. 3: Postkristallin verformter Rutil-reicher Chlorit-Quarz-Ankerit-Siderit-Phyllonit von Gebra (Kitzbühler Alpen) mit einigen s-diskordanten syn- bis postdeformativen Fugenkristallinsaten (Siderit, Ankerit, Quarz). Siderit dunkelgrau-grauschwarz, Chloritphyllit hellgrau, rutilreiche Lagen weißgrau. Großanschliff. Maßstab: mm-Papier.

Im Kleinbereich:

4. Von der Metamorphose nicht zur Gänze verwischte Relikte, typisch sedimentäre Anlagerungsgefüge, allerdings unter kritischer Bedachtnahme auf mögliche metasomatische Stoffaustauschprozesse und Abbildungskristallisation.
5. Symmetriekonstante Prägung von homotropen Mineralteilgefügen in Erz und Begleitgestein infolge gemeinsamer Deformation, mit selektiven Auswirkungen durch Differenzen in der Teilbeweglichkeit.
6. Homotaktische Tektonitregelung im Korngefüge des Erzes und des Nebengesteins infolge nachkristalliner Deformation.
7. Nachweis einer möglichst lückenlosen Reihe von zeitlich relativ unterscheidbaren Mineralgenerationen mit Verdrängung jeweils älterer, feinschichtiger Lagerbaue, bzw. Platznahme jüngerer Kristallite in Form wandständiger Auskleidung von Zerrfugen, welche die ältere Generation der Schichterze schneiden.

Nach der stofflichen Zusammensetzung des Erzes ist die Einteilung nach Erzparagenesen sinnvoll: zunächst eine hydrothermal-sedimentäre Siderit-(Pyrit-) Formation und eine hydrothermal-sedimentäre Kies-Cu-Formation. Typische Leitschichten für die Erzlager sind Ti-reiche (Rutil) Chloritphyllite als Zwischenlagen in den Begleitgesteinen wie Sericitphyllit, Ankeritphyllit, Quarzphyllit, Sericitquarzit, Chloritquarzit, alle mit phyllonitischem Gepräge.

Nach unserer Beurteilung sind die überwiegenden Lagerstätten der Nördlichen Grauwackenzone, der Innsbrucker Quarzphyllitzone, der Unteren Schieferhülle und der Thurntaler Quarzphyllitzone altpaläozoischer Entstehung.

4.2. Hydrothermal-sedimentäre Siderit-(Pyrit-)Formation

4.2.1. Nördliche Grauwackenzone (Oberostalpin)

Sideritlagerstätten Göbra-Lannern, Foidling-Hochalpe (S Fieberbrunn) nach SCHULZ (1971a); wahrscheinliche Zugehörigkeit von Kleinvorkommen im Pinzgau, Pongau, in den Eisenerzer Alpen, Rax- und Veitschalpe (GRÄF & HADITSCH, 1984). Magnetit- (z. T. hämatitisiert) Pyrit-Vorkommen am Fügenberg, Zillertal (PIRKL, 1961, VOHRZYKA, 1968).

4.2.2. Innsbrucker Quarzphyllitzone (Unterostalpin)

Kleinboden-Uderns, Zillertal (WENGER, 1974); Lamark und Pfunds in Hochfügen (WENGER, 1973, 1978); Eisenkar-Mölstal (SCHULZ, 1977a) – Naviser Sonnenspitze – Steinkasernalm (hinteres Voldertal), Arzthal bis Ellbögen (Wipptal).

4.2.3. Ähnliche Vorkommen

In der Landecker Quarzphyllitzone gibt es am Imsterberg zwei schon bei SRBIK (1929) bzw. VOHRZYKA (1968) genannte Vorkommen Spadegg und Venetalpe. Auf Grund der beschriebenen Lagerposition könnte möglicherweise auf schichtigen Ursprung geschlossen werden, doch erlauben die weitgehend limonitisierten

Sideriterze der Restbestände keine sichere genetische Beurteilung.

Die Lagerstättenkarten von FRIEDRICH (1953) und der Geologischen Bundesanstalt (LECHNER et al., 1964) weisen im Streifen des Quarzphyllits im Gailtal und im Altpaläozoikum der Karnischen Alpen mehrere Eisen-spatvorkommen aus, die auf ihre eventuelle Zuordenbarkeit zu den hier besprochenen Typen zu überprüfen wären.

Die Erzparagenese umfaßt in den Fällen 4.2.1. und 4.2.2. meist „Siderit“ in Form von Sideroplesit, Pisto-mesit, begleitet von Ankerit, Dolomit, Calcit, Quarz. Im Falle stärkeren Pyritgehaltes gesellt sich auch Kupferkies dazu, wodurch sich Übergänge zeigen zur Paragenese:

4.3. Hydrothermal-sedimentäre Kupfer- und Kies-Formation

Dieses Erz ist besonders Kupferkies-träger, zum Teil ist Sb-Fahlerz auch stärker beteiligt, Pyrit ist der typische Durchläufer, mitunter treten Ni-Co-Arsenide mit in Erscheinung. Begleitminerale sind Karbonate, Eisenkarbonate, Quarz.

4.3.1. Nördliche Grauwackenzone (Oberostalpin)

Das Kitzbüheler Kupferrevier mit den Lagerstätten Rerobichl (Oberndorf) – Fuggerbau (Astberg); Schattberg (S Kitzbühel) – Sinnwell – Ehrenlehren (SE Kirchberg) – Greinthal (Krinertal) – Götschen (Zöpfl S



Abb. 4: Postkristallin verformter Kupferkies-Pyrit-Quarz-Phyllonit im Mitterberger Süd-Revier bei Mühlbach. Der „Brandergang“ als Erzlager. Phyllit (grau bis dunkelgrau), Quarz (Q, weiß), Kupferkies-Pyrit-Erz (E, grauweiß).



Abb. 5: Der „Mitterberger Hauptgang“ als Lagergang in der stofflichen Abfolge mit Phyllonit. Phyllit (P, grau bis dunkelgrau, hauptsächlich untere Bildhälfte), Quarz (Q, weiß), Erzlagen (E, lichtgrau, obere Bildhälfte). Gemeinsame Verformung von Nebengestein und Erz. Lagerstätte Mitterberg bei Mühlbach, 7./8. Sohle.

Brixen i. T.); Foisenkar (Spertental); Wurzalm (Sauker); Grünthal (Wieseneggbach) – Kupferplatte (Jochberg) – Luegg (Sintersbachtal) – Schöntagweid und Pernstein; Kelchalpe – Bachalpe – Wildalpe (Auracher Graben) (SCHULZ, 1972ab, ILKHANI, 1971).

Der Lagerstättenbezirk Bischofshofen mit den zwei Erzlagern am Buchberg (SE Bischofshofen), den drei Erzlagern von Mühlbach im Schleichkogel – Palfnerkogel zwischen Mühlbachtal und Salzachtal (das sog. Mitterberger Südevier).

Zum genetischen Problem des sogenannten „Mitterberger Hauptganges“ brachten zuletzt vor allem WEBER, PAUSWEG & MEDWENITSCH (1972) und CLASEN (1974) wesentliche Befunde und somit Licht in die Diskussion. Frühere Aussagen waren wohl infolge der sehr starken Überprägung der Schichtung durch eine transversale Schieferung fehlgeleitet worden. Die von den genannten Autoren angebotene Deutung des Hauptganges als Erzlager innerhalb eines Isoklinalfaltenbaues der ordovizischen und silurischen Phyllite (Quarz-Albit-Muskovit-Chlorit-Subfazies), die CLASEN auch mit einem glaubhaften Befund stützt, können wir noch ergänzen. Während CLASEN den Erzgang als Lager in schichtiger Begleitung eines Quarzites sieht, haben wir als unmittelbares Begleitgestein das im Kitzbüheler Kupferrevier bekannte Leitgestein „Falbenschiefer“ (nach SCHULZ [1971a, 1972b] als Rutil-haltiger Chlorit-Sericit-Phyllit und Metatuffit identifiziert) gefunden. Auch die Beobachtung des „Mitterberger Hauptganges“ auf tieferen (7., 8.) Sohlen des Bergbaues spricht eher für einen stofflichen Lagenbau mit Erzlagern und nicht für einen diskordanten Gangverlauf. Über die kretazische Erzmobilisation und somit alpidische Vererzung eines ca. 300 m tiefen transversalen Erzganges im höheren stratigraphischen Niveau der diskordant auflagernden Oberkarbon- und Unterperm-Gesteine wird an späterer Stelle berichtet.

Zur Kupfer- und Kiesformation können weiters folgende Lagerstätten und Vorkommen in der Grauwackenzone gezählt werden: Brandegg-Alm und Lueg SE Leierögg, beide Inneralpbach, Schwarzleo – Nöckelberg (eine Paragenese mit Ni-Co-Mineralen); Walchen bei Öblarn (UNGER, 1971, 1972), Kalwang im Liesingtal (SCHÄFFER & TARKIAN, 1984); Schwarzenbach bei Dienten (W Mühlbach); Gries im Grieslehengraben (ESE

Leogang), Weikersbach (SW Saalfelden); Viehofen und Wirtsalm im Glemmtal; Limberg – Lienberg (SW Zell a. S.), Fürther Graben (SW Zell a. S.); Klucken im Piesendorfer Graben (WSW Zell a. S.); Walcher Graben (N Walchen); Puderlehen-Alpe (N Uttendorf, Oberpinzgau); Grub (Stuhlfelder Graben) – Stimmel (NE Mittersill); Rettenbach (W Mittersill) (UNGER & FRIEDRICH, 1970).

4.3.2. Innsbrucker Quarzphyllitzone (Unterostalpin)

Mehrere polymetallische Kiesvorkommen sind auf ihre Zugehörigkeit zu dieser Gruppe überprüft, z. B. im Wattental beim Gasthaus Sag (WENGER, 1977a, nach HADITSCH & MOSTLER [1982] Untersilur), Volderwildbad-NNW (am Westhang des Voldertales), (WENGER, 1977a; nach HADITSCH & MOSTLER [1982] im mittleren Silur gelegen). Krantalm-SE (= früher Urschlauualpe, Kelchsau) (WENGER, 1977b). Auch das Kupferkies-Fahlerz-Pyrit-Vorkommen „Knappenkuchl“ im Navistal ist hier einzureihen.

4.3.3. Silvretta-Einheit (Mittelostalpin)

Der Reihung kommt infolge noch fehlender stratigraphischer Einordnung nur hypothetischer Charakter zu: Kristberg-Sattel (SW oberhalb Dalaas) – Bartholomäberg (NW Schruns, Silbertal) – Rellstal.

4.3.4. Thurntaler Phyllitzone (Mittelostalpin)

Unsere Forschungsergebnisse im Südabschnitt der Deferegger Alpen gehen im wesentlichen auf NEINAVAI (1979), GHASSEMI (1980) und FUCHS (1980, 1981, 1982) zurück und sind zusammengefaßt von NEINAVAI, GHASSEMI & FUCHS (1983). Von E nach W gereiht handelt es sich um folgende Lokalitäten früherer Bergbautätigkeit: Burg-Vergein im Burgertal (NW Mittewald, Pustertal); Anras NE Abfalterbach (Pustertal). Tessenberg – Thurnbach und die benachbarte Lagerstätte Panzen-dorf – Rain am E-Hang des Villgratentales sind am bekanntesten. Wie bei allen anderen Lokalitäten handelt es sich auch hier um ausgesprochen stoffparallele Erzlager mit Mächtigkeiten von Dezimeterbereichen bis meist 2 m, maximal 3,5 m. Die Erzführung besteht aus vorwiegend Pyrit, daneben Magnetkies, Kupferkies, Kupferglanz, Bournonit, Boulangerit, Bleiglanz, Zinkblende, und untergeordnet Arsenkies, Ilmenit, Magnetit, Rutil, begleitet von Quarz. Nach TORNQUIST (1935, zitiert bei NEINAVAI et al., 1983) sollen auch Tetraedrit, Berthierit, Jamesonit und Gudmundit mikroskopisch festgestellt worden sein. Als charakteristisches Erzträgergestein liegt Chloritphyllit innerhalb der Quarzphyllitserie vor; die ganze Serie samt Erzlagern ist postkristallin verformt.

Demnach kann kein Zweifel bestehen, daß es sich bei diesem Lagerstättentyp ebenso wie bei den Nachbarvorkommen, wie schon HÖLL & MAUCHER (1976) feststellen und dann NEINAVAI et al. (1983) bestätigen, nur um den sedimentär entstandenen Lagerstättentyp mit hydrothermal zugeführten Metallen handeln. Weitere Vorkommen sind Unterwalden-Tiefenbach (Villgratental); Sillianberger Alpe (Hochrast) an der Grenze zu Südtirol, N-Abhang des Thurntaler (NEINAVAI et al., 1983).

4.3.5. Glimmerschiefer-Paragneisserie des Defereggengebirges (Mittelostalpin)

In diesem, mit Wahrscheinlichkeit dem Altpaläozoikum zurechenbaren polymetamorphen Kristallinkomplex (kaledonische, variszische, alpidische Metamorphose nachgewiesen) sind einige Kiesvorkommen seit altersher bekannt. Für eine wissenschaftliche Untersuchung dieser schon in Vergessenheit geratenen Vorkommen sorgten GHASSEMI (1980), FUCHS (1980, 1981, 1982). Zusammenfassend berichten NEINAVAIIE et al. (1983) darüber.

Schloß Bruck bzw. Schloßberg (W Lienz): Magnetkies, z. T. umgewandelt in Pyrit und Markasit; dazu Kupferkies, auch Hochtemperatur-Kupferkies mit Pentlanditmischungen, Zinkblende, Bleiglanz. Erzanalysen ergaben auch 2,4 ppm Au und 3 ppm Ag. Im Rahmen einer Prospektion der VOEST-ALPINE (Leitung Berginsp. Dr. F. Thalmann) wurde hier im weiteren Umkreis mehrfach Scheelit entdeckt. FUCHS (1980, 1982) wies den Scheelit nicht nur im Magnetkieslager, sondern auch abseits davon im Nebengestein nach, wobei es sich hauptsächlich um Glimmerquarzit, z. T. von Marmorlagen begleitet, handelt. Sogar im feinen Fugennetz eines nahegelegenen tertiären Tonalitporphyritkörpers konnte Scheelit nachgewiesen werden.

Nach FUCHS zeigt der Hochtemperatur-Kupferkies eine derart hohe Bildungstemperatur an, wie sie in diesem Gebiet während der variszischen und alpidischen Metamorphose nach den petrologischen Kenntnissen nicht mehr erreicht wurde, so daß er auf eine vormetamorphe, mit dem Gestein schon ursächlich verbundene Metallanreicherung schließt. Eine tertiäre, von der Porphyritintrusion verursachte Metallanreicherung wird ausgeschlossen, doch spricht der Befund für unbedeutende lokale Migration der Metalle nach Mobilisation.

Versuchsabbaue gab es im Wolfsbachgraben: Pölland und im Blößengraben; Laisach im Drautal (Arsenikies in Glimmerschiefer); Taxer (W Lienz) und Schönbichl-Hochstein (W Lienz), beide mit Kupferkies und Pyrit; Thurn (= Thaler, NE Oberlienz): Magnetkies, Arsenikies, Spuren von Kupferkies.

Ainet und Tratte im Iseltal, hier nach GHASSEMI (1980) ein bis 0,3 m mächtiges Lager mit Magnetkies, Kupferkies, Pyrit, Ilmenit, Spuren Scheelit. Ein tertiärer Porphyritgang durchschlägt das Erzlager. Nur im Kontaktbereich mit dem Lagererz zeigt der Porphyrit Erzspuren.

Göriach-Schlaiten im Iseltal: zwei 0,4–0,5 m mächtige Erzlager mit Magnetkies (Ag-Gehalte um 30 ppm), Kupferkies, Hochtemperatur-Kupferkies, Zinkblende, Bleiglanz, Pyrit, Arsenikies, Spuren Scheelit. Nach GHASSEMI (1980) und NEINAVAIIE et al. (1983) liegen die Verhältnisse ähnlich wie bei Tratte: die metamorphen Kieserzlager werden durch eine tertiäre Porphyritintrusion kontaktmetamorph gestört und lokal mobilisiert.

Michlbachtal (SW St. Johann im Walde, Iseltal): Arsenikieslager mit etwas Bleiglanz (bis 24 ppm Ag), Zinkblende, Kupferkies, Pyrit; nach alten Angaben (SRBIK, 1929) auch beträchtlicher Au-Gehalt. Staniska (äußeres Kalsertal): Kupferkies, daneben Magnetkies, Bleiglanz, Zinkblende und Markasit. Waldhof im Defereggental: Magnetkies, mit Pyrit, Markasit, Spuren von Bleiglanz, Kupferkies, Ilmenit, Rutil, von GHASSEMI (1980) entdeckt. Grünalm (SE Hopfgarten, Defereggental): Arsenikies, Magnetkies, Kupferkies, Zinkblende, Bleiglanz.

Eine Erzanalyse ergab 0,6 ppm Au, 30 ppm Ag. Hopfgarten (Defereggental): Magentkies, Kupferkies, Arsenikies, Zinkblende, Bleiglanz, Ilmenit, mit Quarz, Calcit, Feldspat.

Gsaritzenalm (Defereggental): Nach FUCHS (1981) besteht das polymetallische Erz aus Magnetkies, Kupferkies, Pyrit, Bleiglanz, Zinkblende, untergeordnet Arsenikies, Pentlandit und bezeichnenderweise auch Scheelit. Die Anreicherung ist nur in Quarziten bemerkenswert, welche in einer Serie von Glimmerschiefern, Gneisen, Marmorlagen liegen und durch einen spätalpidisch intrudierten Pegmatitstock bereichert ist. Bezugnehmend auf die in neuerer Zeit gewonnenen Erkenntnisse über die hiesigen Metamorphosebedingungen (PURTSCHELLER & SASSI, 1975) schließt FUCHS (1981) auf eine bereits syndementäre Metallansammlung und auf Kristallisation des Primärerzes während der kaledonischen Metamorphose, weil die nachgewiesenen Hochtemperaturbildungen von Erzmineralen in diesem Raum weder variszisch noch alpidisch entstanden sein können. Es wird auf den lehrreichen Befund hingewiesen, daß nämlich hier infolge der Aufheizung eines schon existenten, nachkristallin deformierten Erzbestandes bei der Intrusion eines Pegmatitkörpers eine lokale Mobilisation ausgelöst wurde. Dadurch erst wurde das eher spärliche, aber flächig anhaltende Schicht Erz lokal konzentriert, und zwar einerseits im Erzträgergestein, andererseits aber auch in dem reaktionsbereiten Marmor, der am Kontakt metasomatisch vererzt erscheint, abseits davon aber sehr arm an Erzmineralen ist.

Tögisch und Blindnis (N St. Jakob im Defereggental): Im Streichen 1,5 km verfolgbares Kupfer-Kieslager (GHASSEMI, 1980), NEINAVAIIE et al. (1983): hauptsächlich Kupferkies (mit Einschlüssen von Cubanit, Magnetkies, Vallerit) und Arsenikies, mit Quarz; untergeordnet Pyrit, Ilmenit, Rutil, Hämatit. Die Anreicherung besteht in einer 1–4 m starken Erzbank, in welcher die Erzminerale Einzellagen bis zu nur 3 cm Dicke bilden. Die begleitenden Glimmerschiefer und Granatglimmerschiefer werden von TROLL et al. (1976) für kambri-schen bis ordovizischen Ursprungs gehalten. Die Erz-lager von Blindnis und Tögisch gehören mit zu den aussagekräftigsten Kies-Kupfervorkommen wahrscheinlich altpaläozoischer Anlage innerhalb der Metamorphite des Defereggengebirges.

Schober (Lasörling-Gruppe S Prägraten): Nach NEINAVAIIE (1979) Magnetkies, Kupferkies und Pyrit.

4.3.6. Altkristallin der Schladminger Tauern (Mittelostalpin)

O. M. FRIEDRICH (1933, 1967, 1969, 1975a,b) unterscheidet in den Schladminger Tauern verschiedene Erzvorkommen nach Paragenese und Form. Die meisten liegen flächig im vormetamorphen Schichtverband und sind nach heutigen Vorstellungen primär als marine Metallkonzentrationen zu bezeichnen: Pb-(Ag)-Zn-Cu-Lager (mit Bleiglanz, Zinkblende, Kupferkies, Fahlerz), linsenförmige Kiesanreicherungen (Pyrit, Magnetkies) und feinstratiforme Pyritlagen („Branden“) mit km-weiter Verbreitung in mehreren lithologischen Horizonten des mittelostalpinen Altkristallins mit migmatitischen Paragneisen und Hornblendegneisen; und schließlich die interessante Cu-Ni-Co-Bi-(±Ag)-Paragenese. FRIEDRICH (1975b) glaubt eine Gebundenheit der Vererzung an Zerrüttungszonen im Bereich der Überschiebungs-

bahn (mittelostalpines Altkristallin über unterostalpines Phyllite und Karbonate mesozoischer Entwicklung) erkennen zu können. Aber mit diesem Lagerstättentyp befaßte sich FUCHS (1987a) und kommt bei der Beurteilung der Genese auch zu Befunden, die eine Reihung der diskordanten Cu-Ni-Co-Gänge im alpidischen Zyklus wahrscheinlich machen.

4.3.7. Untere Schieferhülle (Penninikum)

Im Zuge einer gefügekundlichen Neubearbeitung durch NEINAVAI (1979) wurden einige Kieslager als ursprünglich schichtig-sedimentär angereicherte, regionalmetamorph überprägte und z. T. wieder mobilisierte Erze bestätigt: Kapunitz im Dorfertal: Pyritfeinlagen in 2 m mächtigem Erzlager innerhalb quarzitischer Schiefergneise. Dorfertal – Maurertal, bei SCHULZ & BRIGO (1977): „Essener-Rostocker Hütte (Maurertal)“: hauptsächlich Magnetkies, Quarz, daneben Pyrit, Kupferkies, Spuren Zinkblende, in quarzitischem Glimmerschiefer.

4.3.8. Altkristallin am Alpenostrand (Mittelostalpin)

Die Innsbrucker Forschergruppe war in diesem Bereich nirgends tätig. Jedoch verdienen die bahnbrechenden Forschungsergebnisse von TUFAR seit den Sechzigerjahren, hervorgehoben zu werden. TUFAR führte an Hand kleiner Fe- und Cu-Lagerstätten in epibis mesozonal-metamorph, z. T. diaphthoritischen phyllitischen Glimmerschiefern und Gneisen im mittel- und unterostalpinen Altkristallin Gefügestudien bis in den Mikrobereich der Erzparagenesen durch und leistete Pionierarbeit für die Erkenntnis der Entwicklung metamorpher Erzanreicherungen. TUFARs Ergebnisse (1966, 1968, 1969, 1972a, 1979) beweisen die Existenz vormetamorpher, voralpidischer Relikte in den Erzparagenesen, wozu auch der Nachweis des Überdauerns von Fe-Karbonaten in mesozonalen Metamorphiten gehört. Zusammenfassend informierte TUFAR 1974, 1979, 1980 und 1981.

4.3.9. Weitere Vorkommen

Im metamorphen altpaläozoischen Komplex der Kreuzeckgruppe sind laut FRIEDRICH's Lagerstättenkarte (1953) die Kieslagerstätten Stallhofen (SE Obervellach, Mölltal), Grafenberg (bei Außerfragant), Hochgrubenkopf (WSW Außerfragant) und eine als Eisenspatvorkommen deklarierte Lokalität Raggaalm (WSW Polinik) bekannt. Umfangreiche Studien wurden im Rahmen eines Lagerstättenforschungsprojektes der BBU im Auftrag der GBA (Projektleiter Dr. IMMO CERNY) in den Jahren 1978–1982 durchgeführt. Die Vorkommen wurden als sedimentär-metamorph qualifiziert.

Im Rahmen des altpaläozoischen Brixner Quarzphyllits fällt eine Reihe von Kies-Cu-Vorkommen auf. Trotz Fehlens ernsthafter Studien darf der Verdacht auf deren Zugehörigkeit zur ausgedehnten altpaläozoischen Metallogene geäußert werden. Nach SCHULZ & BRIGO (1977) handelt es sich um die Vorkommen: Aufkirchen WNW Toblach, Leithnersäge SW Welsberg, Plansohl NW Lusen, Klerant S Brixen, Alferertal SE Albeins, Mittelberg im Aferertal, Bad Froy ESE Klausen (Villnöbital), Pfeffersberg WSW Brixen, Plattenbach (Durnholzertal).

In der Marteller Quarzphyllitzone dürften, vorläufig hypothetisch, ursächlich im Altpaläozoikum angereicherte und später metamorphosierte Erzlager der Kies-Cu-Formation z. T. mit Goldspuren, z. T. mit Bleiglanz und Zinkblende, immer in bemerkenswerter Begleitung von Grünschiefern, genannt werden (SCHULZ & BRIGO, 1977; BRIGO, 1977): Lyfi-Alm (Martelltal); Zufallhütte (Borromeo); Mutspitze (Martelltal); Madritschjoch; Madritschtal/Pedertal.

Auch in der Vintschgauer Schieferzone sind möglicherweise dem Altpaläozoikum zurechenbar die Kies-Kupfer-Vorkommen von Aschach (SW Meran), St. Pankratz (Ultental), Freiberg (E Latsch) und das Goldvorkommen Taufers im hinteren Münstertal.

4.4. Hydrothermal-sedimentäre Gold-(Silber-)Arsen-Formation

Mehrere der im Rahmen der Kupfer-Kies-Formation angeführten Erzvorkommen sind auch durch Goldspuren ausgezeichnet. Dabei handelt es sich um mikroskopisch diagnostizierbare Au-Flitterchen in Quarz, Pyrit, Arsenkies, Kupferkies, Magnetkies, oder auch um submikroskopische, nur chemisch nachweisbare Spurengehalte. Als Besonderheit haben wir neuerdings eine stärkere Goldansammlung als schon primär in altpaläozoischen Sedimenten identifiziert. Noch bis vor kurzem waren die nachfolgend genannten Lagerstätten als pneumatolytisch-heißhydrothermale Gangbildungen alpidischen, tertiären Alters bezeichnet worden.

4.4.1. Innsbrucker Quarzphyllitzone (Unterostalpin)

Goldlagerstätte Zell am Ziller:

Die früher in den Revieren Hainzenberg (SE Zell), Scheibenwände (Gerlosbachschlucht); Tannenberg (SW-Abhang des Hainzenberges), Alt- und Neurohr etwa von 1630 bis 1870 (BAUER, 1980) getätigten Goldabbau erbrachten ca. 300.000 t Roherz zu ca. 7 g Feingold/t, aber infolge ungenügender technischer Einrichtungen konnte nur etwa der halbe Goldgehalt, nämlich 1,1 t Au und als Nebenprodukt 0,1 t Silber gewonnen werden. Seit 1981 sind, angeregt durch unsere



Abb. 6: Eine der Goldfeinlagen in Feinquarzit im Innsbrucker Quarzphyllit. Ged. Gold (weiß, z. T. in s gelängt) mit etwas Arsenkies und Pyrit (weißgrau), Quarzit (grauschwarz), Ankerit (grau bis dunkelgrau). Polierter Anschliff, Nicols ||. Natürliche Größe des Bildausschnittes: 1,28 x 0,84 mm. Lagerstätte Zell am Ziller.

Neuerkenntnisse über die Lagerstätte, zaghafte Aufschließungsversuche in Gang gekommen. Die Lagerstätte besteht aus Serien von stoffparallelen Gold-Quarzitlagern im Quarzphyllit. Dieser Ausschnitt wird von HADITSCH & MOSTLER (1983) in das Obersilur gestellt. Ehemals tonig-sandige Sedimente liegen heute nach schwacher Metamorphose der Grünschieferfazies mit retrogradem Einfluß als dunkelgraues schiefriges Gestein mit phyllonitischer Durchbewegung im Sinne SANDERS (1948, 1950) vor. Lagenweise fallen Chlorit-, Karbonat- und Graphitgehalte außer den zahlreichen mm- bis cm-dünnen Quarzlinsen auf.

Die dem Gestein eigene, typische phyllonitische Gestaltung ist nach SCHULZ & WENGER (1980) mit allen diskreten Details bis in den Mikrobereich der Erzfeinlagen sichtbar. Die tektonische Verformung von Begleitgestein samt Erzlagern prägte einen S-Tektonit mit steil einfallenden s-Flächen, im Kleinbereich jedoch mit B-achsialen Zügen. Im Revier Hainzenberg sind in einer 130 m mächtigen Phyllitabfolge 10, zwischen 0,10 und 1,80 m starke goldhaltige Quarzitlager bekanntgeworden, von denen eines 840 m im Streichen und auf eine Gesamtteufe von 245 m, bzw. lokal bis 135 m unter die Talsohle früher abgebaut wurde. Dabei erkannte man drei linealförmige, etwa 50 m breite Anreicherungs-zonen mit 20–30° W-Einschieben. Die Erzparagenese weist als Leitmineral Arsenkies auf. Dieser sowie Pyrit, selten auch ged. Gold und Kupferkies, treten auch makroskopisch in einem dichten, bläulichgrauen Feinquarzit in Erscheinung. Mikroskopisch vervollständigen Bleiglanz, Fe-reiche Zinkblende, Tetraedrit, Cubanit, Magnetkies und selten Kobaltglanz, Gersdorffit und Ulmanit das Bild.

Die mechanische Durchbewegung erweist sich als nachkristallin. Sie wird aber auch von einigen Umkristallisationen überdauert, i. a. ohne Verlassen der primären Anlagerungsposition. Auch das in Form feinsten Flitterchen bis zu makroskopisch wahrnehmbaren Körnchen feinzeilig angeordnete Gold wurde zum Teil mobilisiert und ist im Nahbereich der schichtigen Anreicherungen in diskordanten Haarrissen in Form von Goldblech ausgebildet. Aber auch solche Neukristallisate sind noch von einer Zerschering betroffen worden. In den quarzitischen Erzfeinlagen und in Grenzbereichen derselben zu Sericit-Chloritphyllonit fällt ein überdurchschnittlicher Gehalt an Rutil auf. Die Vergesellschaftung der Rutiltäfelchen und -stäbchen besonders mit Chlorithäufungen machen, wie schon in anderen Lagerstätten oft bewiesen, Zersetzungsvorgänge von dunklen Komponenten und Ilmenit wahrscheinlich. Neben separiert liegenden Goldkörnchen ist das Gold vor allem als Einschluß in Arsenkies, weniger in Pyrit enthalten.

Die streng stratiforme prämetamorphe und prädeformative Anreicherung einer komplexen Paragenese mit Fe, As, Cu, Au, Ag, Pb, Zn, Co und Ni, die Gebundenheit an bestimmte Feinquarzitlager und ihre Ausdehnung über Hunderte von Metern sprechen klar für eine sedimentäre Erzanlagerung verursacht durch Zyklen hydrothermalen Metallzufuhr und Ausfällung der Erzminerale in einem reduzierenden marinen Milieu. Unmittelbare Zusammenhänge mit vulkanischen Großereignissen bestehen nicht, aber Chloritphyllitzwischenlagen lassen den Verdacht auf ehemalige basische Metatuffite und somit auf einen entfernten, aber extrusiven Lösungslieferanten aufkommen. Auch Anteile der in den auffallenden Feinquarzitlagern und -linsen konzentrierten Kieselsäure könnten thermalen Ursprungs sein.

Durch unsere wissenschaftlichen Neuerkenntnisse angeregte bergmännische Aufschließungen vorläufig geringen Ausmaßes, wurden zur Hauwerkbepröbung und für chemische Analysen genützt (SCHULZ, 1984b). Deren Ergebnisse erwiesen sich als außerordentlich differierend und daher praktisch noch als ungenügend. Die Suche nach der Ostfortsetzung der Hainzenberger Gold-Quarzitlager in der Gerlosbachschlucht und eine Teufenaufschließung dürften derzeit am erfolgversprechendsten sein.

4.4.2. „Altes Dach“ über Zentralgneis (Penninikum)

Goldlagerstätten vom Typ Schellgaden:

O. M. FRIEDRICH, 1953 noch im Glauben an eine tertiäre alpidische Metallogenese großen Stils, faßte eine Gruppe von 19 alten Bergbauen in einem etwa 28 km langen, N–S ausgedehnten Gebiet am Ostrand der Hafnergruppe und der Reißkogelgruppe als „Lagergänge“ zusammen und sprach von metasomatischer Verdrängung bestimmter Lagen des Silikatgesteins durch pneumatolytische Dämpfe und Lösungen. Aber HÖLL (1975) und HÖLL & MAUCHER (1976) sehen in den lagerförmigen Positionen der Gold-Scheelit-Paragenese mit hauptsächlich Pyrit, Magnetkies, Kupferkies, Bleiglanz, Zinkblende, (Bornit, Fahlerz), zuckerkörnigem Quarz, Ankerit, Siderit, (Turmalin) u. a. sedimentäre, metamorphosierte Anreicherungen im Rahmen einer hydrothermalen Sb-W-Hg-Formation.

Wenngleich wir uns nur vergleichsweise mit den Lagerstätten vom Typ Schellgaden befaßt haben, können wir uns mit der Ansicht von TISCHLER & UCIK (1979) nicht einverstanden erklären, wonach es sich um exhalativ-sedimentäre Metallkonzentrationen im penninischen Ozean der Oberjurazeit handeln soll.

Aber auch wir sehen mit HÖLL & MAUCHER (1976) und TISCHLER & UCIK (1979) in den Lagerbauen verschiedener Größenordnung innerhalb der bis etwa 2 m mächtigen Erzlager ein Gefügerelikt aus einem prämetamorphen Zustand, ja aus einem ursächlichen sedimentären Anreicherungs-milieu. Das Vorhandensein von Grünschieferbänken in der Abfolge deutet zumindest indirekte Zusammenhänge von Hydrothermalen mit vulkanischer Aktivität an. Da fast alle Erzlager in der altpaläozoischen Bändergneis-Migmatit-Serie des „Alten Daches“ liegen, ist meines Erachtens einer altpaläozoischen marinen Entstehung im Sinne von HÖLL & MAUCHER unbedingt der Vorzug zu geben.

4.5. Hydrothermal-sedimentäre Blei-(Silber-)Zink-Formation

4.5.1. Grazer Paläozoikum (Oberostalpin)

Daß Zinkblende- und Bleiglanzphyllonite, wie sie auf alten Halden vor allem im Revier Arzberg-Haufereith (NW Weiz) herumliegen, außer HEGEMANN (1960) nicht schon vor Jahrzehnten Anlaß zu einer zweifel-freien sedimentär-metamorphen Klassifizierung dieser Erze in altpaläozoischen Metamorphiten gaben, muß verwundern. Erst TUFAR (1972b) untermauert diese Ansicht über die im stofflichen Verband ober-silurisch-unterdevonischer Sedimente enthaltenen und mit diesen gemeinsam intensiv verfalteten Erze durch Gefügestudien. Die Vorkommen sind auf rund 23 km streichende

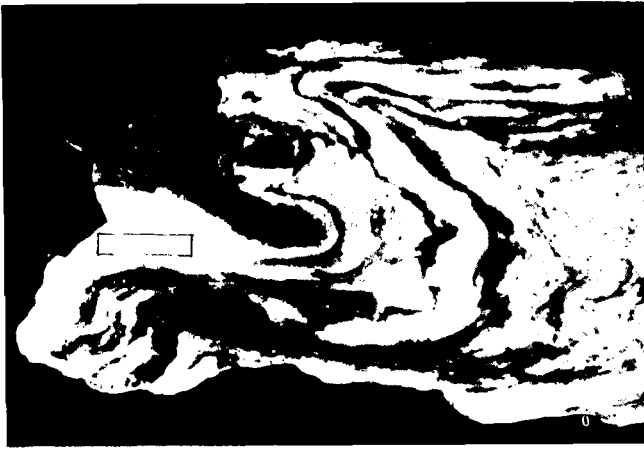


Abb. 7: Zinkblende-Quarz-Phyllonit durch Biegegleitfaltung verformt. Zinkblende (schwarzgrau), Sericitquarzit (lichtgrau), Quarzit (weiß bis grauweiß). Großanschliff. Maßstab: mm-Papier. Lagerstätte Haufenreith im Grazer Paläozoikum.

Länge verteilt. Sie reichen von Arzberg-Haufenreith über Kaltenberg-Burgstall, Rechberg-Schrems, Tachsen-Peggau noch über die Mur nach W in den Arzwaldgraben, nach Guggenbach und Großstübing.

Spätere, auch auf diese sedimentäre Genese abgestimmte Ergebnisse brachten SIEGL (1974), WEBER (1977, 1983), CEIPEK (1975), PAK, SCHROLL & WEBER (1980) und TUFAR (1980) zustande und lieferten die Grundlagen für bergmännische Aufschließungen. Die, übrigens auch wegen des Silbergehaltes interessanten, Erzlager sind an eine tonige Fazies primär gebunden.

Begleitende Grüngesteine und Graphitphyllite machen eine hydrothermale Metallzufuhr und das dadurch vergiftete Ablagerungsmilieu wahrscheinlich.

4.5.2. Polymetamorphe Wölzer Serie des Lungau (Mittelostalpin)

Eine ganz ähnliche Lagerstättensituation liegt im Altkristallin bei Ramingstein vor, wenngleich hier eine höhere Metamorphosestufe (Amphibolitfazies) wirksam war. In mehreren Revieren wurde beidseits der Mur in beiden Flügeln einer Großantiklinale jahrhundertlang Bergbau betrieben. Wirtschaftliches Ziel war der mengenmäßig hervortretende, bemerkenswert feinkörnige Ag-reiche Bleiglanz, der in einer Glimmerschieferserie ausgesprochen horizontgebunden im Verbands von quarzitischem, z. T. graphitreichem Biotit-Muskovit-Granatglimmerschiefer angereichert ist. Amphibolitlagen sind typische Begleiter. Die Ausdehnung der mehrere Meter mächtigen schichtparallelen Erzlinse mit 400–700 m Breite ist vorläufig auf 2,5 km Länge verfolgbar. Das Erz besteht untergeordnet auch aus Fe-reicher Zinkblende, Magnetkies, Pyrit, Hochtemperatur-Kupferkies, Fahlerz, Ilmenit, Rutil, Pyrargyrit und ged. Gold (Elektrum).

Erste eindrucksvolle Korngefügebefunde über die Erze gab TUFAR (1971) bekannt und erklärt sie als syngenetisch-prämetamorph angereichert. Besonders aussagekräftig sind gefaltete Granatfeinlagen mit Bleiglanzeinschlüssen in Quarz. Von typischen Interngefügen s_1 in Granat berichtet BAUER (1981): feine Züge von Bleiglanz, Quarz, Graphit und Ilmenit sind in Almandin als Zeugen eines inhomogenen Vorgängergefüges konserviert. BAUER kommt nach Untersuchungen aller Größenbereiche infolge der nachweisbaren intensiven Gefüge-

beziehungen zwischen Vererzung und Petrogenese zum folgerichtigen Schluß auf eine weitgehend gemeinsame Entwicklung seit einem sedimentären Stadium bis zum heutigen metamorphen Zustand. Somit besteht für die Lagerstättengenese entsprechend der Gesteinsentwicklung eine Zugehörigkeit zum älteren Paläozoikum zur Diskussion.

4.5.3. Ossiacher Tauern (Mittelostalpin)

Der stoffliche Lagenbau im Erz der Lagerstätte Umberg (Wernberg bei Villach), in der Ossiacher Antiklinale, mit der Zusammensetzung Ankerit, Zinkblende, Bleiglanz, Quarz als Lagerart sowie mit etwas Magnetkies, Pyrit, Jamesonit, Valentinit, in graphitreichem Quarz-glimmerschiefer, ist für BAUER (1981) ein Hinweis auf ebenfalls sy sedimentäre Metallanreicherung.

Auch das Erzvorkommen von Moosburg (N Wörthersee), bestehend aus Ankerit, Bleiglanz, Zinkblende, Magnetit, Ilmenit, Magnetkies, Pyrit, Kupferkies, Arsenkies und Freibergit, findet BAUER in derart exakter laminarer Wechsellagerung mit Marmor und Glimmerschiefer, daß als Ursache dieses Lagenbaues nur eine ursprüngliche Metallkonzentration in einem Sediment in Frage kommt, wobei die Metamorphose in dem im großen als S-Tektonit geprägten, aber lokal zu Faltenbündeln gemeinsam verformten Erz und Nebengestein die kennzeichnenden Lageninhomogenitäten trotz lokaler Umkristallisation nicht verwischen konnte.

4.5.4. Gurktaler Decke (Oberostalpin)

Der von FRIEDRICH (1953) markierte alte Bergbau Meiselding (W Krappfeld) wurde von BAUER (1981) auf Haldenmaterial zu Vergleichszwecken abgesucht. Der Autor sowie auch TUFAR (1974) weisen auf den gefalteten feinelaminaren Erzlagenbau in quarzitischem Phyllit hin. Ag-hältiger Bleiglanz, Zinkblende, Magnetkies, Pyrit, Ilmenit, Hochtemperatur-Kupferkies, Fahlerz, Pyrargyrit und ged. Gold bilden eine komplexe Vergesellschaftung in dieser größten, bisher im schwach metamorphen Altpaläozoikum der Gurktaler Decke bekannten Ag-Pb-Zn-Lagerstätte. Analoges gilt für die Erzphyllite von Vellach (S Metnitz). Beide lagerförmigen Erzanreicherungen sind vom Gefüge her mit der Pb-Zn-Erzführung im Grazer Paläozoikum vergleichbar.

4.5.5. Nördliche Grauwackenzone (Oberostalpin)

Bemerkenswert sind in diesem Zusammenhang die Pb-Zn-Cu-Erzlager NE von Thumersbach bei Zell am See mit Ag-hältigem Bleiglanz, Zinkblende, Pyrit, Magnetkies, Kupferkies. Im Jahre 1967 konnten HADITSCH & MOSTLER nach einer ausführlichen Untersuchung der Lagerstätte zu keiner Aussage über die Genese kommen, dachten aber „rein spekulativ“ an ein variszisches Alter (1967, S. 190). Heute kann kein Zweifel an einer ursprünglichen hydrothermal-sedimentären Bindung an die ordovizische „Tonschiefer-Grünschiefer-Serie“ bestehen.

4.5.6. Untere Schieferhülle (Penninikum)

Stoffparallel gelagerte, innerhalb altpaläozoischer Schiefergneise an quarzitisches Glimmerschiefer gebundene Erze mit dominierendem Ag-hältigem Bleiglanz, mit Zinkblende (Marmatit) und etwas Kupferkies gibt es beim Defregger Haus (ca. 7,5 km N Prägraten, Virgental). Das in 2920 m Höhe gelegene Vorkommen am W-Abhang des Mullwitz-Köpfls besteht nach NEINAVAIE (1979) und NEINAVAIE et al. (1983) aus zwei 1–1,5 m mächtigen metamorphen, aber dennoch feinlagig aufgebauten Erzlagern, sodaß auch für diesen Fall auf sedimentären Ursprung der Metallanreicherung zu schließen ist.

4.6. Hydrothermal-sedimentäre W-Sb-Hg-Formation

4.6.1. Innsbrucker Quarzphyllitzone (Unterostalpin)

Vorstellungen über paragenetische Beziehungen dieser Metalle begann MAUCHER seit 1965 zu entwickeln. Für die zum damaligen Zeitpunkt noch nicht vorauszuahnenden späteren wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Erfolge bildete u. a. das von WENGER (aus der Innsbrucker Schule) 1964 bekanntgemachte Ergebnis über die Scheelitlagerstätte Tux (Lanersbach, Zillertal), wie MAUCHER (1977) bestätigt, eine wesentliche Grundlage. WENGER's Gefügestudien (1965) erbrachten auf Grund der erkannten postkristallinen Erzdeformation mit Tektonitregelung im Scheelitkorngefüge die Erkenntnis der vormetamorphen Anlage der Wolframreicherung und ließen den Verdacht auf eine schon synsedimentäre Metallansammlung aufkommen. Zur Suche nach Fortsetzungen der Tuxer Lagerstätte nach W zu veranlaßte die VOEST-ALPINE AG neuerdings unter Dr. F. Thalmann in den Jahren 1981/82 Nachtprospektionen auf Scheelit und hatte Erfolg. NEINAVAIE & PFEFFER (1981a,b) und NEINAVAIE et al. (1985) melden die Entdeckung eines Scheelitreicherzlagerns in einer Fe-reichen Dolomitmarmorbank SE der Klammalm im Navistal sowie eines anderen Scheelithorizontes ähnlicher Position im Mühlbachtal (Oberpinzgau). Wesentlich waren früher auch die Erkenntnisse der Münchner Lagerstättenschule MAUCHER über die Antimonitvorkommen in der Kreuzeckgruppe. Der ausschlaggebende Wurf aber gelang diesen Forschern nach der Feststellung, daß die Scheelit- und auch Magnesitlager von Tux sedimentäre, an einen basischen Vulkanismus an der Wende Silur/Devon schicht- und zeitgebundene Lagerstätten darstellen (HÖLL & MAUCHER, 1967).

4.6.2. Untere Schieferhülle (Penninikum)

Ausgehend von dieser neuen Auffassung und einer darauf aufgebauten genetischen Hypothese wurde eine großzügige Prospektionskampagne in zeitlich entsprechenden Gesteinsarealen angesetzt und der Erfolg war großartig: noch 1967 die Entdeckung der Lagerstätte Felbertal in der Habachserie im Pinzgau. Nach erfolgreichen Aufschließungen steht diese in Europa größte W-Anreicherung seit 1977 im Abbau. Die maßgeblichen Studien für den begonnenen Bergbau und für

weitere lagerstättenwissenschaftliche Unternehmungen lieferten HÖLL (1971, 1975), MAUCHER & WESTENBERGER (1972), MAUCHER (1977).

Unter zahlreichen, ähnlich gearteten Scheelitvorkommen waren vor allem Kleinarl als schicht- und zeitgebunden hervorgehoben worden. Aber noch eine große Anzahl von kleineren Vorkommen bestätigt die Hypothese exhalativ-synsedimentärer Entstehung im Altpaläozoikum in ursächlichem Zusammenhang mit gewaltigen submarinen Vulkanereignissen (zusammenfassend HÖLL & MAUCHER, 1976).

Auch im Rahmen unserer Forschungen in Osttirol konnten Beiträge durch NEINAVAIE (1979), NEINAVAIE et al. (1983) erbracht werden. Untersucht wurde vor allem das vom Kufsteiner Kaufmann Hans Lechner 1965 entdeckte Scheelitlager an der Meßlingscharte in 2530 m Höhe (3 km NE des Matreier Tauernhauses). Die Quarz-Scheelit-führenden Erzbänder mit 0,1–0,3 m Mächtigkeit verlaufen im Verbands von Hornblendeprasinits, als ehemaliges basisches Effusivgestein, und sind im Streichen 5 km weit verfolgbar. Erzbegleiter sind Molybdänit-Tungstenit-Mischphasen, Pyrit, Kupferkies, Magnetkies, Hämatit und Magnetit.

Kristallisationen und Deformationen im Erz erweisen sich nach NEINAVAIE identisch mit den von HÖLL (1975) bekanntgemachten Gefügen, so daß hinsichtlich der sedimentären Anreicherung des Wolframerzes und der Veränderungen durch die variszische und alpidische Metamorphose die Befunde der Münchner Forscher voll bestätigt werden können. Das Vorkommen Meßlingscharte wurde durch einige Tiefbohrungen (im Auftrag der Fa. Otto Gold, Köln) näher auf eine Wirtschaftlichkeit geprüft. Die Ergebnisse blieben aber hinter den Erwartungen zurück.

Von NEINAVAIE (1979) wurden im Großraum Matreier Tauernhaus auch ein Scheelitvorkommen am Meßlingbach in 1920 m ü. d. M. und spurenhafte Erzführung östlich der Schildalm untersucht.

Ein weiteres, kleines Scheelitvorkommen ohne wirtschaftliche Bedeutung beschreibt NEINAVAIE vom Laperwitzbach im Kalser Dorftal (10 km N Kals) in 2100 m Höhe. Hier handelt es sich aber um einen anderen, nämlich s-diskordanten Vererzungstyp. Ein Chloritprasinitzug wird von steil stehenden diskordanten Gängen mit bis 0,4 m Breite gequert. Die Gänge wurden auf 300 m Länge verfolgt. Scheelit ist in Form von max. 1 mm großen Körnern in einer Quarz-Calcit-Plagioklas-Gangmasse enthalten. NEINAVAIE erklärt diese nicht stratiformen Anreicherungen durch Mobilisierung aus einer vermuteten schwachen Voranreicherung im unterlagernden Amphibolitzug, der mit jenem auf der Meßlingscharte vergleichbar ist. Diese Annahme ist aber wegen ungenügender Aufschlüsse nicht überprüfbar. Umlagerungen von Scheelit zu jüngeren Kristallisationsphasen hatten schon WENGER (1964) und HÖLL (1975) im Rahmen der Tauernkristallisation beschrieben.

Über die jüngsten Aktivitäten der W-Prospektion berichten NEINAVAIE et al. (1985).

4.6.3. Thurntaler Phyllitzone (Mittelostalpin)

In diesem schwach metamorphen Altpaläozoikum hatte schon HÖLL (1971, 1975) ebenfalls an Metabasit-zuge gebundene Scheelitfunde bekanntgemacht. Hervorzuheben ist die Lokalität Tafinalm 1,5 km S Inn-

vervillgraten, östlich vom Tafinbach, mit der Vergesellschaftung Scheelit, Arsenkies in karbonatführenden Epidot-Chlorit-Hornblende-Prasiniten (NEINAVAIÉ et al., 1983). Dieses Vorkommen wurde 1978–1979 von der Metallgesellschaft AG Frankfurt a. M. durch Schurfstollen aufgeschlossen und untersucht.

Ein weiteres, durch Bohrungen auf die Wirtschaftlichkeit überprüfetes Scheelitvorkommen liegt im Kammbereich Markinkele – Gumriaul in über 2500 m Höhe an der Grenze Osttirol/Südtirol. Nach NEINAVAIÉ et al. (1983) ist ein schieferungsparalleler Feinlagenbau mit Scheelit, Quarz und Karbonat entwickelt, in welchem alpidische Sammelkristallisationen nur geringe metamorphe Stoffverschiebungen in der ursprünglich submarinen Erzanlagerung andeuten.

Altersmäßige und genetische Zusammenhänge zwischen der W-As-Erzführung und der Kiesparagenese in der Thurntaler Quarzphyllitserie sind auffällig (NEINAVAIÉ et al., 1983, vgl. SCHULZ & BRIGO, 1977; FUCHS, 1980, 1981, 1982).

Die relativ vielen Einzelfundpunkte von Scheelit in Osttirol gaben Anlaß zu einer großangelegten Prospektion durch die VOEST-ALPINE AG unter der Leitung von Berginspektor Dr. F. Thalmann.

4.6.4. Kristallin der Goldeckgruppe (Oberostalpin)

Zinnoberlagerstätte Stockenboi:

Anläßlich der Wiedergewältigung des alten Quecksilberbergbaues Stockenboi im Buchholzgraben in der Wiederschwing bei Zlan im Drautal im Jahre 1967 war eine lagerstättenkundliche Neubearbeitung möglich. Dabei zeigte sich damals überraschenderweise, daß völlig konträr zur früheren Auffassung eine geradezu präzise stratiforme Zinnoberanreicherung in einer steilachsigt verfallenen, schwach metamorphen Abfolge des Altpaläozoikums vorliegt. Diese Lagerstätte lieferte einst eine Fülle von Gefügemerkmalen vom mikroskopischen Verteilungsbereich bis zum Lagerstättenaufschluß unter und über Tage (SCHULZ, 1968b, 1969), wie sie damals gerade zur Bestätigung der von MAUCHER postulierten schicht- und zeitgebundenen W-Sb-Hg-Formation gesucht wurden. Die mit dem Nebengestein gemeinsame, bis in Kleinstbereiche identifizierbare und je nach Teilbeweglichkeit der Gefügepartner im empfindlichen Erz selektiv zur Auswirkung gekommene Deformation, die auffällige Gebundenheit des Erzes an eine Sericit-Quarzschieferbank, insbesondere an einen smaragdgrünen, glasig aussehenden Chloritquarzit mit auffälligem Rutilpigment, dessen feinstkörniges, z. T. schichtig-krustiges Gefüge an ein weiterentwickeltes SiO₂-Gelstadium erinnert, das alles waren schon damals die aussagekräftigen Merkmale, welche die vor-metamorphe sedimentär angereicherte Lagerstätte dokumentieren. Die Paragenese Quarz – Zinnober – (ged. Quecksilber) – Pyrit – Spuren von Kupferkies – Magnetkies – Lepidokrokit – Baryt wird auf telethermale Lösungszufuhr in den Meeresraum zurückgeführt. Zeugen submarin-vulkanischer Ereignisse in der Phyllo-nitserie wurden vor allem von LAHUSEN (1969, 1972) nachgewiesen. Die Studie über das Zinnobererz von Stockenboi brachte auch ausgezeichnete Befunde über bankungsgebundene Lösungumlagerungen des Erzes mit chemischer Internanlagerung in „bankrechten“ Zerrfugen, die sich an den Schnittflächen mit dem Erzlager als zweifellos jünger und sekundär mineralisiert erwei-

sen. Alle diese, am Beispiel Stockenboi erarbeiteten Erkenntnisse brachten wesentliche Grundlagen für die Identifizierung sedimentär-metamorpher Erzlagerstätten. Nach LAHUSEN (1969) ist auch die Zinnoberlagerstätte Glatschach bei Dellach im Drautal genetisch ganz ähnlich zu beurteilen.

4.6.5. Kristallin der Kreuzeckgruppe (Oberostalpin)

Antimonitlagerstätten:

Eine, für die Beurteilung der, wie sich in der Folgezeit erwies, sehr zahlreichen schichtigen Metallanreicherungen in metamorphen Gesteinen des Alpenraumes beispielhafte wissenschaftliche Arbeit veröffentlichte LAHUSEN (1969, 1972), über eine Reihe von Antimonit-Scheelit-Vorkommen und Zinnoberanreicherungen in der südlichen Kreuzeckgruppe und im Goldeckgebiet. Es sei davon in Erinnerung gebracht, daß nördlich der Drau eine stoffparallel angeordnete Serie von Antimonitvorkommen innerhalb einer Phyllit-Glimmerschiefer-Abfolge, und im unmittelbaren Verband mit Grünschiefern (Metadiabas) und Graphitphylliten als Erzlager (mit Antimonit, Scheelit, Pyrit, Arsenkies) existiert. Das Erz ist primär schichtgebunden in altpaläozoischen Sedimenten enthalten und steht genetisch in Zusammenhang mit dem basischen Vulkanismus dieser Zeit. Eine graphitische Sonderfazies findet LAHUSEN als auffällig. Hauptdeformation und Metamorphose werden als variszisch erkannt. Die Lokalitäten sind: Lagerstätte Rabant, Lessnig, Pirkeben, Tränkengraben, Lagerstätte Radlberg; Guginock bei Lind (östliches Drautal). Obertillial (Lesachtal) und Oberberg (S Abfalterzbach), hier neben Antimonit auch Bleiglanz, Fahlerz, Pyrit, Kupferkies.

4.7. Das Problem um den alpinen Spatmagnetit

Mit der Wende Silur/Devon sind meines Erachtens in der genetischen Reihung ostalpine Spatmagnetite anzuschließen. Ein Teil derselben gehört allerdings in das Unterkarbon.

Die grundlegende Erkenntnis über die zeitliche Einstufung des Magnetitträgergesteins der Lagerstätte Tux-Lanersbach ging von HÖLL & MAUCHER (1967) aus und wurde von MOSTLER (1974) bestätigt. In einer zeitlichen Reihung von Erzvorkommen in der Innsbrucker Quarzphyllitzone setzen HADTISCH & MOSTLER (1982) diese Magnetitlagerstätte an den Beginn der Devonzeit.

Über sedimentäre Magnetitanreicherungen gaben schon LEITMEIER (1953), LEITMEIER & SIEGL (1954) und LLARENA (1950, 1951, 1953, 1965, 1967, 1968) meines Erachtens akzeptable Ansichten bekannt, und für einige Forscher gab es hinsichtlich der ostalpinen Spatmagnetite keine Zweifel an einer ursächlich marinen Anlage (HÖLL & MAUCHER, 1967; SIEGL, 1969; LESKO, 1972; SIEGL & FELSER, 1973; SCHULZ, 1974; TUFAR, 1974, 1980, 1981). Denn spätestens seit dem Nachweis der Tektonitregelung in einem Spatmagnetit von der Entachen-Alm durch LADURNER (1965) sollte die früher stark vertretene Meinung einer alpidisch-metasomatischen Genese fallen gelassen worden sein. Ausführliche Daten über vor- und nachdeformative Magnetite lieferte VAVTAR (1974, 1976). Sogar W. E. PETRASCHECK trägt

diesen Befunden heute Rechnung und erkennt gewisse Spatmagnesite, so z. B. die spanische Lagerstätte As-turreta (PETRASCHECK et al., 1977) als sedimentär an und bestätigt die alte Auffassung von LLARENA (1950).

Nachdem man heute die feinstkörnigen Magnesitanlagerungsgefüge in den Tertiärbecken von Makedonien (Servia-Becken, Aiani), (WETZENSTEIN 1975), Kosovo (Lagerstätte Strezovce-Beli Kamen) und Südserbien (Bela Stena) mit Übergängen von pelitischen zu mikro- bis makrospatitischen Gefügen recht gut kennt, und die sedimentäre Entstehung dieser mehrere Zehnermeter mächtigen Anreicherungen unumstritten als sedimentär anerkannt wird, nachdem man russische und chinesische Spatmagnesitlagerstätten schichtgebunden über ganze Landstriche kennt (in der Mandchurei z. B. mit 67 km streichender Ausdehnung), nachdem dort sowie auch bei den alpinen Lagerstätten Bürglkopf-Weißenstein feinschichtige Lagenbaue mit präzisiertem $MgCO_3$ -Korngrößenwechsel in gröberkörnigem Spatitgefüge erhalten sind, nachdem mitunter sowohl vor- als auch nachkristalline Verformungen diese schichtigen Magnesitlagen kennzeichnen und der Generationswechsel durch Um- und Neukristallisation bis zu den riesenkörnigen Spatmagnesitaggregaten verfolgt werden kann, und nachdem schließlich ältere Tektonitgefüge von jüngeren Wachstumsgefügen deskriptiv und genetisch erfaßbar sind, sollte es eigentlich keinen Zweifel mehr geben an einer synsedimentären Mg-Anreicherung (im weiteren Sinne) und an der diagenetischen und metamorphen Weiterentwicklung bis zu den heutigen, dominierenden Spatmagnesitlagern.

Aber diese Erklärung ist wohl zu einfach, zu logisch, um allseits akzeptiert zu werden, und man wird offenbar vorerst versuchen, genetische Erklärungen nach komplizierteren „Modellen“ auszurichten.

Zur Stützung der sedimentären Entstehungshypothese brachten SCHULZ & VAVTAR (1977) feinschichtige mikrokristalline Magnesit-Sericit-Hämatit-Gefüge aus einer linsenförmigen Einschaltung in der Lagerstätte Bürglkopf bei Fieberbrunn mit in die Diskussion und erklärten diese als wahrscheinlich geopetales Internsediment eines der Sedimentationsoberfläche nahegelegenen Hohlraumes im Magnesitlager. Typisch sedimentäre, subaquatische Verformungen und typologisch an Gelstrukturen erinnernde Gefüge stützen diese Aussage; dazu weist das mikrospatitische Magnesitkorngefüge eine Tektonitregelung auf. MOSTLER's Meinung (1984), daß es sich hierbei um eine permische Karstfüllung handle, muß als unreal abgelehnt werden, da in der hangenden Magnesitabfolge auf Meterzehner keine Verbindung zu einer permischen Karstoberfläche besteht. Und der Mineralbestand der Magnesit-Sericit-Hämatit-Linse ist aus dem hangenden hämatitpigmentierten Magnesit der Lagerstätte selbst herzuleiten. Außerdem bezeugt die geopetale Position des vermutlichen Internsediments infolge des Parallelismus seiner Feinschichtung mit der Bankung des Magnesitlagers die synsedimentäre Zusammengehörigkeit.

Wenngleich in den meisten unserer Lagerstätten starke Umkristallisationen und metasomatischer Stoffaustausch an der postdeformativen Erneuerung der Magnesitkörper durch Besetzung mit typischen Wachstumsgefügen beteiligt waren, so sind umsomehr jene Merkmale besonders aussagekräftig, die Relikte von Vorgängergefügen darstellen. Um also das immer noch nicht zur allgemeinen Zufriedenheit geklärte Problem



Abb. 8: Mikrokristalliner Magnesit (hellgrau) durch Korngrößenwechsel angedeutet feingeschichtet, mit geopetaler Auffüllung eines externen Erosionsreliefs mit Hämatit- und Sericit-pigmentiertem Magnesit im Unterdevon-Schichtverband der Lagerstätte Weißenstein südlich Hochfilzen. Großanschliff. Maßstab: mm-Papier.



Abb. 9: Syndiagenetische Verformung einer geopetal schichtparallelen, wahrscheinlich intern als Hohlraumfüllung angelagerten Feinschichtabfolge, bestehend aus Magnesit (je nach Reinheit weiß bis lichtgrau), stark Hämatit-führendem Magnesit (grau) und Hämatit mit Sericit (schwarzgrau bis schwarz). Links oben jüngere Kristallisation von Magnesit in lokaler Zerrfuge quer zur Feinschichtung. Großanschliff. Maßstab: mm-Papier. Lagerstätte Bürglkopf bei Hochfilzen.

der Magnesitgenese zu kennzeichnen, wiederhole ich ein früher gegebenes Zitat (SCHULZ, 1974, S. 99): „Um den mit der paläozoisch-marinen Anlage des Magnesiumstoffbestandes nicht einverstandenen Kollegenkreis versöhnlicher anzusprechen, möchte ich betonen, daß die Frage nicht zu lauten hat 'sind die Spatmagnesite sedimentär oder metasomatisch?', sondern 'ist der Mg-Stoffbestand alpidisch oder ist er paläozoisch-sedimentär-diagenetisch?'“, denn die Differenzen in den genetischen Auffassungen wären nicht so groß, würde man die primären Anreicherungsursachen des Mg-Stoffbestandes vom heutigen Kristallisationszustand trennen und diesen nicht als unmittelbares Produkt des sedimentären Anlagerungsstadiums sehen wollen.

Die Frage, inwieweit für die marine Mg-Anreicherung eine thermale Tätigkeit als Mg-Transporteur mitgewirkt hat, oder ob es sich nur um faziell bedingte Ausfällungsvoränge, z. B. in einer Sabkhafazies gehandelt hat, wird von Lagerstätte zu Lagerstätte speziell zu erwägen sein und dürfte im Rahmen des derzeit laufenden internationalen Magnesitprojektes geklärt werden können.

4.8. Devonische Fahlerz-Baryt-Lagerstätten Schwaz – Brixlegg

Als eindrucksvolles Beispiel für den praktischen Nutzen der Grundlagenforschung für die Wirtschaft können wir die Untersuchungen in den alten Bergwerken von Schwaz und Brixlegg anführen. Erste, von den bisherigen Auffassungen über die Lagerstättenogenese und Verbreitung der Baryt-Fahlerz-Lagerstätte Kogl – St. Gertraudi bei Brixlegg abweichende Befunde veröffentlichte SCHULZ (1972c). Das Erkennen eines feinschichtigen Fahlerz-Pyrit-Erzlagers und die Identifizierung einer Reihe von bisher vermeintlichen Erzgängen als steilachsige gefaltete, steileinfallende Erzlager brachte ein Umdenken auch in bergbaulicher Hinsicht. So geriet der zur Forschungszeit ruhende Bergbau zunächst in ein neues Blickfeld und es reifte der Wunsch, die weit ausgedehnten Lagerstätten von Schwaz einer gefügekundlichen Untersuchung zu unterziehen. Nach bemerkenswert umfangreichen Gefügeanalysen im Gelände, in den sehr zahlreichen alten Grubenbauen und im Labor konnte GSTREIN (1978, 1979 sowie ergänzend 1981, 1983) von der devonischen Entstehung der Lagerstätten Falkenstein-Ringenwechsel nach Osten bis zum Zillertal berichten und Chancen auf noch unbekannte Erzkörper aufzeigen. Diese gut fundierten Mitteilungen wurden auch durch – ebenfalls vom österreichischen Wissenschaftsfonds geförderte – geophysikalische Messungen durch WÖBKING (1972, 1973, 1982) gestützt, der mittels Geoelektrik (Eigenpotentialmessungen, Induzierte Polarisation) Anomalien feststellte, die ebenfalls Aussichten auf mögliche Erzkörper anzeigten.

Die zunächst durch den Wissenschaftsfonds geförderte angewandte Lagerstättenforschung wurde nach den erfolgversprechenden Ergebnissen in ein Explorationsstadium, finanziert im Rahmen der Bergbauförderung durch Bund, ÖIAG, Land Tirol und Montanwerke Brixlegg, übergeleitet.

Durch Stollenvortrieb und Aufschlußbohrungen sowie durch weitere lagerstättenkundliche, geophysikalische und geochemische Untersuchungen gelangte man zu weiteren positiven Ergebnissen, so daß dieses Explorationsstadium mit der Berechnung der möglichen Metallvorräte in Kürze abgeschlossen werden kann.

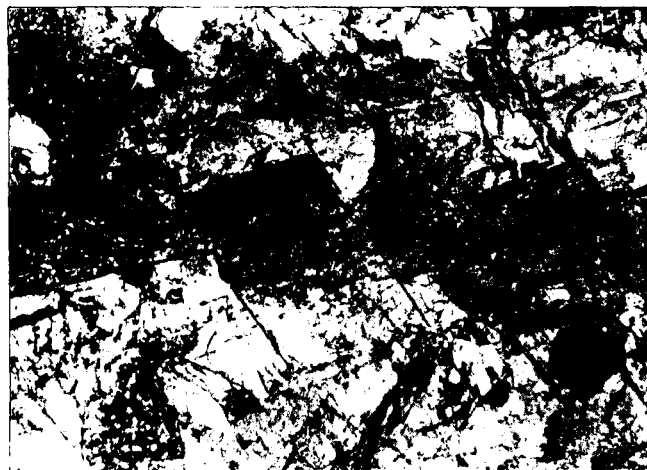


Abb. 10: Schichtparalleles Fahlerz-Pyrit-Lager (20–30 cm mächtig) im Schwarzer Dolomit (Unterdevon) durch einscharige Zergleitung gemeinsam mit Begleitgestein deformiert. Erzlager und Scherfugen durch schwarze Striche hervorgehoben.

Firstenbild in der Lagerstätte Großkogel/St. Gertraudi bei Brixlegg.

Die von GSTREIN aus zahlreichen Einzelbeobachtungen erarbeiteten wesentlichen Neuergebnisse über die Lagerstätte Schwaz sind:

- a) die Erkenntnis, daß nicht nur schichttransversale Erzgänge, sondern auch Erzlager vorhanden sind, die früher abgebaut worden waren;
- b) daß der Schwazer Dolomit, mit rund 800 m reduzierter Mächtigkeit, in zahlreiche Groß- und Kleinschollen zerlegt ist, die für sich Homogenbereiche mit dem Inventar von linearen und flächigen Formelementen (Faltenachsen, Schichtflächen, Scherklüfte, Zerrfugen, Erzlager und -gänge, vererzte Dolomitrebreccienkörper) darstellen;
- c) daß die Erzlager, von denen hauptsächlich zwei mit subparallelem Verlauf und einem Schichtabstand von höchstens 60 m nennenswert sind, 3 m Mächtigkeit erreichen und aus alternierenden Erzfeinschichten und Begleitsediment zusammengesetzt sind. Im Streichen können diese etwa 3 km, zumindest vom Revier Palleiten bis Weittal verfolgt werden. Sie sind submarin-sedimentärer Entstehung im Devon;
- d) ebenfalls devonischer Anlage sind Erzgangscharen, die möglicherweise die Aufstiegswege der Hydrothermen im Meeresboden verraten. Sie bestehen im einzelnen aus s-diskordanten Kluffvererzungen mit Mächtigkeiten bis zu 3 m. Sie sind in unregelmäßigen Abständen bis zu 150 m, mit einer stratigraphischen Teufe von ca. 300 m entwickelt und werden von unscheinbaren Erzspaltenfüllungen begleitet. Diese Gangerzkörper sind bereichsweise lateral von Mineralisationen in Fugennetzen ergänzt. Auch finden sich im Verbands diskordanter Erzgänge unregelmäßige Verdrängungskörper mit Internkristallisation, begleitet von belteroporer Metasomatose. Einigkeit der schwächeren diskordanten Erzspalten sind auf Grund der tektonischen Gefügeanalyse von GSTREIN (1978) als Mobilisate variszischen und alpidischen Alters einzustufen.
- e) Nach GSTREIN (1983) neuesten Erkenntnissen sind überhaupt in der gesamten Lagerstätte bemerkenswerte Umkristallisationen und auch weitreichende hydrotogene Lösungsumlagerungen über hunderte von Metern wahrscheinlich gemacht, so auch in die überlagernde Trias hinein.

Das so gut wie monomineralische Erz, es handelt sich um einen Ag-, und z. T. stark Hg-hältigen Tetraedrit, wird hauptsächlich von Dolomit und Quarz begleitet. Der wirtschaftlich interessante Schichtabschnitt ist etwa 300–400 m mächtig und wird dem obersten Unterdevon zugeordnet. Durch die Anwendung von Laugverfahren würde man die Metalle Cu, Ag, Hg, Zn gewinnen können.

Die Chancen, für wirtschaftliche Belange brauchbare Erzkörper in dem 6–7 km W–E ausgedehnten Großraum neu entdecken zu können, sind, allerdings unter Berücksichtigung der komplizierten Schollentektonik, sehr gut; dasselbe gilt für unverritzte Hoffnungsräume in der Teufe.

Die positiven Aufschließungsergebnisse im Bereich Schwaz (Falkenstein) und die genetischen Kenntnisse über die Lagerstätte St. Gertraudi (Groß- und Kleinkogl) bei Brixlegg haben jüngst auch zu Aufschließungen in diesem alten Bergbau geführt. Nach Sumpfung des 100 m tiefen Grubengebäudes sind lagerstättenkundliche Aufnahmen, in erster Linie im Hinblick auf den hier angereicherten Baryt („Blütenspat“) in Vergesellschaftung mit dem Antimonfahlerz, im Gange.

Ergänzend zur Ansicht über die devonische Fahlerz-Baryt-Entstehung beschreibt VAVTAR (1977) aus dem Devondolomit der Blaufeldalm und Brunnalm (Steinbergkogelgebiet S Kitzbühel) und der Ottneralm (N Brixen i. Th.) schichtgebundenes Fahlerz. Und MARGARAS (1971) berichtet über die im Raume Kitzbüheler Horn schon lange bekannte lagerstättenbildende Anreicherung von Baryt, die auf ca. 5 km schichtgebunden verfolgbar ist, und erklärt diese als azendent-hydrothermal in der Devonzeit entstanden. Bemerkenswert ist auch der Fund feinschichtig paralleler Barytlinsen im Dolomitgestein des Stuckkogels (E Kitzbühel) (SCHULZ, 1972a).

Nach diesen Detail- und Gesamtbefunden kann als naheliegendste Erklärung des Ursprungs der unterdevonischen Fahlerz- und Barytanreicherungen eine hydrothermale Zufuhr in den Sedimentationsraum mit extern-sedimentärer, aber auch intern-diskordanter chemischer Mineralanlagerung, genannt werden.

Im Gegensatz dazu müssen allerdings die unbedeutenden Barytbildungen im permischen Verwitterungsbe reich bewertet werden (HADITSCH & MOSTLER, 1969; MARGARAS, 1971; HADITSCH & MOSTLER, 1982).

4.9. Devonische Eisenerze

4.9.1. Typus Steirischer Erzberg (Siderit)

Eine ähnliche Situation wie bei den Spatmagnesiten liegt seit Jahrzehnten auch für die alpinen Eisenkarbonatlagerstätten vor, das gilt hinsichtlich der Lagerstättenkörper, der Korngefüge und auch hinsichtlich der differierenden genetischen Auffassungen. Aber wesentliche Merkmale für die Entstehung von sedimentären Sideritanreicherungen und deren Weiterentwicklung zu den heute vorwiegend großspätig-derben Erzen wurden in den kleinen, unbedeutenden Lagerstätten und Vorkommen vor allem im Altpaläozoikum gefunden. Sie aber dienen als Grundlage auch für die Untersuchung und Beurteilung unserer bedeutenden Lagerstätten Steirischer Erzberg und Hüttenberg.

Die sedimentäre Erklärung des Sideriterzes vom Steirischen Erzberg reicht schon weit zurück (REDLICH, 1903; VACEK, 1900), doch nahm dann die Ansicht alpidisch-tertiärer Entstehung durch W. PETRASCHECK (1947), W. E. PETRASCHECK (1961, 1966), O. M. FRIEDRICH (1953, 1968), CLAR (1954) überhand. In neuerer Zeit traten für eine paläozoisch-sedimentäre Anlage vor allem HÖLL (1970), TUFAR (1972a, 1974), SCHULZ (1974, 1979), HÖLL & MAUCHER (1976) ein. Aber seit BERAN & THALMANN (1978) unter verschiedenen Sideritertypen der Lagerstätte Radmer bei Eisenerz auch sedimentär aussehende feinstspätige Sideritlaminiten mit feinlagig wechselndem Chemismus beschrieben haben, sollte es an primär sedimentär entstandenen Eisenkarbonaten im karbonatischen Devon der Eisenerz Alpen keinen Zweifel geben. Die pT-Umwandlungsbedingungen bei Mobilisation eines Altstoffbestandes und Neubildung der heute grobkristallinen Erze mit Siderit und Ankerit, verursacht durch Metamorphosen, diskutiert neuerdings BERAN (1983) und legt die Modellvorstellung hydrothermal-sedimentärer Genese nahe.

Geochemische und gefügekundliche Untersuchungen durch unsere Innsbrucker Arbeitsgruppe haben derzeit zum Ziel, den räumlichen Einbau der Erzlager in die epizonal-metamorphen devonischen Kalksteine, ihre

Gefüge und den Chemismus zu untersuchen, sowie die sedimentären Umlagerungen in den Transgressionshorizonten der Permzeit zu studieren. Es darf schon vorweggenommen werden, daß die sogenannten „Schiefererze“ des Steirischen Erzberges eine Schlüsselstellung insofern einnehmen, als sie die geringsten Umkristallisationen aller Erztypen aufweisen und durch den Nachweis tektonischer Durchbewegung, die zu einer Korngefügeregelung geführt hat, eines der typisierbaren Reliktgefüge darstellen.

In Unkenntnis der Aufschlußbefunde in der Lagerstätte Radmer wollte kürzlich MOSTLER (1984) THALMANN's Sideritlaminiten als Internsedimente im Zusammenhang mit Verkarstungsereignissen sehen und geht mit dieser, durch keinerlei Merkmale gestützten Vorstellung noch weiter: er erklärt die Erzlagerserien in jeder der zwei tektonisch übereinander geschobenen Schollen des Erzberges als selektiv-metasomatische Verdrängungen, u. zw. im Zusammenhang mit vulkanischen und extrusiv-hydrothermalen Fe-Transporten in der Karbonzeit, wodurch bekanntlich die hämatitreichen „Eisenerz Schichten“ entstanden sind.

4.9.2. Typus Hüttenberg (Knappenberg) (Siderit)

In Erweiterung unserer Untersuchungen der Sideritlagerstätte Hüttenberg (FUCHS, 1978, 1980) und deren Nachbarvorkommen (SCHULZ, 1979b) wurden die kleineren Erzvorkommen in der westlichen Fortsetzung des Altkristallins und der Gurktaler Alpen miteinbezogen (HABENICHT, 1985). Zusammenfassend kommen wir (SCHULZ et al., 1986) zu folgenden Aussagen. Unter Berücksichtigung der Kristallisationsfreudigkeit der Fe-Karbonate weisen die Korngefüge von Erzkörpern und Nebengestein sowie die schichtigen Erzanreicherungen im Großverband der mesozonal-metamorphen Gesteinsabfolge (Marmore, Quarzite, Glimmerschiefer, Gneise) dieselben faltenden und rupturrellen Deformationen auf. Sammelkristallisation, Rekristallisation und metasomatische Konturenverlagerungen verwischen je nach Mineralart in unterschiedlicher Weise die jeweiligen älteren Mineralgenerationen, also die Vorgängergefüge. Relativ alte Aggregate von Erz- und Begleitmineralen zeigen oft ausgeprägte, u. zw. homotaktische bzw. isotpye Tektonitregelung. Speziell in den aus mehreren Mineralen zusammengesetzten Gefügen unreiner Erzlagen sind die Merkmale gemeinsamer Entwicklung zurückverfolgbar. Das widerspricht der heute z. T. noch immer vertretenen Meinung einer jungen, alpidischen, metasomatischen Vererzung.

Die altbekannten und häufigen, von manchen Autoren als Beweis epigenetischer Vererzung genannten bipolaren Sideritlagen sind als solche meines Erachtens überdeutet, denn sie sind als typische Wachstumsgefüge mehrdeutig und nach unseren Ergebnissen in präexisten ten Sideritlagen sekundär, selektiv beteroppor gewachsen. Das gilt auch für geschlossene Sideritwachstumsgefüge, die auf Grund von intragranularen Merkmalen u. d. M. von den durch Druck beschädigten Fe-Karbonaten meist unterscheidbar sind. Die sprunghafte intragranulare Achsendivergenz in ein und demselben Korn sowie auch die bei Siderit seltene Zwillingslamellierung, die beide eine mechanische Gitterbeanspruchung verraten, können nicht durch eine vollständige metasomatische Abbildung eines schon beschädigten Vorgängergefüges entstanden sein, wie dies CLAR (1932)

als vermeintlichen Fall einer „Regelung nach dem Baugrund“ für Siderittektonite erklärt. Einen derart selektiv-metasomatischen Stoffersatz mit Übernahme der Gitterschäden der Minerale halte ich für unmöglich.

Für die Lagerstätten in den Marmoren im Raume Hüttenberg wird entsprechend dem Erzträgergestein mit Wahrscheinlichkeit devonisches Alter angenommen.

4.9.3. Typus Waldenstein (Eisenglimmer)

Wir hatten keine Möglichkeit, uns im Rahmen unseres Forschungsunternehmens mit diesem, vom Gefüge her aussagereichen Lagerstättentyp, insbesondere mit der Lagerstätte Waldenstein bei Twimberg (Kärnten) zu befassen. Diese ausgeprägt schichtig im mesozonal-metamorphen Gesteinsverband der Packalpe orientierten Hämatitlager mit häufig büschelförmiger Anordnung der tafeligen Kristalle sind meines Erachtens, der Auffassung von HEGEMANN (1958), HÖLL & MAUCHER (1976) folgend, ein typisch sedimentär-metamorphes Fe-Anreicherungsprodukt.

Auch POHL et al. (1981) befaßten sich mit einem ähnlichen Nachbarvorkommen der Pakalpe, konnte aber noch keine genetisch bindende Aussage treffen.

4.10. Unterkarbon, Spatmagnetit

Die meisten Spatmagnetitlagerstätten der Steiermark sind in Sedimenten der Unterkarbonzeit enthalten. Übersichtliche Beschreibungen existieren von FELSER (1977). Die Lagerstätte Breitenau wird aber neuerdings, ähnlich den Vorkommen in Tirol und Salzburg, in das Obersilur gestellt (GOLLNER, 1985). Über die Magnetitproblematik siehe 4.7.

4.11. Spodumen-Pegmatite der Koralpe

Ein sensationeller Lagerstättenfund im Altkristallin der Koralpe gelang R. GÖD im Rahmen von Prospektionen der MINEREX im Jahre 1982 mit der Entdeckung von lagerförmigen, im allgemeinen 3 m, maximal bis 14 m mächtigen Pegmatiten mit 20–25 % Spodumengehalt ($\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$). Die nach bisherigen Aufschließungen erkannte Lagergangserie ist im Gebiet der Weinebene auf der Kärntner Seite der Koralpe bis 1,5 km im Streichen und auf eine Teufe von 300 m nachgewiesen worden. Der Fund wird als eine der größten Lithium-Lagerstätten der westlichen Welt bezeichnet.

Genetisch werden diese Pegmatitschwärme einer variszischen Metamorphose zugeordnet (freundl. Mitt. R. GÖD; HERITSCH, 1984).

4.12. Sedimentäre Buntmetalle auf Verwitterungsrelief

Der Vollständigkeit halber, die auf eine chronologisch-genetische Reihung abzielt, muß die Studie von BRIGO & COLBERTALDO (1972) über offenbar im Unterkarbon zustandegekommene Pb-Zn-Cu-Fe-F-Ba-Si-Anreicherungen auf einem, aus devonischen Karbonatgesteinen gebildeten Paläorelief erwähnt werden, die im italienisch-österreichischen Grenzkamm der Karnischen Alpen auf etwa 50 km Länge verfolgbar sind. Wegen

der Begleitung des Erzhorizontes durch spilitische Vulkanite weisen BRIGO & COLBERTALDO auf die Möglichkeit einer vorhergehenden extrusiv-hydrothermalen Erzvoranreicherung hin.

5. Variszische Ganglagerstätten (Oberkarbon)

Diskordante Ganglagerstätten im Gefolge der (variszisch-)herzynischen Magmatite gibt es in Südtirol in großer Zahl (OMENETTO & BRIGO, 1974; BRIGO, 1976; SCHULZ & BRIGO, 1977; BRIGO & OMENETTO, 1979): z. B. die Erzgangscharen des alten Pfunderer Bergbaues mit Pb-Zn-Cu-Fe-Ag-Mineralisation im und um den Gabbrodiorit („Klausenit“) NW Klausen.

Eine weitere Gruppe von Ganglagerstätten besteht um die Granodioritintrusion im Raum N Brixen. Am bekanntesten ist der noch heute existierende Fluorit-(Pb-Zn-)Bergbau Rabenstein im Pensertal. Neuere Untersuchungen von FUCHS (1978b) bestätigen im wesentlichen die zuletzt von BRIGO & OMENETTO (1979) vertretene genetische Auffassung.

Hinsichtlich der Lagerstätteninhalte liegen allerdings in der noch älteren Literatur beträchtliche Übertreibungen



Abb. 11: Stoffdiskordante Erzgänge im Grenzbereich Brixner Granodiorit/Brixner Quarzphyllit veranschaulichen eine plutonisch verursachte, variszische, hydrothermale Metallognese. Fluoritgang (mit Bleiglanz und Zinkblende) der Lagerstätte Rabenstein im Pensertal (Südtirol) mit brekziöser Auflockerungszone im Randbereich zum Quarzphyllit. Phyllitfragmente umkrustet und zementiert mit Fluorit.

gen vor. Die subparallelen, transversal durch die Gesteinsverbände schneidenden Erzgangscharen im Grenzbereich „Brixner Granit“/Brixner Quarzphyllit beinhalten die Paragenese Bleiglanz, Zinkblende, Pyrit, Fluorit, untergeordnet Kupferkies, Baryt, Siderit, Ankerit. Die räumliche Anordnung folgt auffällig dem Nah- und Grenzbereich des Plutons, wobei die streichenden Ausdehnungen i. a. bis Zehnermeter, ausnahmsweise auch Hunderte von Metern weit nachweisbar sind. Bei großräumiger Betrachtung lassen sich allerdings konstruktiv regionale Zusammenhänge von Gangsystemen finden. Die Gangerze weisen beim Verlassen des Brixner Granodioritplutons und Eintritt in den Quarzphyllit offensichtlich keine topomineralische Paragenesenänderung auf. Doch sind die Erze allgemein nachkristallin durchbewegt, wofür die alpidische Orogenese verantwortlich sein muß.

Nachdem im metamorphen altpaläozoischen Brixner Quarzphyllit bis jetzt keine mineralogisch nennenswerte Metallvoranreicherung entdeckt werden konnte, findet FUCHS (1987) die bisher geltende, neuere Auffassung am wahrscheinlichsten, wonach es sich um eine echte hydrothermale Gangvererzung als Nachhall des synorogenen herzynischen Magmatismus handeln muß.

Von der Mineralrohstoffwirtschaft her gesehen ist nach wie vor nur die Flußspatlagerstätte Rabenstein mit Bleiglanz-Zinkblende-Begleitung interessant.

6. Frühalpidikum (Oberkarbon/Perm-Neocom)

6.1. Anthrazit, Graphit

In der Karbonzeit erwartet man natürlich auch Kohlenbildungen. Recht bescheidene, aber doch lagerstättenbildende Anthrazit-Flöze liegen im Oberkarbon der Steinacher Decke am Nöblachjoch im Brennergebiet und wurden dort auch jahrzehntlang genutzt. Bergbauversuche liefen auch auf der Turracher Höhe und am Karnischen Kamm am Naßfeld.

Im Zuge der zeitlichen Folge von Lagerstättenbildungen in den Ostalpen sind die vom Semmering in das Liesing- und Paltental gereihten Vorkommen der Steirischen Graphitprovinz zu erwähnen, die durch Metamorphose der Kohlenflöze aus ehemaligen Torflagern der Oberkarbonzeit entstanden sind. Seit langem bergbaulich genutzt werden die (Semi-)Graphitflöze der beiden Lagerstätten Kaisersberg-Leims und Sunkgraben-Trieben.

6.2. Permische Ganglagerstätten

Im Großbereich des gewaltigen unterpermischen Lava- und Ignimbrit-Ergusses, der zur Bildung der Bozner Quarzporphyrplatte geführt hat, sind zahlreiche diskordante Gangschwärme als Nachhall der vulkanischen Eruptionen entstanden; so um Bozen, am Ritten, Eggenental, Brantental, beim Kalterer See, bei Auer, Prestavel in Trentino sowie im Etschtal bei Terlan und Meran. In Erinnerung sind noch der Pb-Zn-Bergbau von Terlan und die Flußspatbergwerke Brantental (Valarsa) und Prestavel. In Einzelfällen wurden auch Uranerze im Rahmen magmatischer Restkristallisationen ausgeschieden. Eine beträchtliche Uranpecherzan-

reicherung liegt außerhalb unseres Arbeitsraumes in den Bergamasker Alpen: Novazza im hinteren Val Sério (ORIGONI GIOBBI et al., 1981).

6.3. Permische Lagerstätten des Verwitterungskreislaufes

Damit standen für die nachfolgenden mechanischen und chemischen Verwitterungsvorgänge auch Metallträger zur Verfügung. Aber die überaus zahlreichen Buntmetall-anreichernden Ereignisse im Rotliegenden haben, von ganz wenigen Ausnahmen abgesehen, zu keiner heute noch nennenswerten Lagerstättenbildung geführt. Wir haben uns in früheren Projekten damit befaßt: TISCHLER (1977, 1979) beurteilt die kleinen schichtigen Anreicherungen mit Pyrit, Fahlerz, Kupferkies, Bornit, Bleiglanz, in den klastischen Unterperm-Sedimenten als aride Metallkonzentrationen. In Slowenien ist unter anderem die Cu-Lagerstätte Škofje mit zwei Erzlagern in Gröden Sandstein ein Musterbeispiel für diesen Typ (F. DROVENIK et al., 1972).

Hier sind auch die Fe-Konzentrationen an der Basis der Kalkkögel SW Innsbruck einzureihen: die schichtige Anreicherung von Magnetit-Hämatit im grobklastischen, schwach metamorphen Verrucano wird schon seit HAMMER (1928) als metamorphe Seifenlagerstätte verstanden. Allerdings wird zufolge eines im Liegenden entwickelten Grünschieferhorizontes eine Fe-Vorkonzentration für möglich gehalten. Interessanterweise ändert sich die Paragenese des Erzes in der südlichen Fortsetzung an der Basis der Serles auf Pyrit, Magnetit (VOHRZYKA, 1968, TISCHLER, 1977). Ein analoges Vorkommen beschreiben GRÄF & HADITSCH (1984) vom Plankogel bei Birkfeld (Steiermark).

Mit einer hervorzuhebenden Pb-Zn-Anreicherung im Raume Nonsberg in den „Schichten von Tregiovo“ befaßte sich MOSTLER schon 1966. Eine umfassende Zusammenstellung der zahlreichen Kleinvorkommen der Permzeit gaben HADITSCH & MOSTLER (1974). Neuerdings bearbeiteten auch WOPFNER et al. (1983) die Buntmetall- und Uranerzvorkommen in Südtirol.

Einiges Aufsehen verursachten aber die Prospektionsunternehmungen in den späten Sechzigerjahren, als in den unterpermischen Sedimenten der italienischen, jugoslawischen und österreichischen Alpen zahlreiche, aber meist nur verstreut auftretende sedimentäre U-Anreicherungen gefunden wurden. Der größte Erfolg war in Slowenien mit der Entdeckung der heute im Abbau stehenden Lagerstätte Žirovsky Vrh (S Gorinja vas) zu verzeichnen (LUKACS & FLORJANČIĆ, 1974; MARKOV & RISTIĆ, 1974).

In Österreich stand die Lagerstätte Forstau (E Radstadt) einige Jahre lang in Aufschließung. Sie liegt mit dem Pechblende-Uraninit-Pyrit-Erz in Sericitquarzitlinsen einer Quarzphyllitserie der Nördlichen Grauwackenzone (PETRASCHECK et al., 1974; PETRASCHECK et al., 1977; DAHLKAMP, 1983). Die Erzlinsen mit Pechblende, Uraninit, Brannerit, Pyrit, (Graphit) in den grauen Zwischenschichten innerhalb der violetten Phyllitserie (Fellersbach-Schichten) der Mitterberger Kupferlagerstätte bei Bischofshofen (SIEGL, 1972, HOLZER, 1977) und Pechblende-Pyrit-Linsen mit Cu-Sulfiden in grauen Zwischenschichten innerhalb des roten Perm sandsteins von St. Johann – Fieberbrunn – Hochfilzen (SCHULZ & LUKAS, 1970; SCHULZ, 1971b, SCHULZ,

1979b) wurden auf U-Metallvorräte erst ungenügend untersucht.

6.4. Ostalpine Salzlagerstätten, Gips, Anhydrit

Für die Kenntnis der tektonischen Gestaltung der Lagerstättenkörper und ihrer Feinstratigraphie hat vor allem SCHAUBERGER in mehreren Arbeiten (1949, 1955, 1979) und zahlreichen Bergbauberichten wesentlich beigetragen. Nach S-Isotopenuntersuchungen (PAK & SCHAUBERGER, 1981) ist die alte Beurteilung des Haselgebirges mit der Zugehörigkeit, im gesamten gesehen, vom Oberperm (Zechstein) bis ins obere Skyth bestätigt. Paläogeographische Überlegungen gab ERKAN (1977) bekannt.

Im Rahmen unserer Forschungen gelang es SCHINDL-NEUMAYER (1981, 1984) Beiträge zur Kenntnis von Gefügen im alpinen Haselgebirge zu geben. Sowohl Anlagerungsgefüge als auch Kornggefüge in diesem chemisch reaktionsbereiten und mechanisch empfindlichen, überwiegend hochteilbeweglichen Milieu versprochen nicht nur Aussagen über die Erstanlage und Weiterentwicklung des Lagerstättengefüges durch Deformationen und Kristallisationen zu geben, sondern sollten auch als Vergleichsmodell zu Tektonitgefügen und Mobilisaten in Erzlagerstätten dienen.

Aussagekräftig erwiesen sich vor allem Gips, Anhydrit, Steinsalz und Polyhalit, die alle zu verschiedenen Entwicklungszeiten in mehreren Generationen im Haselgebirge kristallisiert sind. Zu den wesentlichen Ergebnissen von SCHINDL-NEUMAYER gehören der Nachweis isochemischer Sammelkristallisation aus wahrscheinlich primären Anhydritlagen, weiters durch Entwässerung aus Gips entstandene, in s durch belteropores Wachstum gestaltlich eingeregelter Anhydrittafeln. In feinschichtig wechsellagernden Anhydritpflastergefügen und tafeligen Aggregaten wurden statistische Messungen über die Drehlage der Körner und der Vergleich zwischen Wachstums- und Tektonitregelung durchgeführt. Die scharfe Wachstumsregel mit Anhydrittafeln parallel s scheint aus einem hypidiomorphkörnigen Anhydritgefüge mit Tektonitregelung im Zuge einer Neukristallisation selektiv übernommen worden zu sein.

Weiters wird über Umwandlungen von Anhydrit in Polyhalit, über pseudomorph aus Gips entstandenen Anhydrit und Weiterverwandlung in Polyhalit berichtet. Auch Pseudomorphosen von Anhydrit nach wahrscheinlich Calcit-Bioklasten scheinen vorzuliegen. Beachtliche Vielfalt von Gefügevarietäten weisen Anhydrit und Polyhalit auf.

Auch werden neue Befunde und Aussagen über Tonwürfelsalz und Augensalz angeführt. Für den Fall des Augensalzes werden beide Entstehungsmöglichkeiten, nämlich die porphyroblastische Sammelkristallisation, als auch die Resedimentation von Salzkristallen für wahrscheinlich gehalten.

Viele Steinsalzkörner weisen Flüssigkeitseinschlüsse auf. Als farbgebende Pigmente in den Mineralen wurden Samtblende, Rubinglimmer, Hämatit, Pyrit, Markasit, Tonminerale und Bitumen nachgewiesen.

Gut auswertbare Befunde erlauben die, trotz des Diapirismus und der oft beträchtlichen tektonischen Lagerstättenverformung, reichlich erhaltenen typischen sedimentären Anlagerungsgefüge zu machen: Schichtungsphänomene durch mechanische und chemische Anlagerung verschiedener Mineralarten, ihre Deformation

durch Faltung und Zergleitung mit Auswirkung des unterschiedlichen mechanischen Verhaltens der Teilgefüge. Beispiele für geopetale Anlagerung als Oben-Unten-Kriterium in Schichtabfolgen sowie Resedimente bereichern die Aussagen über die Entstehungsmöglichkeiten der salinaren Sedimente.

Besondere Beachtung schenkt SCHINDL-NEUMAYER der Untersuchung sedimentärer Breccien und Deformationsbreccien im Haselgebirge und beweist die Existenz beider. Daraus wird abgeleitet, daß das alpine Haselgebirge, wie ja auch andere Merkmale beweisen, einerseits reichlich relikte Strukturen aus dem Anreicherungsstadium enthält, andererseits aber erwartungsgemäß auch durch Deformation beträchtlich umgeprägt wurde.

Gips-Anhydrit-Lagerstätten:

Durch die im ariden Klimabereich möglichen Konzentrationsvorgänge in salinaren Lagunen ergibt sich entsprechend der Minerausscheidungsfolge logischerweise eine viel häufigere Gips- und Anhydritanreicherung als Salzausscheidung. Daher sind Gips- bzw. Anhydritlagerstätten häufiger. In den Ostalpen sind seit Jahrzehnten die Gebiete Lammertal (Moosegg-Kuchl,



Abb. 12: Erzsediment, hier repräsentiert durch feingeschichteten Erzschlamm mit alternierend Zinkblende-Quarz-reichen Lagen (weißgrau-lichtgrau) und Fluorit-Quarz-reichen Lagen (schwarzgrau-schwarz), in einem Erzlager des nichtmetamorphen Wettersteinkalks (Mitteltrias), gehört heute schon zu den vertrauten Zeugen externer und interner submariner Metallanreicherung. Reliefs im Relief von Erzlagern, geopetale Gefüge, externe und interne kolloforme Gefüge von Erz- und Begleitmineralien (oben und rechts unten) vervollständigen den lehrreichen Befund über progressive und regressive Phasen an den Sedimentbauzonen sowie über frühdiagenetische Veränderungen im Erzsediment. Im oberen Bildteil Bleiglanzkristalle in Schalenblende, rechts unten Schalenblende.

Großanschliff. Maßstab: mm-Papier. Lagerstätte Bleiberg.

Abtenau), Grundlsee, Spital am Pyhrn, das Ennstal bei Admont, Tragöß-Oberort (Hochschwab), Puchberg am Schneeberg und Heiligenkreuz bei Baden für Gipsbergwerke bekannt (PETRASCHECK, ERKAN & HÖNIG, 1977).

6.5. Erzlagerstätten im Mesozoikum

Verglichen mit der Vielfalt der Metallanreicherungen im Paläozoikum, vor allem im frühen Paläozoikum, wirken die im Mesozoikum entstandenen Lagerstätten mit Hg, Pb-Zn, Mn und Al geradezu bescheiden. Die Forschungen etwa seit 1956 in diesen nicht-metamorphen Kalk-Dolomit-Gesteinen der Kalkalpen brachten eine derartige Fülle von Neuerkenntnissen, daß daraufhin, wenn auch zuerst recht zaghaft, weltweit ein Umdenken in den genetischen Auffassungen über Erzlagerstättenbildungen ausgelöst wurde.

6.5.1. Quecksilber, Zink-Blei in der Trias

Zu den weltberühmten Hg-Lagerstätten zählt Idrija in Slowenien, wo zur Zeit der Ablagerung der Sconzaschichten (Langobard) submarin-hydrothermal Hg in die Tethys gefördert wurde und dort – nach MLAKAR & DROVENIK (1971) – teils extern am Meeresboden als Zinnober-(Pyrit-)Schlamm, teils intern in den Aufstiegs- und Umlagerungswegen im durchströmten Sediment



Abb. 13: Die polare Anlagerung von Bleiglanzkrällchen (schwarz) in vielen Feinschichten eines bituminös-tonigen laminierten Dolomitmikrospatits (verschieden grau) kommt in diesem Bildausschnitt (11 x 8 mm) auch als „Oben-Unten-Merkmal“ (Geopetalgefüge) zur Geltung. Dünnschliff, Nicols – Wettersteindolomit (Mitteltrias), Lagerstätte Mežica (Slowenien).

zur Verteilung bzw. auch zu lagerstättenbildender Konzentration kam.

Der Alpine Muschelkalk (Anis), vor allem aber die Kalk- und Dolomitsedimente des oberen Wettersteinkalkes (Cordevol) und der Raibler Schichten (Jul) enthalten regional weit verbreitet und auffällig horizontgetreuen Zinkblende-Bleiglanz-Erze mit teilweise Markasit, Pyrit, Fluorit, Baryt, Quarz, Calcit, Dolomit. Diese auffällige Tatsache griffen ab 1952 nur einzelne Forscher auf (SCHNEIDER, 1953, 1954, 1957; TAUPITZ, 1953, 1954 a,b, 1957; MAUCHER, 1954, 1957; SCHULZ, 1954, 1955, 1957; HEGEMANN, 1957; SIEGL, 1956, 1957; RAINER, 1957; ZORC, 1957; SEIDL, 1959) und brachten die Merkmale sedimentärer Pb-Zn-Erzanreicherung anlässlich des ersten internationalen Pb-Zn-Symposiums in München 1956 mit in die Diskussion. Diese erste Konfrontation mit dem großen Kreis der Anhänger einer „alpidischen Metallogenese“ (W. PETRASCHECK, 1947) brachte eine entscheidende Weichenstellung für die dann einsetzenden Forschungen auf internationaler Ebene. Die Entwicklung der Forschung und der heutige Stand der Diskussion, miteingeschlossen die Ansichten der jugoslawischen und italienischen Forscher über ihre Lagerstätten in den Karawanken (Mežica, Topla), Julische Alpen (Raibl), Dolomiten (Sappada-Salafossa, Auronzo) und Bergamasker Alpen, sind von SCHULZ (1983c) zusammengefaßt worden.

Die österreichischen Lagerstätten wurden auch in den letzten Jahren von den Innsbrucker Forschern hauptsächlich nach gefügekundlichen Aspekten von SCHULZ (1978, 1981a, 1983b,c, 1984a, 1985), SIDIROPOULOS (1980, 1983), sowie von SCHROLL (1978, 1979, 1985b,c), SCHROLL et al. (1983), KÖPPEL & SCHROLL (1985) nach geochemischen Analysen bewertet.

Die im Rahmen unseres Forschungsauftrages jüngst erzielten Neuerkenntnisse beziehen sich weniger auf die heute schon zur Genüge bekannten typischen Sedimentärerze, als vielmehr auf untypische sedimentäre Erzgefüge (SCHULZ, 1976, 1985; SIDIROPOULOS, 1983), die seit der Umstellung der Erzgewinnung auf eine maschinenintensive Abbautechnik im Mittelpunkt des Interesses stehen. Vererzungen in Fugennetzen syndiagenetisch rupturrell deformierter Kalk-Dolomit-Gesteinsareale mit entsprechend großer räumlicher Ausdehnung, aber Metallgehalten bis herunter auf 4 % Zn+Pb sind zu einem wissenschaftlichen Begriff und zu einer wirtschaftlichen Stütze geworden. Dieser Vererzungstyp ist mit s-diskordanten stock-, schlauch- und gangförmigen Körpern vom obersten Wettersteinkalk bis in 200 m Tiefe, in einem Einzelfall offenbar auch noch in tieferen Dolomitarealen aufgeschlossen worden. In den überwiegenden Fällen handelt es sich um rupturrell brecciierte Dolomitgesteine, die nachweislich belteropor nach syndiagenetisch entstandenen Fugennetzen bis zur Unscheinbarkeit von Haarrissen vererzt vorliegen. Die dieserart vorgezeichneten Zirkulationswege für sekundäre Lösungsumlagerungen und wahrscheinlich auch für ascendente Erzlösungen dienen sichtlich auch als Wegsamkeit für metasomatischen Stoffaustausch mit Verdrängung des Karbonatgesteins, wodurch es in Teilbereichen zu intensiven Vererzungen mit Steigerung bis zu Zinkblende-Bleiglanz-Felsen kam (SCHULZ, 1973, 1985; SIDIROPOULOS, 1983).

Eine zweitrangige Bedeutung hinsichtlich der Erzführung haben Resedimentbreccien (SCHULZ, 1975, 1983b,c), welche die Deformationsbreccien z. T. regional begleiten. Die Fragmente erweisen sich manchmal

schon primär erzführend und arten regional zu grobklastischem polymikten Blockwerk aus. Aber auch das Bindemittel kann erzführend sein.

Die Nutzung der neuen Lagerstättenwissenschaftlichen Kenntnisse über die möglichen stratigraphischen Positionen von vererzten Breccienarealen wird unter Berücksichtigung der alpidisch-tektonischen Verformungen (SCHULZ, 1978, 1984a) zu einer beträchtlichen Erweiterung der Hoffnungsräume im alten, bisher schon genutzten Bergwerksbereich von Bleiberg-Kreuth führen.

In einer großangelegten tektonischen Felduntersuchung wurde der weitere Rahmen der bisher auf ca. 11 × 2 km E-W-Ausdehnung im Bleiberger Graben bekannten Lagerstätte in Erweiterung der von HOLLER (1974, 1977) mitgeteilten Kenntnisse zwischen Drautal, Gailtal, Windischer Höhe und Warmbad Villach untersucht, und der Ablauf der Gebirgsbildung zu analysieren versucht. Hierbei ergaben sich auch Anhaltspunkte über die möglichen Fortsetzungen der Lagerstätte Bleiberg-Kreuth (SCHULZ, 1984a).

Eine Zusammenfassung der Chancen auf Zn-Pb-Erzkörper in den altbekannten Nordtiroler Bergbaugebieten von Nassereith, Biberwier, Imst, Telfs verfaßte SIDIROPOULOS (1983). Über die derzeitigen Kenntnisse der Lagerstätte Lafatsch-Vomperloch (Karwendelgebirge) berichtet SCHULZ (1981a).

Abschließend wird auf den derzeitigen Stand der geochemischen Erforschung kalkalpiner Pb-Zn-Lagerstätten durch die Publikation von KÖPPEL & SCHROLL (1985) aufmerksam gemacht. Damit sind nun im wesentlichen die von SCHNEIDER, TAUPITZ, MAUCHER und HEGEMANN schon bei der Pb-Zn-Tagung 1956 in München vertretene Ansicht über die extrusiv-hydrothermale Herkunft der Metalle bestätigt, allerdings mit der Präzisierung über den Herkunftsbereich der in der Tiefe bis zur Unterkruste mobilisierten Lagerstättelemente, wohl durch ein hydrothermales Konvektionssystem.

Die seinerzeit von BECHSTÄDT (1975, 1979) und neuerdings von KLAU & MOSTLER (1983) als Modellvorstellung vertretene Ansicht, daß Emersion und Verkarstung trockengelegter Meeresböden die Konzentration der immensen Metallanreicherungen zustandegebracht hätten, erweist sich als nicht zutreffend.

6.5.2. Evaporite in der Mitteltrias

Die Entwicklung der Tethys brachte im Zusammenhang mit der Sedimentation der Raibler Schichten abermals evaporitische Sedimente zum Absatz. Zur Ergänzung der weit ausgedehnten Ereignisse in der Permoskyth-Zeit werden hier nur die größten Lagerstättenbereiche, nämlich Abschnitte im Lechtal/Tirol und St. Anton im Montafon angeführt und auf eine Publikation von ANGERER et al. (1980) aufmerksam gemacht.

6.5.3. Kies-Kupfer-Formation im Penninikum der Jurazeit

In epizonal-metamorphen Jurasedimenten der Oberen Schieferhülle und der Matreier Zone zeichnet sich vom Pfitschertal bei Sterzing (Südtirol) über das Virgental und Kalsertal (Osttirol) bis Innerfragant (Kärnten) eine Reihe von Pyrit-Kupferkies-Anreicherungen ab (FRIEDRICH, 1953, HÖLL & MAUCHER, 1976; SCHULZ & BRIGO, 1977). Die typisch schichtige Anordnung und räumliche Bindung an basische Metavulkanite sind äußere Kennzeichen der auch im Korngefüge belegbaren Erklärung einer hydrothermal-sedimentären Genese

(HEGEMANN, 1948; SCHMIDT, 1973; BRIGO et al., 1976; NEINAVAIE, 1979; NEINAVAIE et al., 1983). Die bekannteste Lokalität dieser Reihe ist die Lagerstätte Prettau im Ahrntal (Südtirol).

6.5.4. Manganschiefer-Hornstein-Formation der Jurazeit

Ein anderer charakteristischer metallogenetischer Horizont, nämlich mit schichtigen Mn-Anreicherungen in nicht-metamorphem Zustand, zieht sich durch die Nördlichen Kalkalpen. Durch bergbauliche Tätigkeit bekannt sind im Arlberggebiet die Eisenspitze-Davinalpe und bei Lofer der Hochkranz (GRUSS, 1958; GUDDEN, 1969; GERMANN, 1972, 1973). Diese Rhodochrosit-Pyrit-Lager stuft GERMAN, auch auf Grund des Nachweises von Seladonit in die „entfernt vulkanogen-kieselige Gruppe“ der Mn-Schiefer-Hornsteinformation ein. Eine weitere schichtgebundene Lagerstätte beschreiben BERAN et al. (1983) und kommen ebenfalls zu dem Ergebnis einer submarinen, vulkanogen-hydrothermalen Genese.

Aber auch in den jurassischen Metamorphiten der Matreier Zone beim Lucknerhaus (Osttirol) gibt es eine schichtige Anreicherung von Braunit, Manganomelan, Mn-Karbonat, Pyrit, Magnetit, die nach NEINAVAIE (1979) und NEINAVAIE et al. (1983) als eine durch Metamorphose veränderte, aber ebenfalls ursprünglich sedimentär entstandene Mangankonzentration erklärt wird.

7. Alt- und Jungalpidikum (Mittlere Kreide – Alttertiär – Jungtertiär)

7.1. Bauxitlagerstätten

Zur Vervollständigung der Vorstellungen über die Erzlagerstättenbildungen in den Ostalpen müssen die an die Basis der Gosau-Schichten gebundenen, mit Ausnahme der Lagerstätte Präfingkogel bei Unterlaussa (O.Ö.) nur bescheidenen Bauxit-Anreicherungen erwähnt werden. Die mit der Transgression des Oberkreidemeeres zusammenhängenden und aus lagunärem Brackwasser in einem Erosionsrelief nach Transport durch chemische Ausfällung und chemische und mechanische Anlagerung zustande gekommenen Al-Konzentrationen in den Nördlichen Kalkalpen werden zusammenfassend von SCHROLL & SAUER (1964) und RUTTNER (1971) behandelt.

7.2. Alpidische Metallogene

Mit der Oberkreide verbindet man seit der mikropaläontologischen Diagnose (SCHÖNLAUB, 1973) des schwach-metamorphen Erzträgergesteins in der penninischen Rechnitzer Schieferinsel im Burgenland die Antimonit-Lagerstätte Schlaining. Die bisher abgebauten, transversal ein Kalkschieferpaket bis etwa 40 m Teufe querenden fünf subparallelen Erzgänge mit apophytenförmigen s-parallelen Ausweitungen ließen auf Seiten der Wissenschaftler noch keine endgültige genetische Entscheidung reifen. Für MAUCHER & HÖLL (1968) waren überlagernde Grünschiefer und der Nachweis stratiformer Sb-Spurengehalte Anzeichen von hydrothermal-sedimentärer Belieferung (nach damaliger Auffassung allerdings altpaläozoischen Ursprungs) und Voranreicherung sowie Umlagerung in Klüfte. LUKAS

(1970a,b,c) hingegen sieht in den Erzspalten auch submarine Zufuhrwege für Erzlösungen, hält aber andererseits auch eine Zuordenbarkeit zu einem tertiären Bruchsystem für möglich. Neuerdings macht die Entdeckung von schichtigen Antimonitverbreitungen im Verbands der überlagernden Grünschiefer eine kretazisch hydrothermal-sedimentäre Anreicherung wahrscheinlich und rückt somit auch die Erzgangspalten als submarine Aufstiegswege in den Bereich der genetischen Diskussion. Die Vorstellungen von LUKAS über ein tertiäres Bruchsystem könnten allerdings gültig bleiben, wenn man die Erzgänge als Zirkulationswege für sekundär-hydrothermale Lösungen sieht.

7.2.1. Mobilisationen von Altbeständen

Der Fortschritt in der Bewertung von Umkristallisationen und Stoffumsätzen in nicht-metamorphen Erzlagerstätten trug dazu bei, diesbezügliche Urteile auch für den metamorphen Bereich mit einiger Glaubwürdigkeit abzugeben. Auch Ergebnisse der Geochemie verhalfen zu diesem Reifungsprozeß der Kenntnisse (SCHROLL, 1978, 1979, 1985 a,b; SCHROLL et al., 1983; KÖPPEL & SCHROLL, 1979, 1983, 1985). Diesem Wissensstand Rechnung tragend widmete W. E. PETRASCHECK 1983 eine Tagung in Leoben und rückte damit glaubhafte Ergebnisse, aber auch eine Fülle von Problemen in den Mittelpunkt des Interesses.

Kupferlagerstätte Mitterberg

Für den Auftakt der Betrachtungen halte ich die Situation im Kupferrevier Mitterberg (Mühlbach) mit den unumstrittenen Erzlagern im Südevier und einem zweifelsfrei diskordanten Abschnitt des sogenannten Mitterberger Hauptgangsystems mit etwa 200–300 m Teufenstreckung für besonders aussagekräftig. Bekanntlich wurde im Auftrag von W. E. PETRASCHECK ein dem höheren Gangabschnitt zuordenbares Uraninitaggregat von KÖPPEL (ETH-Zürich) auf das Alter analysiert. Das Ergebnis ergab 90 Mio Jahre und spricht somit für tiefere Oberkreide (W. E. PETRASCHECK, 1970, 1978; W. E. PETRASCHECK et al., 1977). Nachdem der obere Abschnitt des Gangsystems die Fe-reiche violette Phyllitserie transversal schneidet, die übrigens auch sedimentäre U-Anreicherungshorizonte beinhaltet, läßt der für diesen Abschnitt charakteristische zusätzliche Gehalt an grobkristallinem Hämatit und Uranmineralen im Kupfererzgang die logische Vermutung einer Fe-U-Mobilisation durch hydatogene Transporte aufkommen. Unter Berücksichtigung der von KARL schon 1953 auf Grund einer tektonischen Gefügeanalyse belegten jungen Vererzung eines alpidischen Zerrklufsystems durch Lösungsmobilisation, halte ich es für naheliegend, für alle stoffdiskordanten Gangabschnitte einen sekundär-hydrothermalen Metallnachschub aus dem mobilisierten Altbestand der sichergestellten Kupfererzlager anzunehmen. Anregungen zu dieser Deutung kommen schon von WEBER et al. (1972), SIEGL (1972), CLASEN (1974). Die diskordanten Gangteile fiedern nach oben zu bekanntlich in der grünen, salinaren Serie des Oberperms auf.

Antimonitlagerstätte Schlaining

Die unter 7.2. angeführten Möglichkeiten berechtigen zur Annahme, daß die Erzgänge im Tertiär durch Mobilisation des oberkretazisch sedimentär abgelagerten Erzes entstanden sein könnten.

Fahlerzlagerstätte Schwaz

Für die Fahlerzlagerstätte Schwaz kann GSTREIN (1978, 1979, 1983) Mobilisationen aus den devonischen Erzlagern und -gängen in variszische und alpidische Klufsysteme, gestützt auf eine tektonische Gefügeanalyse glaubhaft gemacht.

Pb-Zn-Cu im Triasstreifen Schwaz-Wörgl

Befunde über das Zusammenvorkommen einer alten syngenetischen Pb-Zn-Anreicherung in Partnachschichten am Silberberg ESE Brixlegg und einer jüngeren Fahlerzmineralisation beschreiben HADITSCH & MOSTLER (1970). GSTREIN (1983) berichtet von einer Fahlerzkluftmineralisation im Ramsaudolomit E Brixlegg, mobilisiert aus dem Devondolomit, und kann die Änderung des Chemismus im Fahlerz infolge Veränderung der stratigraphischen und tektonischen Position feststellen.

Kies-Cu-Vorkommen im Schwazer Augengneis und im Zentralgneis

Eine Reihe von Befunden über metamorphe Metallmobilisationen aus älteren Voranreicherungen kann WENGER (1979, 1981, 1983) anbieten; so zum Beispiel durch Beobachtungen an Erzlagern in Verbindung mit Gängen in Randzonen der mittelostalpinen Deckscholle des Schwazer Augengneises, u. zw. an Hand des aus Kupferkies, Pyrit, Markasit, Fahlerz, Glaukodot, Zinkblende, Bleiglanz, Arsenkies, Turmalin, Siderit u. a. Fe-Karbonaten bestehenden Erzes bei der Kaunzalm. Die Mineralisation in zwei verschiedenen alten Zerrfugentypen weist eine etwas veränderte mineralogische und gefügemäßige Zusammensetzung auf und wird als Mobilisat gedeutet.

Auch die vier transversalen Erzgänge der Fe-Cu-Lagerstätte Schwader Eisenstein erscheinen nach der Entdeckung eines Lagererzkörpers mit Siderit, Kupferkies, Pyrit, Zinkblende, (Fahlerz, Rutil) durch WENGER (1983) unter neuen genetischen Aspekten. WENGER rechnet mit Relikten eines im metamorphen Verbands des phyllonitisierten Augengneises erhaltenen, ehemals sedimentären Erzlagers und in der Folge mit syntektonischen Metallmobilisaten für die Vererzung der ehemals bergbaulich genutzten Erzgänge.

Ähnliche Beobachtungen machte WENGER (1981) bei der Untersuchung einer stoffkonordanten Erzansammlung (Magnetkies, Kupferkies, Bleiglanz, Zinkblende, Pyrit, Arsenkies, Fe-Karbonat, Spuren Gold) im Verbands von Quarzitlinsen im Zentralgneis bei der Kolbenstubenalp im Stilluptal (vgl. Auch VOHRZYKA, 1968), wo auch diskordante Quarzgänge mit einem im Bestand und Gefüge veränderten Erzgehalt vorliegen. WENGER (1981) erklärt seine Beobachtungen als, durch Metamorphose ausgelöste lokale Stoffverlagerungen verschiedener Stadien aus ursprünglich dem Gestein syngenetisch angehörigen Metallkonzentrationen.

Cu-Ni-Co-Paragenese der Zinkwand und Vötternspitze (Schladminger Tauern)

Neuerdings bietet FUCHS (1987a) am Beispiel der Erzvorkommen in den Schladminger Tauern Befunde für alpidische Stoffmobilisation an. Während die verschiedenen paragenetischen Typen von Lagererzen (FRIEDRICH, 1975b) heute zweifellos als metamorphe, ursächlich aber sedimentäre Metallkonzentrationen erklärt werden, gibt es mit den Anreicherungen von Cu-Ni-Co-Erzen eine mineralogisch- und gefügemäßig aus der Reihe fallende Lagerstätte. Schon nach älteren Auffassungen wird diese Vererzung für alpidisch gehalten

(FRIEDRICH, 1933, 1969), was in diesem speziellen Fall auch FUCHS (1987a) bestätigt, jedoch andere Anreicherungsursachen wahrscheinlich macht. FRIEDRICH glaubt, Zusammenhänge zwischen der Vererzung und Zerrüttungszonen, verursacht durch die regionale Überschiebung des mittelostalpinen Altkristallins auf die unterostalpine Phyllit-Karbonat-Serie mesozoischen Alters, sehen zu können.

In der überschobenen tektonischen Einheit wird eine der km-weit verfolgbaren Pyritbänke (Kiesfahlbänder, Branden) von einer diskordanten Zerrkluffschar geschnitten, deren Reichweite in die Teufe, soweit es die Aufschlüsse erlauben, Zehnermeter beträgt. Ihre Mineralisation in die Teufe zu mit Quarz, Ankerit, Fe-Dolomit ist eigentlich erzleer. Aber im Scharungsbereich mit dem pyritreichen Lager mit Magnetkies- und Kupferkiesspuren besteht auf etwa je 2 m in das Liegende, das Hangende sowie apophysenförmig in das „Brandenlager“ eine Derberzanreicherung mit hauptsächlich Chloantit, Gersdorffit, Linneit, Glanzkobalt, Magnetkies, Rotnickelkies, Ankerit, dazu auch oft noch ged. Arsen, Löllingit, Kupferkies, Pentlandit, Maucherit, Rammelsbergit, Safflorit, Skutterudit, Bleiglanz, Zinkblende, Fahlerz, Pyrit und ged. Wismut. Dieses Erz war Ziel des früheren Bergbaues.

Der durchwegs sehr feinkörnigen, nachkristallin mit den begleitenden Gneisen verformten einfachen Lagererzparagenese steht also eine mineralogisch umfangreiche, typisierbar postdeformativ grobkristalline Paragenese in den lokalen Erzspalten als offensichtlich jünger gegenüber. Die mineralisierten Spalten sind auf das mittelostalpine Altkristallin beschränkt; sie reichen bei weitem nicht zur hunderte Meter tiefer durchziehenden Überschiebungsbahn.

FUCHS (1987a) bestätigt mit seinem Ergebnis zwar hinsichtlich des relativ jungen, alpidischen Alters der Gangmineralisation die Auffassung von FRIEDRICH, sieht aber keine Zusammenhänge mit der Überschiebungsfläche. FUCHS aber findet als einzig diskutabile Erklärung eine alpidische Mobilisation aus einem präexisten-ten Metallreservoir, nämlich dem Brandenschiefer. Da sich jedoch in diesem Kieslager nicht durchwegs überdurchschnittliche Ni-Co-Voranreicherungen geochemisch nachweisen lassen, bzw. sehr unterschiedliche Gehalte vorzuliegen scheinen, bleibt auch an dieser Erklärung vorläufig eine Unsicherheit haften. Betreffend die Ursachen der Mobilisation kann man an die alpidischen Metamorphoseereignisse denken.

7.2.2. Golderzgänge der Hohen Tauern

Zu den überzeugend jungen, alpidischen Vererzungen gehören, wie schon in älteren Auffassungen vertreten wurde (W. PETRASCHECK, 1947; W. E. PETRASCHECK, 1961; O. M. FRIEDRICH, 1953; CLAR, 1954) die Tauerngoldgänge der Goldberggruppe von Gastein-Naßfeld, Rauris-Sonnblick. Die geradezu exakt NNE-streichenden steilen Zerrfugen mit hauptsächlich Quarz, goldhaltigem Arsenkies und Pyrit sowie ged. Gold, daneben andere Sulfide, schneiden transversal mit mindestens 1000 m Teufenerstreckung den granitischen Siglitzgneis und dessen SW-Fortsetzung, den Granitgneis des Sonnblickkerns. Bemerkenswerterweise aber reichen sie auch durch die parautochthon auflagernde paläozoische und mesozoische metamorphe Sedimenthülle. HITZENBERGER (1980) hält eine Bereicherung der für die Erzausscheidung maßgeblichen



Abb. 14: Ein klares Beispiel für eine tertiär-alpidische Metallogenese liefern die Arsenkies-Pyrit-Gold-Quarz-Gangscharen, welche den Zentralgneis auf mindestens 1000 m Teufe schneiden und beim Eintritt in die überlagernde Schieferhülle eine topomineralische Paragenesenänderung aufweisen. Eine Serie von Erzhalde zeigt den steilen Verlauf zweier Gänge (durch strichlierte Linien verdeutlicht) vom Oberen Pochkarsee zum Baukarlschartl (links oben) an. Raum südwestlich Badgastein.

hydrothermalen Lösungen durch geochemisch nachweisbare Metallanomalien als Voranreicherungen im Nebengestein für möglich.

Der bekannte topomineralische Paragenesenwechsel mit Gefügeveränderung beim Verlassen der Erzgänge im Gneis und Eintritt in die jungen Hüllgesteine wurde neuerdings im Bereich des Baukarlschartls von VAVTAR (1982) mineralogisch-gefügekundlich untersucht. Das Gangerz mit Arsenkies, Pyrit, Gold (Bleiglanz, Kupferkies, Zinkblende), Quarz, in der variszischen Ortho- und Paragneisabfolge einschließlich des wahrscheinlich granitisierten „Alten Daches“ ändert sich in der metamorphen Sedimenthülle (Quarzite, Marmore, Phyllite, Glimmerschiefer) unvermittelt auf vorwiegend Pyrit, Pistomesit (Mn-hältig), Ankerit, (Bleiglanz, Zinkblende, Kupferkies). Auch in den Oxidationserzen fällt eine Änderung auf, wobei hier neben Samtblende auch Psilomelan für die Farbe der Verwitterungsprodukte verantwortlich ist. VAVTAR erklärt auf Grund von Merkmalen im Mineralbestand und -chemismus sowie im Gefüge, den Befund durch Lateralsekretion aus dem Dolomitschiefer und topomineralische Reaktionen in den auflagernden jungen Serien. In diesem mesozoischen Dolomitschiefer aber kann VAVTAR schicht- und schieferungsparallele Pyrit-Ankerit-Zinkblende-Anreicherungen einer ursprünglichen syndimentären Konzentration wahrscheinlich machen. Die Vielfalt unterscheidbarer Gefü-

ge läßt aber in einem noch höher gelagerten, primär sterilen Calcitmarmor lokal apophysenförmig-metasomatische, vom Gang diktierte Mineralisationen mit Eisenkarbonaten erkennen.

7.2.3. Weitere alpidische Mineralkonzentrationen

Zur Vervollständigung der Aufzählung von, durch alpidische Metamorphosen ausgelöste Mobilisierung älterer Stoffbestände wird an folgende, wahrscheinlich im Zusammenhang mit der Tauernkrisallisation stehende Vorkommen erinnert: Die Beryll-Smaragd-Lagerstätte in Biotit-Talkschiefern der Legbachscharte im Habachtal (Oberpinzgau) (GRUNDMANN, 1980), an eine Disthen-Anreicherung im Untersulzbachtal und an die Granat-Vorkommen, deren Almandin bei der Berliner Hütte im Zemmgrund (Zillertal) manchmal heute noch wirtschaftlich genützt wird.

Auch für die Entstehung unserer ostalpinen Talk-Lagerstätten aus ganz unterschiedlichen Ausgangsgesteinen sind die durch epizonale Metamorphose ausgelösten Stoffbewegungen maßgeblich gewesen.

Und schließlich sind die Füllungen des Spaltennetzwerks im Serpentinstock von Kraubath (Steiermark) mit dichtem kryptokristallinem Magnesit ein Ereignis jüngster alpidischer Entwicklungsgeschichte. Durch Zirkulation kohlenstoffhaltiger Lösungen im Serpentin ausgelöste Stoffaustauschprozesse werden für diesen, in den Ostalpen nur in Form dieser kleinen Lagerstätte entwickelten Magnesittyp als wahrscheinlich verursachend angesehen (PETRASCHECK & POHL, 1982).

7.3. Tertiäre Kaolinlagerstätten

Zu den jüngsten Lagerstättenbildungen gehören die durch Zersetzungsvorgänge aus feldspatreichen Gesteinen zustande gekommenen Kaolin- und Tonlagerstätten. Am Beispiel der Anreicherung eines Kaolinsandes in Krummnußbaum an der Donau (Niederösterreich) ist nach MENZL (1986, 1987) zu erkennen, daß einerseits der unterlagernde Granulit in situ zersetzt vorliegt, andererseits in der höheren Abfolge des etwa 30–40 m mächtigen Lagerstättenprofils ein kaolinreicher Sedimentkörper folgt. Dieser ist durch eine markante Untergrenze zu den autochthonen Bildungen und durch einen signifikanten Reichtum an Schwermineralien gekennzeichnet. Diese Schwermineralführung sowie detritische Gesteinsreste weisen diesen Sandkörper als sekundäres mechanisches Umlagerungsprodukt des vorher zersetzten Granulits aus.

Der kaolinreiche Umlagerungshorizont lieferte seinerseits detritisches Material für die überlagernden Melker Sande des unteren Egeriens (Oberoligozän), womit MENZL eine Parallele zur stratigraphischen Situation der bekannten Kaolinlagerstätten Weinzierl und Kriechbaum (bei Schwertberg, Oberösterreich) zieht. Diese sind bekanntlich durch Zersetzung aus dem Mauthausener Granit hervorgegangen.

Als Anhang wird noch die auf Bittescher Gneis lagernde Kaolinkruste der Lagerstätte Mallersbach sowie Niederfladnitz NE Retz angefügt.

8. Schlußbemerkungen

Die dargelegte Übersicht gibt unsere Auffassungen über die Entstehung der Lagerstätten mineralischer

Rohstoffe in den Ostalpen nach Abschluß des 2. Forschungsschwerpunktes der Ö. R. K. (1979–1984) bekannt. Demnach ist die Entstehung und Weiterentwicklung der vielen und verschiedenen Erzlagerstätten auf den gesamten, durch Begleitgesteine dokumentierten Entwicklungszeitraum von der vorkaledonischen bis in die alpidische Ära verteilt. Allerdings zeichnen sich zeitliche Schwerpunkte mit charakteristischen Element- und Mineralparagenesen ab, die demnach in bestimmten stratigraphischen bzw. lithologischen Positionen konzentriert sind. Folglich waren die verschiedenen alten Anreicherungen keinen, wenigen oder mehreren orogenen und metamorphen Überprägungen unterworfen, was in den Lagerstätten als Körper und im Kornverband gefügemäßig typisierbar zum Ausdruck kommt. Bei metamorphen Lagerstätten bildet demnach das heutige Mineralgefüge dem Metamorphosegrad entsprechende Veränderungen und selbstverständlich nicht das primäre Anlagerungsgefüge ab, was bei der Frage nach dem Alter einer Lagerstätte zu beachten, und die Antwort zu präzisieren ist. Derartige Unklarheiten stecken heute noch hemmend in der Diskussion. Erstanlagerung, Kristallisationen und Verformungen in den Lagerstätten sind nur im Zusammenhang mit der Beurteilung der umgebenden Gesteinsgefüge aussagekräftig.

Die genetische Klassifizierung von Lagerstätten ist meistens durch tektonische, petrographische und mineralogische Gefügemerkmale möglich, und erst diese Merkmale berechtigen zu weiteren Spezialuntersuchungen, wie geochemische Analysen oder auch zu theoretischen Erörterungen über globale Zusammenhänge. Selbstverständlich bezieht sich diese Bemerkung nicht auf die geochemische und geophysikalische Prospektion in geologisch wenig bekannten Gebieten. Unsere Ergebnisse sind daher vorwiegend auf gefügekundliche Gebirgs-, Gesteins- und Mineraldiagnosen aufgebaut.

Im Rahmen der zeitlich geordneten, zusammenfassenden Teilberichte sind einige Gebiete und Themen mitgehalten, über die wir zwar noch nicht in eigenen Veröffentlichungen berichtet haben, aber eine Befassung mit den einschlägigen Befunden möglich war. Und auch einige, ganz außerhalb unserer Forschungsabsichten liegende Ergebnisse anderer Kollegen wurden in jenen Fällen ergänzend genannt, wenn sie für das Verständnis der ostalpinen Lagerstättenentwicklung wertvoll sind. Daß dabei keine Vollständigkeit angestrebt werden konnte, ergibt sich schon aus dem vorgeschriebenen Rahmen unseres Forschungsberichtes. Sie sind aber in den Einzelpublikationen unserer Teilprojekte angeführt. Zudem wird auf die in folgenden Sammelwerken über die ostalpine Minerallagerstätten enthaltenen vielen Einzelarbeiten aufmerksam gemacht: ISMIDA 1966 Trento-Mendel, ISMIDA 1971 Bled, ISMIDA 1977 Leoben, ISMIDA 1981 Berchtesgaden (SCHNEIDER), sowie die Handbücher AMSTUTZ & BERNARD (1973), WOLF (1976), KLEMM & SCHNEIDER (1977), AMSTUTZ et al. (1982) und WAUSCHKUHNS et al. (1984).

Aus diesem ungeheuren Angebot von Beiträgen aus verschiedenen Teildisziplinen ist die enorme Bereitschaft zur Erforschung der mineralischen Rohstoffe und der vorherrschende Drang, nach einem wahrheitsnahen Bild über die Naturvorgänge dokumentiert.

Aber neben bedeutenden Fortschritten in der Lagerstättenforschung findet man bedauerlicherweise auch flüchtige Meinungsäußerungen, die weniger auf ehrliche Beobachtungen zurückzuführen sind als vielmehr unter den allzu oft angebotenen „Modellvorstellungen“ zu fin-

den sind. Sie führen nicht immer der Wirklichkeit näher. Wahrheitsgetreue Aussagen sind am ehesten dort zu erwarten, wo an die wissenschaftlichen Grundlagen unmittelbar praktisch bergwirtschaftliche Eingriffe angeknüpft werden. Es sollte daher möglichst oft das Ziel sein, mit dieser praxisnahen Wissenschaftsdisziplin „Lagerstättenforschung“ auch dem wirtschaftlichen Fortschritt zu dienen.

Im Rahmen des 2. Forschungsschwerpunktes fertiggestellte Arbeiten

- BAUER, J. K.: Der Goldbergbau Zell am Ziller (Tirol). Eine historische Betrachtung. – Jb. Geol. B.-A., **123/1**, 143–168, Wien 1980.
- BAUER, J. K.: Pb-Zn-Vererzungen im polymetamorphen Kristallin des Lungaus und der „Ossiacher Tauern“. – Diss. Univ. Innsbruck, Innsbruck 1981.
- BAUER, J. K.: Die Ermittlung bergwirtschaftlicher Parameter am Beispiel des verlassenen Goldbergbaues Zell im Zillertal. – Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., **1**, 15–18, Wien 1982.
- FUCHS, H.: Vorläufige Mitteilung über eine Magnetkies- und Scheelitanreicherung im Altkristallin des Lienzer Schloßberges. – Anz. Österr. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl., **2**, 23–27, Wien 1980.
- FUCHS, H.: Eine metamorphe, alpidisch mobilisierte Kies- und Scheelitanreicherung im Altkristallin des Defereggengebirges (Osttirol). – Veröffentlichungen des Museum Ferdinandeum, **61**, 13–24, Innsbruck 1981.
- FUCHS, H.: Magnetkies- und Scheelit-Anreicherungen in den „Alten Gneisen“ des Lienzer Schloßberges (Osttirol). – Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., **2**, 67–70, Wien 1982.
- FUCHS, H. W.: Erzmikroskopische und mineralchemische Untersuchungen der Erzvorkommen Zinkwand-Vöttern in den Schladminger Tauern (Steiermark). – Archiv f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., Wien 1987a (im Druck).
- FUCHS, H. W.: Die transversalen Erzgänge im Gefolge der herzynischen Granitintrusionen in Südtirol. – Archiv f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., Wien 1987b (im Druck).
- GHASSEMI, B.: Über Erzvorkommen im Defereggengebirge, in der Lasöring- und Schobergruppe. – Diss. Univ. Innsbruck, Innsbruck 1980.
- GSTREIN, P.: Prähistorischer Bergbau am Burgstall bei Schwaz (Tirol). – Veröff. d. Museum Ferdinandeum, **61**, 25–46, Innsbruck 1981.
- GSTREIN, P.: Über mögliche Umlagerungen von Fahlerzen im devonischen Schwazer Dolomit wie auch in der angrenzenden Schwazer Trias. – Schriftenreihe d. Erdwiss. Komm., **6**, 65–73, Österr. Akad. Wiss., Wien 1983.
- GSTREIN, P.: Von der geschichtlichen Entwicklung des Schwazer Bergbaues. – Österr. Kalender für Berg, Hütte und Energie, 118–126, Wien 1984.
- HABENICHT, W.: Sideritvorkommen und -lagerstätten im Paläozoikum der Gurktaler Alpen und deren altkristalliner Unterlage. – Diss. Univ. Innsbruck, Innsbruck 1985.
- HITZENBERGER, H.: Lagerstättenkundliche Untersuchungen der Tauerngoldgänge im Gebiet Gastein – Rauris. – Diss. Univ. Innsbruck, Innsbruck 1980.
- MENZL, F.: Die Kaolinlagerstätte Krummnußbaum an der Donau (N. Ö.). – Diss. Univ. Innsbruck, Innsbruck 1986.
- MENZL, F.: Genese und Alter der Kaolinlagerstätte Krummnußbaum an der Donau (Niederösterreich). – Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., 1987 (im Druck).
- NEINAVAIE, M. H., GHASSEMI, B. & FUCHS, H. W.: Die Erzvorkommen Osttirols. – Veröffentlichungen des Museum Ferdinandeum, **63**, 69–113, Innsbruck 1983.
- SCHINDL-NEUMAYER, M.: Gefügestudien in alpinen Salzlagerstätten. – Diss. Univ. Innsbruck, Innsbruck 1981.
- SCHINDL-NEUMAYER, M.: Gefügekundliche Studien in alpinen Salzlagerstätten. – Archiv f. Lagerst.forsch. geol. B.-A., **5**, 135–156, Wien 1984.
- SCHULZ, O.: Gesteinsrohstoffe in Nord-, Ost- und Südtirol. – Karte 1 : 600.000. Tirol-Atlas, 6. Lieferung, C 4, Innsbruck (Universitätsverlag Wagner) 1980.
- SCHULZ, O.: Zusammenstellung der Gewinnungsstätten von Gesteinsrohstoffen in Nord-, Ost- und Südtirol. – Tirol-Atlas, Begleittexte **6**, Tiroler Heimat, Jb. f. Geschichte u. Volkskunde, **43/44**, 5–14, Innsbruck 1980.
- SCHULZ, O.: Beiträge zur Karte „Gesteinsrohstoffe in Nord-, Ost- und Südtirol“. – Begleittexte zum Tirol-Atlas, **6**, Tiroler Heimat, Jb. f. Geschichte u. Volkskunde, **43/44**, 15–19, Innsbruck 1980.
- SCHULZ, O.: Beiträge zur „Lagerstättenforschung“. – Berg- und Hüttenm. Mh., Jg. 125, H. **12**, 609–614, Wien 1980.
- SCHULZ, O.: Die Pb-Zn-Erzlagerstätte Lafatsch-Vomperloch (Karwendelgebirge). – Veröffentlichungen des Museum Ferdinandeum, **61**, 101–149, Innsbruck 1981a.
- SCHULZ, O.: Ricerche metallogenetische nel versante Austriaco delle Alpi Orientali. – l'Industria Mineraria, Stab. Grafico f. Ili Lega, Faenza, n. **2**, 39–45, 1981b.
- SCHULZ, O.: Kritische Bemerkungen zum tektonischen Bau der Villacher Alpe (Dobratsch). – Verh. Geol. B.-A., **2**, 85–94, Wien 1982.
- SCHULZ, O.: Beiträge zur Lagerstättenforschung (Forschungsschwerpunkt S 21 der Österr. Rektorenkonferenz). Teilbericht II der Arbeitsgruppe Universität Innsbruck. – Archiv f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., **1**, 115–119, Wien 1982.
- SCHULZ, O.: Karst- or Thermal Mineralizations interpreted in the light of Sedimentary Ore Fabrics. – In: Ore Genesis, the State of the Art (Ed.: AMSTUTZ et al.), 110–117, Berlin – Heidelberg – New York (Springer Verlag) 1982.
- SCHULZ, O.: Beiträge zur Lagerstättenforschung. Projekt 4435 (Fortsetzung des Projektes S 21 der Österreichischen Rektorenkonferenz). Teilbericht III (1981) der Arbeitsgruppe Universität Innsbruck. – Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., **2**, 173–177, Wien 1982.
- SCHULZ, O.: Recent Results and Critical Considerations of the Eastern Alpine Metallogenesis. – IVth. ISMIDA 1981, Berchtesgaden. In: Mineral Deposits of the Alps and of the Alpine Epoch in Europe (Ed. H.-J. SCHNEIDER), 19–27, Berlin – Heidelberg (Springer Verlag) 1983a.
- SCHULZ, O.: Pb-Zn-Erz in der Kiesonkolithbank (Grenze Wettersteinkalk/Raibler Schichten) der Lagerstätte Bleiberg-Kreuth. – Tschermaks Min. Petr. Mitt., **32**, 135–151, Wien 1983b.
- SCHULZ, O.: 30 Jahre Blei-Zink-Forschung in den triadischen Karbonatgesteinen der Ostalpen. – Schriften-

- reihe der Erdwissenschaftlichen Kommission der Österr. Akad. Wissensch., mathem.-naturw. Kl., Abt. I, **192**, 239–266, Wien 1983c.
- SCHULZ, O.: Beiträge zur Lagerstättenforschung, Teilbericht IV (1982). – Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., **3**, 121–125, Wien 1983d.
- SCHULZ, O.: Tektonische Gefügeanalyse des Rahmens der Bleiberger Lagerstätte (Östliche Gailtaler Alpen, Kärnten, Österreich). – Jb. Geol. B.-A., **126/3**, 369–416, Wien 1984a.
- SCHULZ, O.: Zell am Ziller, a syngenetic old Paleozoic gold deposit in the Innsbruck quartz pyllite belt. – In: Syngeneses and Epigenesis in the Formation of Mineral Deposits (Ed. WAUSCHKUHN et al.), 170–176, Berlin – Heidelberg (Springer Verlag) 1984b.
- SCHULZ, O.: Beiträge zur Lagerstättenforschung, Teilbericht V (1983). – Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., **5**, 195–199, Wien 1984c.
- SCHULZ, O.: Ausgewählte Gefügebefunde in der kalkalpinen Pb-Zn-Lagerstätte Bleiberg-Kreuth (Gailtaler Alpen, Kärnten). – Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., **6**, 91–99, Wien 1985.
- SCHULZ, O. & FUCHS, H. W.: Gefügebeispiele für Erzmobilisationen in nichtmetamorphen und metamorphen Lagerstätten. – Schriftenreihe d. erdwiss. Komm. d. Österr. Akad. Wiss., **6**, 53–63, Wien 1983.
- SCHULZ, O., SCHROLL, E., DIEBER, K. & FUCHS, H. W.: Zur Frage der Sideritgenese der Lagerstätten um Hüttenberg (Kärnten). – Carinthia II, **176/96.**, 479–592, Klagenfurt 1986.
- SCHULZ, O. & WENGER, H.: Die Goldlagerstätte Zell am Ziller (Tirol) – Eine lagerstättenkundliche Betrachtung. – Jb. Geol. B.-A., **123/1**, 113–142, Wien 1980.
- SIDIROPOULOS, L.: Blei-Zink-Vererzungen in Breccienzonen der Nordtiroler Kalkalpen (zwischen Telfs – Biberwier – Nassereith und Imst). – Diss. Univ. Innsbruck, Innsbruck 1980.
- SIDIROPOULOS, L.: Pb-Zn-Vererzungen in Breccienzonen der Nordtiroler Kalkalpen zwischen Telfs, Biberwier, Nassereith und Imst. – Veröff. des Museum Ferdinandeum, **63**, 115–133, Innsbruck 1983.
- VAVTAR, F.: Boden, eine metamorphe, syngenetische Fe-Cu-Anreicherung in Paragneisen des Ötztal-Kristallins; Kaunertal, Tirol. – Berg- und Hüttenm. Mh., **125/4**, 194–200, 1980a.
- VAVTAR, F.: Forschungsneugigkeiten über ostalpine Erzlagerstätten. – Vortragsauszüge zur 3. Jahrestagung der Österr. Geol. Gesellschaft, Graz, 24.–29.9., 1980b.
- VAVTAR, F.: Syngenetische metamorphe Kiesanreicherungen in Paragneisen des Ötztal-Kristallins (Kaunertal, Tirol). – Veröff. des Museum Ferdinandeum Innsbruck, **61**, 151–169, Innsbruck 1981.
- VAVTAR, F.: Topomineralische Gold-Quarz-Gänge des Siglitz-Pochart-Erzwies-Revieres (Hohe Tauern, Gastein). – Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., **2**, 143–148, Wien 1982.
- VAVTAR, F.: Plangeroß-Mandarfen, eine syngenetische, metamorphe Kieskonzentration in Paragesteinen des Ötztalkristallins (Pitztal, Tirol). – Veröffentlichungen des Museum Ferdinandeum, **63**, 169–183, Innsbruck 1983.
- VAVTAR, F.: Sernes Kopf und Rauher Kopf, zwei metamorphe Kieskonzentrationen im Ötztalkristallin (Platzer Tal, Tirol). – Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., **6**, 101–108, Wien 1985.
- VAVTAR, F.: Sn-Erzspuren im Kupferkies-Bornit-Vorkommen am Glücksgrat (Stubai-Kristallin). – Tschermaks Min. Petr. Mitt., 1986 (im Druck).
- VAVTAR, F.: Erzanreicherungen im Nordtiroler Stubai-, Ötztal- und Silvrettakristallin. – Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., 1987 (im Druck).
- WENGER, H.: Metamorphe Erzmobilisationen im Zentralgneis des Stillupptales (Zillertal, Tirol). – Veröffentlichungen des Museum Ferdinandeum, **61**, 171–188, Innsbruck 1981.
- WENGER, H.: Die Eisenkarbonat-Kupferkiesvererzungen im Raume Schwaz, Tirol. – Veröffentlichungen des Museum Ferdinandeum, **63**, 185–200, Innsbruck 1983.
- WENGER, H.: Das Kies-Cu-Vorkommen am Penken bei Mayrhofen (Zillertal). – Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., **7** (gleicher Band), Wien 1986.

Weitere Literatur

- AMSTUTZ, C. C. & BERNARD, A. J.: Ores in Sediments. – 1–350, Berlin – Heidelberg – New York (Springer-Verlag) 1973.
- AMSTUTZ, C. C., EL GORESY, A., FRENZEL, G., KLUTH, C., MOH, G., WAUSCHKUHN, A. & ZIMMERMANN, R.-A.: Ore Genesis – The State of the Art. – 1 – 804, (Berlin – Heidelberg – New York (Springer-Verlag) 1982.
- ANGERER, H., HADITSCH, J. G., LASKOVIC, F., LEICHTFRIED, W. & MOSTLER, H.: Ein Beitrag zur Kenntnis der Gipslagerstätten des Montafons (Vorarlberg). – Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, **9**, 263–320, Innsbruck 1980.
- BECHSTÄDT, T.: Lead-Zinc Ores Dependent on Cyclic Sedimentation (Wetterstein-Limestone of Bleiberg-Kreuth, Carinthia, Austria). – Mineral. Deposita (Berl.), **10**, 234–248, 1975.
- BECHSTÄDT, T.: The Lead-Zinc Deposit of Bleiberg-Kreuth (Carinthia, Austria): Palinspastic situation, Paleogeography and Ore Mineralisation. 3rd. ISMIDA (Leoben 1977). – Verh. Geol. B.-A., **1978/3**, 221–235, Wien 1979.
- BERAN, A.: Gibt es in der Grauwackenzone mobilisierte sedimentäre Sideritlagerstätten? – Schriftenreihe d. Erdwiss. Komm., **6**, 21–24, Österr. Akad. Wiss., Wien 1983.
- BERAN, A., FAUPL, P. & HAMILTON, W.: Die Manganschiefer der Strubbergschichten (Nördliche Kalkalpen, Österreich) – eine diagenetisch geprägte Manganerzkarbonatvererzung. – Tschermaks Min. Petr. Mitt., **31**, 175–192, Wien 1983.
- BERAN, A. & THALMANN, F.: Der Bergbau Radmer-Buchegg – ein Beitrag zur Genese alpiner Sideritlagerstätten. – Tschermaks Min. Petr. Mitt., **25**, 287–303, Wien 1978.
- BRIGO, L.: Quadro metallogenitico dell'Alto Adige. – Boll. Soc. Geol. It., **95**, 1137–1159, Roma 1976.
- BRIGO, L. & DI COLBERTALDO, D.: Un nuovo orizzonte metallifero nel Paleozoico delle Alpi Orientali. – 2nd ISMIDA (Bled 1971), Geologija-Razprave in Poročila – 15. Knjiga, 109–124, Ljubljana 1972.
- BRIGO, L., DAL PIAZ, G. & FERRARIO, A.: Le mineralizzazioni cuprifere legate ai termini effusivi di alcuni complessi ofiolitici nell'area mediterranea. – Boll. Ass. Min. Subalp., **13**, 3, 352–376, Torino 1976.
- BRIGO, L. & OMENETTO, P.: Metallogenese der Italienischen Ostalpen, 3rd. ISMIDA (Leoben 1977). – Verh. Geol. B.-A., **3**, 249–266, Wien 1979.
- CEIPEK, N.: Die Stellung geophysikalischer Untersuchungsverfahren im Rahmen der Explorationsarbeiten der Bleiberger Bergwerks-Union im Grazer Paläozoikum. – BHM, **120/10**, 486–489, Wien 1975.
- CLAR, E.: Gefügestatistisches zur Metasomatose. – Min. u. Petrogr. Mitt., **43**, 129–143, 1932.
- CLAR, E.: Über die Herkunft der ostalpinen Vererzung. – Geol. Rundsch., **42**, 107–127, Stuttgart 1954.
- CLASEN, D.: Prätektonisches Sulfiderz aus dem Pinzgauer Phyllit westlich Mitterberg (Salzburg). – Geol. Rundschau, **63/1**, 124–135, Stuttgart 1974.

- DAHLKAMP, F.: Uranvorkommen in Österreich und ihre nationalwirtschaftlichen Aspekte. — BHM, **128**, 286–294, Wien 1983.
- DROVENIK, F., DROVENIK, M. & GRAD, K.: Kupferführende Gröndener Schichten Sloweniens. — 2nd ISMIDA (Bled 1971). — Geologija, **15**, 95–107, Ljubljana 1972.
- ERKAN, E.: Uran- und gipsführendes Permoskyth der östlichen Ostalpen. — Jb. Geol. B.-A., **120/2**, 343–400, Wien 1977.
- FELSER, K. O.: Die stratigraphische Stellung der Magnesitvorkommen in der östlichen Grauwackenzone (Steiermark, Österreich). — BHM, **122/2a**, 17–23, Wien 1977.
- FRIEDRICH, O. M.: Die Erze und der Vererzungsvorgang der Kobalt-Nickel-Lagerstätte Zinkwand Vöttern in den Schladminger Tauern. — Berg- u. Hüttenmänn. Jb., **81**, 1–14, Leoben 1933.
- FRIEDRICH, O. M.: Zur Erzlagerstättenkarte der Ostalpen. — Radex-Rundschau, **7/8**, 371–407, mit Karte 1 : 500.000, Radenthein 1953.
- FRIEDRICH, O. M.: Monographie der Erzlagerstätten bei Schladming. 1. Teil. — Arch. f. Lagerst.forsch. Ostalpen, **5**, 80–130, Leoben 1967.
- FRIEDRICH, O. M.: Die Vererzung der Ostalpen, gesehen als Glied des Gebirgsbaues. — Arch. f. Lagerst.forsch. Ostalpen, **8**, 1–136, Leoben 1968.
- FRIEDRICH, O. M.: Monographie der Erzlagerstätten bei Schladming. 2. Teil. — Arch. f. Lagerst.forsch., **9**, 107–130, Leoben 1969.
- FRIEDRICH, O. M.: Monographie der Erzlagerstätten bei Schladming. 3. Teil. — Arch. f. Lagerst.forsch. Ostalpen, **15**, 29–63, Leoben 1975a.
- FRIEDRICH, O. M.: Kurzbericht über die Vererzung der Schladminger Tauern. — Arch. f. Lagerst.forsch. Ostalpen, **15**, 117–127, Leoben 1975b.
- FUCHS, H. W.: Korngefügeanalytische Untersuchungen der Siderit-Lagerstätte Hüttenberg (Kärnten). — Diss. Univ. Innsbruck, Innsbruck 1978.
- FUCHS, H. W.: Korngefügeanalytische Untersuchungen der Siderit-Lagerstätte Hüttenberg (Kärnten). — Tschermaks Min. Petr. Mitt., **27**, 233–260, Wien 1980.
- GERMANN, K.: Verbreitung und Entstehung Mangan-reicher Gesteine im Jura der Nördlichen Kalkalpen. — Tschermaks Min. Petr. Mitt., **17**, 123–150, Wien 1972.
- GERMANN, K.: Deposition of Manganese and Iron Carbonates and Silicates in Liassic Marls of the Northern Limestone Alps (Kalkalpen). — In: Ores in Sediments (Ed. G. C. AMSTUTZ & A. J. BERNARD), 129–138, Berlin, Heidelberg, New York (Springer-Verlag) 1973.
- GOLLNER, H.: Die stratigraphische Stellung der Breitenauer Magnesitvorkommen. — BHM, **130/2**, 45–50, Wien 1985.
- GRÄF, W. & HADITSCH, J. G.: Steirische Eisenerzvorkommen. — In: Erz und Eisen in der Grünen Mark (Hrsg.: P. W. ROTH), 23–43, Graz 1984.
- GRUNDMANN, G.: Polymetamorphose und Abschätzung der Bildungsbedingungen der Smaragd-führenden Gesteinsserien der Leckbachscharte, Habachtal, Österreich. — Fortschr. Miner., **58**, 39–41, 1981.
- GRUSS, H.: Exhalativ-sedimentäre Mangankarbonatlagerstätten mit besonderer Berücksichtigung der liassischen Vorkommen in den Berchtesgadener und Salzburger Alpen. — N. Jb. Miner. Abh., **92**, 47–107, 1958.
- GUDDEN, H.: Über Manganerzvorkommen in den Berchtesgadener und Salzburger Alpen. — Erzmetall, **22**, 482–488, 1969.
- GSTREIN, P.: Neuerkenntnisse über die Genese der Fahlerz-Lagerstätte Schwaz, Tirol. — Diss. Univ. Innsbruck, Innsbruck 1978.
- GSTREIN, P.: Neuerkenntnisse über die Genese der Fahlerz-Lagerstätte Schwaz (Tirol). — Mineral. Deposita (Berl.), **14**, 185–194, 1979.
- HADITSCH, J. G. & MOSTLER, H.: die Bleiglanz-Zinkblende-Lagerstätte Thumersbach bei Zell am See (Nördliche Grauwackenzone Salzburg). — Archiv f. Lagerst.forsch. Ostalpen, **5**, 170–191, Leoben 1967.
- HADITSCH, J. G. & MOSTLER, H.: Beiträge zur Kenntnis ostalpiner Kupfer-Lagerstätten I. Die Fahlerz-Lagerstätte auf der Grattspitze (Thierberg bei Brixlegg). — Arch. f. Lagerst.forsch. Ostalpen, **9**, 169–194, Leoben 1969.
- HADITSCH, J. G. & MOSTLER, H.: Bemerkungen zu einem syngenetischen Bleiglanz-Zinkblende-Vorkommen in Nordtirol (Silberberg bei Brixlegg). — Anz. d. math.-naturw. Kl. d. Österr. Akad. Wiss., **1**, 39–40, Wien 1970.
- HADITSCH, J. G. & MOSTLER, H.: Mineralisationen im Perm der Ostalpen. — Carinthia II, **164/84**, 63–71, Klagenfurt 1974.
- HADITSCH, J. G. & MOSTLER, H.: Zeitliche und stoffliche Gliederung der Erzvorkommen im Innsbrucker Quarzphyllit. — Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, **12**, 1–40, Innsbruck 1982.
- HADITSCH, J. G. & MOSTLER, H.: The Succession of Ore Mineralization of the Lower Austroalpine Innsbruck Quartzphyllite. — In: Mineral Deposits of the Alps and of the Alpine Epoch in Europe (Ed. H. J. SCHNEIDER), 51–59, Berlin – Heidelberg (Springer Verlag) 1983.
- HAMMER, W.: Das Quarzkonglomerat am Hohen Burgstall und seine Vererzung. — Verh. Geol. B.-A., **73–84**, Wien 1928.
- HEGEMANN, F.: Über sedimentäre Lagerstätten mit submariner vulkanischer Stoffzufuhr. — Fortschr. Mineral., **27**, 54–55, 1948.
- HEGEMANN, F.: Über extrusiv-sedimentäre Lagerstätten in den Ostalpen. — Erzmetall, **IX**, 6, 2, Stuttgart 1956.
- HEGEMANN, F.: Über die „alpine Metallogenese“. — Fortschr. Min., **35/1**, 34–35, Stuttgart 1957.
- HEGEMANN, F.: Über extrusiv-sedimentäre Erzlagerstätten der Ostalpen. I. Teil: Magnetit- und Hämatitlagerstätten. — Erzmetall, **XI/5**, 209–217, Stuttgart 1958.
- HEGEMANN, F.: Über extrusiv-sedimentäre Erzlagerstätten der Ostalpen. II. Teil: Blei-Zinkerz-Lagerstätten. — Erzmetall, **XIII**, 79–84, 122–127, Stuttgart 1960.
- HERITSCH, H.: Die Bildungsbedingungen des Spodumenpegmatites vom Steinbruch Gupper, Koralpe, bei Deutschlandsberg, Weststeiermark. — Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, **114**, 47–56, Graz 1984.
- HOLL, R.: Die Zinnober-Vorkommen im Gebiet der Turracher Höhe (Nock-Gebiet/Österreich) und das Alter der Eisenhutschieferserie. — N. Jb. Geol. Paläont. Mh., **4**, 201–224, Stuttgart 1970.
- HÖLL, R.: Scheelitvorkommen in Österreich. — Erzmetall, **24/6**, 273–282, Stuttgart 1971.
- HÖLL, R.: Die Scheelitlagerstätte Felbertal und der Vergleich mit anderen Scheelitvorkommen in den Ostalpen. — Bayerische Akad. Wiss., math.-naturw. Kl., Abh., **157 A**, 1–114, München 1975.
- HÖLL, R. & MAUCHER, A.: Genese und Alter der Scheelit-Magnesit-Lagerstätte Tux. — Sitzungsber. Bayer. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl., 1–11, München 1967.
- HÖLL, R. & MAUCHER, A.: The strata-bound ore deposits in the Eastern Alps. — In: K. H. WOLF (Ed.): Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits 1–36, Amsterdam (Elsevier Scientific Publishing Company) 1976.
- HÖLL, R., MAUCHER, A. & WESTENBERGER, H.: Synsedimentary-diagenetic ore fabrics in the strata- and time-bound scheelite deposits of Kleinarl and Felbertal in the Eastern Alps. — Miner. Deposita, **7**, 217–226, 1972.
- HOLLER, H.: Eine Monographie des Bleiberger Bruches. — 32. Sonderh. d. Carinthia II, 1–92, Klagenfurt 1974.
- HOLLER, H.: Geologisch-tektonische Aufnahmen westlich der Bleiberger Lagerstätte. — Carinthia II, 33. Sonderh., 1–97, Klagenfurt 1977.
- HOLZER, H.: Über Uran-Indikationen im Kupferbergbau Mitterberg (Salzburg). — BHM, **122/8**, 302–304, Wien 1977.
- ILKHANI, E.: Die Erzlagerstätten südöstlich von Kitzbühel (Tirol). — Diss. Univ. Innsbruck, Innsbruck 1971.
- INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON METALLOGENY OF THE EARLY PRECAMBRIAN 1985, Changchun college, China. — Abstracts.
- ISMIDA 1966 (Trento – Aldo Adige): Atti del Symposium internazionale sui giacimenti minerari delle Alpi. — Vol. 1–4, Arti grafiche Saturnia, Trento 1966.

- ISMIDA 1971 (Bled): Proceedings of the 2nd International Symposium on the Mineral Deposits of the Alps. – Geologija-Razprave in Poročila, **15**, Ljubljana 1972.
- ISMIDA 1977 (Leoben): Drittes internationales Symposium über Minerallagerstätten der Alpen (Ed.: HOLZER, H. & STUMPF, E.). – Verh. Geol. B.-A., **3**, 175–536, Wien 1979.
- ISMIDA 1981 (Berchtesgaden): Mineral Deposits of the Alps and of the Alpine Epoch in Europe (Ed.: SCHNEIDER, H. J.). – Berlin – Heidelberg – New York – Tokyo (Springer Verlag) 1983.
- KARL, F.: Anwendung gefügeanalytischer Arbeitsmethoden am Beispiel eines Bergbaues (Kupferbergbau Mitterberg, Salzburg). – Neues Jb. Mineral. Abh., **85/2**, 203–246, Stuttgart 1953.
- KLAU, W. & MOSTLER, H.: Alpine middle and upper triassic Pb-Zn-deposits. – In: Internat. Conference on Mississippi Valley Type Lead-Zinc Deposits, University of Missouri-Rolla, 113–128, Rolla 1983.
- KLEMM, D. D. & SCHNEIDER, H. J.: Time- and Strata-Bound Ore Deposits. – 1–444, Berlin – Heidelberg – New York (Springer-Verlag) 1977.
- KÖPPEL, V. & SCHROLL, E.: Bleiisotopenzusammensetzung von Bleierzen aus dem Mesozoikum der Ostalpen. – Verh. Geol. B.-A., **1978**, 403–409, Wien 1979.
- KÖPPEL, V. & SCHROLL, E.: Bleiisotope und Remobilisation von Erzlagerstätten. – Schriftenreihe d. Erdwiss. Komm., **6**, 39–51, Österr. Akad. Wiss., Wien 1983.
- KÖPPEL, V. & SCHROLL, E.: Herkunft des Pb der triassischen Pb-Zn-Vererzungen in den Ost- und Südalpen. Resultate bleiisotopengeochemischer Untersuchungen. – Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., **6**, 215–222, Wien 1985.
- LADURNER, J.: Über ein geregeltes Magnesitgefüge. – Tschermaks Min. Petr. Mitt., **10**, 430–435, Wien 1965.
- LAHUSEN, L.: Die schicht- und zeitgebundenen Antimonit-Scheelit-Vorkommen und Zinnobervererzungen der Kreuzeck- und Goldeckgruppe in Kärnten und Osttirol, Österreich. – Diss. Univ. München, München 1969.
- LAHUSEN, L.: Die schicht- und zeitgebundenen Antimonit-Scheelit-Vorkommen und Zinnobervererzungen in Kärnten und Osttirol/Österreich. – Miner. Deposita, **7**, 31–60, Berlin 1972.
- LECHNER, K., HOLZER, H., RUTNER, A. & GRILL, R.: Karte der Lagerstätten mineralischer Rohstoffe der Republik Österreich 1 : 1.000.000. – Geol. B.-A., Wien 1964.
- LEITMEIER, H.: Die Entstehung der Spatmagnesite in den Ostalpen. – Tschermaks Min. Petrogr. Mitt., III, **3**, 305–331, Wien 1953.
- LEITMEIER, H. & SIEGL, W.: Untersuchungen an Magnesiten am Nordrand der Grauwackenzone Salzburgs und ihre Bedeutung für die Entstehung der Spatmagnesite der Ostalpen. – BHM, **99**, 201–211, 222–235, Wien 1954.
- LESKO, I.: Über die Bildung von Magnesitlagerstätten. – Miner. Deposita (Berl.), **7**, 61–72, 1972.
- LLARENA, J. G. DE: La magnesita de Euzoi (Navarra). – Bol. Soc. Esp. Hist. Nat. Madrid, t. **XLVIII**, 67–70, 1950.
- LLARENA, J. G. DE: Die Lagerstätten des sedimentären Magnesits im Paläozoikum der Westpyrenäen. – BHM, **96**, 221–227, Wien 1951.
- LLARENA, J. G. DE: Über die sedimentäre Entstehung des ostalpinen Magnesites „Typus Veitsch“. – Montan-Zeitung, Nr. **4**, Wien 1953.
- LLARENA, J. G. DE: Aportaciones gráficas al estudio de la magnesita sedimentaria de Asturreta (Navarra). – Estudios Geológicos, **XX**, 315–337, C. S. I. C. España 1965.
- LLARENA, J. G. DE: Notas complementarias sobre la magnesita de los Pirineos franceses y españoles. – Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (geol.), **65**, 131–150, 1967.
- LLARENA, J. G. DE: Contribución al estudio de la génesis de los carbonatos sedimentarios 1. – Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.), **66**, 319–337, 1968.
- LUKACS, E. & FLORJANČIČ, A. P.: Uranium ore deposits in the Permian sediments of northwest Yugoslavia. – In: Formation of uranium ore deposits (Proceedings of symposium Athens, 1974), 313–329, International Atomic Energy Agency, Wien 1974.
- LUKAS, W.: Zur Genese der Antimonitlagerstätte Schllaining (Burgenland). – TMPM, **14**, 87–101, Wien 1970a.
- LUKAS, W.: Tektonische Analyse der Antimonitlagerstätte Schllaining (Burgenland). – Verh. Geol. B.-A., **1970**, 34–60, Wien 1970b.
- LUKAS, W.: Die räumliche Antimon-Spurenverteilung in der Antimonitlagerstätte Schllaining im Burgenland. – N. Jb. Miner. Mh., **1970**, 97–112, Stuttgart 1970c.
- MARGARAS, S.: Die Barytvorkommen im Paläozoikum der Nördlichen Grauwackenzone zwischen Kitzbühel und Fieberbrunn. – Diss. Univ. Innsbruck, Innsbruck 1971.
- MARKOV, C. & RISTIĆ, M.: Caractères mineralo-géochimiques et genèse du gisement d'uranium de Žirovski Vrh. – In: Formation of uranium ore deposits (Proceedings of symposium Athens, 1974), 331–341, International Atomic Energy Agency, Wien 1974.
- MAUCHER, A.: Zur „alpinen Metallogenese“ in den bayerischen Kalkalpen zwischen Loisach und Salzach. – Tschermaks Min. Petr. Mitt., **4**, 454–463, Wien 1954.
- MAUCHER, A.: Die Deutung des primären Stoffbestandes der kalkalpinen Pb-Zn-Lagerstätten als syngenetisch-sedimentäre Bildung. – Und: Diskussionsbeitrag in „Entstehung von Blei-Zinkerzlagerstätten in Karbonatgesteinen.“ – München 1956; – BHM, **9**, 226–229, 234; Wien 1957.
- MAUCHER, A.: Die Antimon-Wolfram-Quecksilber-Formation und ihre Beziehungen zu Magmatismus und Geotektonik. – Freiburger Forschungsh. **C 186**, 173–188, Freiberg 1965.
- MAUCHER, A.: Zur Entdeckung und Erschließung der Scheelitlagerstätte Mittersill. Lagerstättenkundliche Theorie als Grundlage praktischen Erfolges. – Erzmetall, **30/1**, 15–21, Stuttgart 1977.
- MAUCHER, A. & HÖLL, R.: Die Bedeutung geochemisch-stratigraphischer Bezugshorizonte für die Altersstellung der Antimonitlagerstätte von Schllaining im Burgenland, Österreich. – Miner. Deposita (Berl.), **3**, 272–285, 1968.
- MLAKAR, I. & DROVENIK, M.: Strukturne in genetske posebnosti idrijskega rudišča. – Geologija – Razprave in Poročila, **14**, 67–126, Ljubljana 1971.
- MOSTLER, H.: Sedimentäre Blei-Zink-Vererzungen in den mittelpermischen Schichten von Tregiovo. – Miner. Deposita, **1**, 89–103, 1966.
- MOSTLER, H.: Alter und Genese ostalpinen Spatmagnetite unter besonderer Berücksichtigung der Magnesitlagerstätten im Westabschnitt der Nördlichen Grauwackenzone (Tirol, Salzburg). – Festschrift Heißel, Veröff. d. Univ. Innsbruck, **86**, 237–266, (1973) Innsbruck 1974.
- MOSTLER, H.: An jungpaläozoischen Karst gebundene Vererzungen mit einem Beitrag zur Genese der Siderite des steirischen Erzberges. – Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, **13**, 97–111, Innsbruck 1984.
- NEINAVAI, H.: Schichtgebundene Metallanreicherungen in den Schieferhüllen und in der Matreier Zone Osttirols. – Diss. Univ. Innsbruck, Innsbruck 1979.
- NEINAVAI, H., GHASSEMI, B. & FUCHS, H. W.: Die Erzvorkommen Osttirols. – Veröff. des Mus. Ferdinandeum, **63**, 69–113, Innsbruck 1983.
- NEINAVAI, H. & PFEFFER, W.: Wolframvererzung in der Innsbrucker Quarzphyllitzone bei der Klammalm im hinteren Navistal/Nordtirol. – Sitzung d. math.-naturw. Kl. d. Österr. Akad. Wiss., **6**, S. 132, Wien 1981a.
- NEINAVAI, H. & PFEFFER, W.: Scheelitvererzung in der Innsbrucker Quarzphyllitzone im Mühlbachtal/Oberpinzgau. – Sitzung d. math.-naturw. Kl. d. Österr. Akad. Wiss., **9**, 185–186, Wien 1981b.
- NEINAVAI, H., PFEFFER, W. & THALMANN, F.: Ergebnisse der geochemischen Prospektion auf Stahlveredler im Bundesgebiet. – BHM, **130**, 111–116, Wien 1985.
- OMENETTO, P. & BRIGO, L.: Metallogenesi nel quadro dell'orogene ercinico delle alpi (con particolare riguardo al versante italiano). – Mem. Soc. Geol. It., **13**, 1–24, Pisa 1974.
- ORIGONI-GIOBBI, E., BERNASCONI, A. & RAVAGNANI, D.: Petrological and metallogenic investigations on the collio formation of

- the Novazza uranium mine, Bergamasc Alps (Italy). – Rendiconti Soc. It. di Min. e Petr., **38/1**, 293–305, Milano 1981.
- PAK, E. & SCHAUBERGER, O.: Die Geologische Datierung der ostalpinen Salzlagerstätten mittels Schwefelisotopenuntersuchungen. – Verh. Geol. B.-A., **2**, 185–192, Wien 1981.
- PAK, E., SCHRÖLL, E. & WEBER, L.: Zur Schwefelisotopenzusammensetzung der Pb-Zn-Vererzung des Grazer Paläozoikums (Ostalpen). – Mineral. Deposita, **15**, 315–325, Berlin 1980.
- PETRASCHECK, W.: Die alpine Metallogenese. – Jahrb. Geol. B.-A., **90/1945**, 129–149, Wien 1947.
- PETRASCHECK, W. E.: Lagerstättenlehre. – Wien (Springer Verlag) 1961.
- PETRASCHECK, W. E.: Die zeitliche Gliederung der ostalpinen Metallogenese. – Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss., mathem.-naturw. Kl., **175**, 57–74, Wien 1966.
- PETRASCHECK, W. E.: Kontinentalverschiebung und Erzprovinzen. – Miner. Deposita (Berl.), **3**, 56–65, 1968.
- PETRASCHECK, W. E.: Methoden und Aufgaben der Lagerstättenuntersuche in Österreich. Festvortr. i. d. Feierl. Sitzung d. Österr. Akad. Wiss. am 27. Mai 1970. – Almanach Österr. Akad. Wiss., **120**, 172–182, Wien 1970.
- PETRASCHECK, W. E.: Die Herkunft der Erzmehalle. – Schriftenr. Erdwiss. Komm. Österr. Akad. Wiss., **1**, 174–183, Wien 1974.
- PETRASCHECK, W. E.: Zur Altersbestimmung einiger ostalpiner Erzlagerstätten. – Mitt. Österr. Geol. Ges., **68** (1975), 79–87, Wien 1978.
- PETRASCHECK, W. E.: Mobilisation of Ores in the Alpine Mediterranean Area (Ed.: PETRASCHECK, W. E.). – Schriftenr. d. Erdwiss. Komm., **6**, Wien 1983.
- PETRASCHECK, W. E., ERKAN, E. & HÖNIG, J.: Die Gipslagerstätten der Steiermark. – Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum, **38**, 89–99, (235–245), Graz 1977.
- PETRASCHECK, W. E., ERKAN, E. & NEUWIRTH, K.: Permo-triassic uranium ore in the Austrian Alps – palaeogeographic control as a guide for prospecting. – In: Formation of uranium ore deposits, Proceed. sympos. Athens 1974, 291–298, Internat. Atomic Energy Agency, Wien 1974.
- PETRASCHECK, W. E., ERKAN, E. & SIEGL, W.: Type of uranium deposits in the Austrian Alps. – International symposium co-sponsored by the Institution of Mining and Metallurgy and the Commission of the European Communities, London (M. J. Jones), 71–75, London 1977.
- PETRASCHECK, W. E., KRÁLIK, M. & RANZENBACHER, A.: The Strata-Bound Magnesite Deposit of Eugui-Asturreta in the Spanish Pyrenees. – In: Time- and Strata-Bound Ore Deposits (Ed. D. D. KLEMM, H. J. SCHNEIDER), 254–259, Berlin – Heidelberg (Springer Verlag) 1977.
- PETRASCHECK, W. E. & POHL, W.: Lagerstättenlehre. – 1–341, Stuttgart (E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung), 1982.
- PIRKL, H.: Geologie des Trias-Streifens und des Schwazer Dolomits südlich des Inn zwischen Schwaz und Wörgl (Tirol). – Jb. Geol. B.-A., **104**, 1–150, Wien 1961.
- POHL, W., SIEGL, W. & VINZENZ, M.: Das Eisenglimmervorkommen bei Pack/Stmk. Zwischenbericht 1980. – Mitt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum, **42**, 103–115, Graz 1981.
- PURTSCHELLER, F. & SASSI, F.: Some Thoughts on the Pre-Alpine Metamorphic History of the Austriac Basement of the Eastern Alps. – Tscherm. Min. Petr. Mitt., **3/22**, 175–199, Wien 1975.
- RAINER, H.: Diskussionsbeitrag in „Entstehung von Blei-Zink-Erzlagerstätten in Karbonatgesteinen“ – München 1956. – BHM, **9**, 235–237, 249; Wien 1957.
- REDLICH, K. A.: Über das Alter und die Entstehung einiger Erz- und Magnesitlagerstätten der Steirischen Alpen. – Jb. Geol. B.-A. (Wien), **53**, 285–294, Wien 1903.
- RUTTNER, A. W.: Die Bauxit-Vorkommen der Oberkreide in den Ostalpen und deren Paläogeographische Bedeutung. – Annales Instituti Geologici Publici Hungarici, Vol. **LIV**, Fasc. 3, 131–134, Budapest 1971.
- SANDER, B.: Einführung in die Gefügekunde der geologischen Körper. 1. Teil. – 1–215, Wien (Springer Verlag) 1948.
- SANDER, B.: Einführung in die Gefügekunde der geologischen Körper. 2. Teil. – 1–409, Wien (Springer Verlag) 1950.
- SANDER, B.: An Introduction to the Study of Fabrics of Geological Bodies. – 1–641, (Pergamon Press) 1970.
- SCHÄFFER, U. & TARKIAN, M.: Die Genese der stratiformen Sulfidlagerstätte Kalwang (Steiermark), der Grünsteinserie und einer assoziierten silikatreichen Eisenformation. – TMPM, **33**, 169–186, Wien 1984.
- SCHAUBERGER, O.: Die stratigraphische Aufgliederung des alpinen Salzgebirges. – BHM, **94/3**, 46–56, Leoben 1949.
- SCHAUBERGER, O.: Zur Genese des alpinen Haselgebirges. – Z. Dtsch. Geol. Ges., **105**, 736, Berlin 1955.
- SCHAUBERGER, O.: Die alpinen Salzlagerstätten. – Verh. Geol. B.-A., **1978/3**, 455–459, Wien 1979.
- SCHMID, H.: Geochemisch-lagerstättenkundliche Untersuchungen im Bereich der Kieslagerstätte Prettau, Ahrntal. – Diss. Univ. München, München 1973.
- SCHNEIDER, H. J.: Neue Ergebnisse zur Stoffkonzentration und Stoffwanderung in Blei-Zink-Lagerstätten der nördlichen Kalkalpen. – Fortschr. Mineralogie, **32**, 26–30, Stuttgart 1953.
- SCHNEIDER, H. J.: Die sedimentäre Bildung von Flußspat im oberen Wettersteinkalk der Nördlichen Kalkalpen. – Abh. Bayer. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl. N. F., **66**, 1–37, München 1954.
- SCHNEIDER, H. J.: Diskussionsbeitrag in „Entstehung von Blei-Zink-Erzlagerstätten in Karbonatgesteinen“ (München 1956). – BHM, **9**, 238–240, 242–244, 246, 248, 256, Wien 1957.
- SCHÖNLAUB, H. P.: Schwamm-Spiculae aus dem Rechnitzer Schiefergebirge und ihr stratigraphischer Wert. – Jb. Geol. B.-A., **116**, 35–49, Wien 1973.
- SCHRÖLL, E.: Zur Korrelation geochemischer Charakteristika der Blei-Zink-Lagerstätte Bleiberg-Kreuth mit anderen schichtgebundenen Vererzungen in Karbonatgesteinen. – Österr. Akad. Wiss., Schriftenr. erdwiss. Komm., **3**, 131–158, Wien 1978.
- SCHRÖLL, E.: Beitrag der Geochemie zur Kenntnis der Lagerstätten der Ostalpen. – Proc. 3rd ISMIDA (Leoben 1977). – Verh. Geol. B.-A., **3**, 461–470, Wien 1979.
- SCHRÖLL, E.: From the Guide Element to the Geochemical Classification. – Monogr. Series on Min. Dep., **25**, 1–14, Berlin – Stuttgart 1985a.
- SCHRÖLL, E.: Geochemische Parameter der Blei-Zink-Vererzung in Karbonatgesteinen und anderen Sedimenten. – Arch.f.Lagerst.forsch. Geol. B.-A., **6**, 167–178, Wien 1985b.
- SCHRÖLL, E.: Blei-Zink-Lagerstätten in Sedimenten. – Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., **6**, 157–165, Wien 1985c.
- SCHRÖLL, E. & SAUER, D.: Ein Beitrag zur Geochemie der seltenen Elemente in Bauxiten. – Symp. sur les Bauxites, Oxydes et Hydroxydes d'Aluminium. – Acad. Yougoslave d. Sc. et d. Arts (Zagreb 1963), **1**, 201–225, Zagreb 1964.
- SCHRÖLL, E., SCHULZ, O. & PAK, E.: Sulphur Isotope Distribution in the Pb-Zn-Deposit Bleiberg (Carinthia, Austria). – Mineral. Dep., **18**, 17–25, 1983.
- SCHULZ, O.: Gefügekundlich-tektonische Analyse des Blei-Zink-Bergbaugesbietes Lafatsch (Karwendelgebirge, Tirol). – BHM, **5**, 85–95, Wien 1954.
- SCHULZ, O.: Montangeologische Aufnahme des Pb-Zn-Grubenrevieres Vomperloch, Karwendelgebirge, Tirol. – BHM, **9**, 259–269, Wien 1955.
- SCHULZ, O.: Zur Raibler Dolomitvererzung der Grube Max in Kreuth (Kärnten). In „Diskussionsbeiträge zum Thema: Entstehung von Blei-Zinklagerstätten in Karbonatgesteinen“ (München 1956). – BHM, **9**, 241–242, Wien 1957.
- SCHULZ, O.: Summar: Schicht- und zeitgebundene, paläozoische Zinnober-Vererzung in Stockenboi (Kärnten). – Sitzung vom 6. Dezember 1968, Bayer. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl., 1–3, München 1968b.
- SCHULZ, O.: Schicht- und zeitgebundene paläozoische Zinnober-Vererzung in Stockenboi (Kärnten). – Sitzungsber. Bayer. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl., 1968, **9**, 113–139, München 1969.

- SCHULZ, O.: Horizontgebundene altpaläozoische Eisenspatvererzung in der Nordtiroler Grauwackenzone, Österreich. – *Tscherm. Min. Petr. Mitt.*, **15**, 232–247, Wien 1971a.
- SCHULZ, O.: Neue Erzmineralfunde im Buntsandstein von Fieberbrunn (Tirol). – *Veröff. Mus. Ferdinandeum*, **51**, 55–160, Innsbruck 1971b.
- SCHULZ, O.: Neuergebnisse über die Entstehung paläozoischer Erzlagerstätten am Beispiel der Nordtiroler Grauwackenzone. – 2nd. ISMIDA (Bled 1971). – *Geologija*, **15**, 125–140, Ljubljana 1972a.
- SCHULZ, O.: Horizontgebundene altpaläozoische Kupferkiesvererzung in der Nordtiroler Grauwackenzone, Österreich. – *Tscherm. Min. Petr. Mitt.*, **17**, 1–18, Wien 1972b.
- SCHULZ, O.: Unterdevonische Baryt-Fahlerz-Mineralisationen und ihre steilachsige Verformung im Großkogel bei Brixlegg (Tirol). – *Tscherm. Min. Petr. Mitt.*, **18**, 114–128, Wien 1972c.
- SCHULZ, O.: Wirtschaftlich bedeutende Zinkanreicherung in syndiagenetischer Deformationsbreccie in Kreuth (Kärnten). – *Tscherm. Min. Petr. Mitt.*, **20**, 280–295, Wien 1973.
- SCHULZ, O.: Metallogene im Paläozoikum der Ostalpen. – *Geol. Rundsch.*, **63**, 93–104, Stuttgart 1974.
- SCHULZ, O.: Resedimentbreccien und ihre möglichen Zusammenhänge mit Zn-Pb-Konzentrationen in mitteltriadischen Sedimenten der Gailtaler Alpen (Kärnten). – *Tscherm. Min. Petr. Mitt.*, **22**, 130–157, Wien 1975.
- SCHULZ, O.: Typical and nontypical sedimentary ore fabrics. – In: K. H. WOLF (Ed.): *Handbook of strata bound and stratiform ore deposits*, 295–338, Amsterdam (Elsevier Publ. Comp.) 1976.
- SCHULZ, O.: Synsedimentäre Fe-Anreicherung in der Innsbrucker Quarzphyllitzone am Beispiel der Sideritlagerstätte Eisenkar, Mölstal (Tuxer Voralpen). – *Veröff. Mus. Ferdinandeum*, **57**, 103–117, Innsbruck 1977.
- SCHULZ, O.: Tektonische Gefügeanalyse der Pb-Zn-Lagerstätte Bleiberg-Kreuth (Kärnten). – *Naturwiss. Verein f. Kärnten, Carinthia II*, **34**, Sh., 1–71, Klagenfurt 1978.
- SCHULZ, O.: Beiträge zur Metallogene in den Ostalpen. – *Verh. Geol. B.-A.*, **2**, 237–264, Wien 1979a.
- SCHULZ, O.: Metallogene in den österreichischen Ostalpen – *Proceed. 3rd ISMIDA (Leoben 1977)*. – *Verh. Geol. B.-A.*, **3**, 471–478, Wien 1979a.
- SCHULZ, O.: Die Sideritlager in den Paragneisen von Bärenbach bei Hüttenberg, Kärnten. – *Carinthia II*, Jg. **169/89**, 37–57, Klagenfurt 1979b.
- SCHULZ, O.: Zell am Ziller, a Syngenetic old Paleozoic Gold Deposit in the Innsbruck Quartz Phyllite Belt. – In: *Syngenes and Epigenesis in the Formation of Mineral Deposits* (Ed. A. WAUSCHKUHNS et al.), 170–176, Berlin – Heidelberg (Springer-Verlag) 1984.
- SCHULZ, O. & BRIGO, L.: Zusammenstellung der Lagerstätten mineralischer Rohstoffe in Nord-, Ost- und Südtirol. – *Tirol-Atlas, Begleittexte IV, Tiroler Heimat, Jb. f. Geschichte u. Volkskunde*, **41**, 25–38, Innsbruck (Univ.-Verlag Wagner) 1977.
- SCHULZ, O. & LUKAS, W.: Eine Uranerzlagerstätte in permotriadischen Sedimenten Tirols. – *Tscherm. Min. Petr. Mitt.*, **14**, 213–331, Wien 1970.
- SCHULZ, O. & VAVTAR, F.: Sedimentary Magnesit fabric within the Spar Magnesit deposit Hochfilzen (Tirol). – *Maucher-Festschrift: Time- and Strata-Bound Ore deposits* (Eds. KLEMM & SCHNEIDER), 260–270, Berlin – Heidelberg – New York (Springer-Verlag) 1977.
- SEIDL, K.: Das Problem der Bleizinkvererzungen der Kalkalpen unter Berücksichtigung von Großtektonik und Salzsolenwirksamkeit. – *N. Jb. Min. Abh.*, **92/3**, 279–313, Stuttgart 1959.
- SIEGL, W.: Zur Vererzung der Pb-Zn-Lagerstätten von Bleiberg. – *BHM*, **5**, 108–111, Wien 1956.
- SIEGL, W.: Diskussionsbeitrag in „Entstehung von Blei-Zink-Erzlagerstätten in Karbonatgesteinen“, München 1956. – *BHM*, **9**, 237–238, Wien 1957.
- SIEGL, W.: Entwurf zu einer salinar-sedimentären Entstehung der Magnesite vom Typ Entachen (Salzburg). – *Miner. Deposita*, **4**, 225–233, Berlin 1969.
- SIEGL, W.: Die Uranparagenese von Mitterberg (Salzburg, Österreich). – *Tscherm. Min. Petr. Mitt.*, **17**, 263–275, (Springer) 1972.
- SIEGL, W.: Ein Beitrag zur Genese der Vererzung des Grazer Paläozoikums. – *Miner. Deposita* (Berl.), **9**, 289–295, 1974.
- SIEGL, W.: Reflections on the Origin of Sparry Magnesite Deposits. – In: *Syngenes and Epigenesis in the Formation of mineral Deposits* (Ed. A. WAUSCHKUHNS et al.), 177–182, Berlin – Heidelberg (Springer-Verlag) 1984.
- SIEGL, W. & FELSER, K. O.: Der Kokardendolomit und seine Stellung im Magnesit von Hohentauern/Trieben. – *BHM*, **118**, 8, 251–256, Wien 1973.
- SRBIK, R.: Bergbau in Tirol und Vorarlberg. – *Ber. d. Nat.wiss. mediz. Ver. Innsbruck*, **41**, 1–277, Innsbruck 1929.
- TAUPITZ, K. C.: Die verschiedene Deutbarkeit von „metasomatischen“ Gefügen und „telettermalen“ Blei-Zink-Lagerstätten. – *Fortschr. Mineralogie*, **32**, 30–31, Stuttgart 1953.
- TAUPITZ, K. C.: Erze sedimentärer Entstehung auf alpinen Lagerstätten des Typs „Bleiberg“. – *Zeitschr. f. Erzbergbau u. Metallhüttenw.*, **8**, 1–7, 1954a.
- TAUPITZ, K. C.: Die Blei-Zink- und Schwefelerzlagerstätten der Nördlichen Kalkalpen westlich der Loischach. – *Diss. Bergakad. Clausthal*, 1954b.
- TAUPITZ, K. C.: Diskussionsbeitrag in „Entstehung von Blei-Zink-Erzlagerstätten in Karbonatgesteinen“, München 1956. – *BHM*, **9**, 241, 247, 248, 253, Wien 1957.
- TISCHLER, S. E.: Die Verrucano- und Buntsandsteinerze in Nordtirol. – *Diss. Univ. Innsbruck*, Innsbruck 1977.
- TISCHLER, S. E.: The Verrucano- and Buntsandstein ores in Northern Tyrol. – 3rd ISMIDA (Leoben 1977). – *Verh. Geol. B.-A.*, **1978/3**, 491–497, Wien 1979.
- TISCHLER, S. E. & UCIC, F. H.: Schichtgebundene Sulfidmineralisation (Typus Schellgaden) in der Schieferhülle des östlichen Tauernfensters. – *Carinthia II*, **169/68** Jg., 371–407, Klagenfurt 1979.
- TROLL, G., FORST, R. & SÖLLNER, F.: Über Bau, Alter und Metamorphose des Altkristallins der Schobergruppe, Osttirol. – *Geol. Rundsch.*, **65**, 483–511, Stuttgart 1976.
- TUFAR, W.: Das Kupfervorkommen von Eichbüchl bei Wiener Neustadt (Niederösterreich). – *N. Jb. Min. Abh.*, **105**, 203–210, Stuttgart 1966.
- TUFAR, W.: Die Kupferlagerstätte von Trattenbach (Niederösterreich). – *Tscherm. Min. Petr. Mitt.*, **3**, Folge, **12**, H. 2–3, 140–181, Wien 1968.
- TUFAR, W.: Das Problem der ostalpinen Metallogene, beleuchtet am Beispiel einiger Erzparagenesen vom Alpenoststrand. – *Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl., Abt. I*, **177**, 1–20, Wien 1969.
- TUFAR, W.: Bleiglanz-Granat-Verwachsungen in der Lagerstätte von Ramingstein im Lungau (Salzburg). – *N. Jb. Miner. Mh.*, **4**, 183–192, Stuttgart 1971.
- TUFAR, W.: New Views on the Problem of the Siderite-Magnesite Deposits of the Eastern Alps Shown by the Example of some Parageneses from the eastern Border of the Alps. – In: *Proceed. 2nd. ISMIDA (Bled 1971)*. – *Geologija*, **15**, 230–235, Ljubljana 1972a.
- TUFAR, W.: Zur Blei-Zink-Vererzung des Grazer Paläozoikums. – *Joanneum, Mineralog. Mitteilungsbl.*, **1972**, H. 2, 64–75 (256–267), Graz 1972b.
- TUFAR, W.: Zur Altersgliederung der ostalpinen Vererzung. – *Geol. Rdsch.*, **63**, 105–124, Stuttgart 1974.
- TUFAR, W.: Mikroskopisch-lagerstättenkundliche Charakteristik ausgewählter Erzparagenesen aus dem Altkristallin, Paläozoikum und Mesozoikum der Ostalpen. 3rd ISMIDA (Leoben 1977). – *Verh. Geol. B.-A.*, **1978/3**, 499–528, Wien 1979.
- TUFAR, W.: Ore Mineralization from the Eastern Alps, Austria, as strata-bound-syngenetic formations of pre-alpine and alpine age. – *Proceedings 5th IAGOD Symp.*, 513–544, Stuttgart 1980.
- TUFAR, W.: Die Vererzung der Ostalpen und Vergleiche mit Typlokalitäten anderer Orogengebiete. – *Mitt. Österr. Geol. Ges.*, **74/75**, Jg. 1981/82, 265–306, Wien 1981.
- UNGER, H.: Die Kupfer- und Schwefelkies-Lagerstätten (Alpine Kieslager) im Bereich der Nördlichen Grauwackenzone. 2nd

- ISMIDA (Bled 1971). – Geologija, **15**, 141–157, Ljubljana 1972.
- UNGER, H. & FRIEDRICH, O. M.: Der Schwefelkiesbergbau Rettenbach (Oberpinzgau/Salzburg). – Arch. f. Lagerst.forsch. i. d. Ostalpen, **9**, 35–72, (1969), Leoben 1970.
- VACEK, M.: Skizze eines geologischen Profils durch den steir. Erzberg. – Jb. Geol. R.-A., **50**, 23–32, Wien 1900.
- VAVTAR, F.: Gefügeanalytische Untersuchungen der Magnesitlagerstätte Bürglkopf-Weißenstein bei Hochfilzen, Tirol. – Diss. Univ. Innsbruck, Innsbruck 1974.
- VAVTAR, F.: Gefügeanalytische Untersuchungen der Magnesitlagerstätte Bürglkopf-Weißenstein bei Hochfilzen, Tirol. – Verh. Geol. B.-A., H. **2**, 147–182, Wien 1976.
- VAVTAR, F.: Die Kupfer-Lagerstätten Blaufeldalm, Brunnalm und Traholz (Nördliche Grauwackenzone) im Rahmen einer paläozoischen Metallogene. – Veröff. Mus. Ferdinandeum, **57**, 53–62, Innsbruck 1977.
- VAVTAR, F.: Ein polymetallisches Erzlager in Pargneisen des Wörgeltals (Öztalkristallin). – Tscherm. Min. Petr. Mitt., **26**, 175–185, Wien 1979a.
- VAVTAR, F.: Syngenetische, metamorphe Erzgefüge der Kies- und Kupferlagerstätte Tschingl bei Feichten im Kaunertal (Öztalkristallin). – Veröff. Mus. Ferdinandeum, **59**, 151–163, Innsbruck 1979b.
- VOHRZYKA, K.: Die Erzlagerstätten von Nordtirol und ihr Verhältnis zur alpinen Tektonik. – Jb. Geol. B.-A., **111**, 3–88, Wien 1968.
- WAUSCHKUH, A., KLUTH, C. & ZIMMERMANN, R. A.: Syngeneses and Epigenesis in the Formation of Mineral Deposits. – 1–653, Berlin – Heidelberg – New York (Springer-Verlag) 1984.
- 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. Joanneum, **38**, 123–141 (269–287), Graz 1977.
- WEBER, L.: The Stratiform Lead-Zinc Mineralisation of the "Paleozoic of Graz" (Styria, Austria). – In: Mineral Deposits of the Alps and of the alpine Epoch in Europe (Ed. H. J. SCHNEIDER), 81–87, Berlin – Heidelberg (Springer-Verlag) 1983.
- WEBER, L., PAUSWEG, F. & MEDWENITSCH, W.: Zur Mitterberger Kupfervererzung im Südtirol (Arthurstollen). – Mitt. Geol. Ges., 209–218, Wien 1972.
- WENGER, H.: Die Scheelitlagerstätte Tux. – Radex Rdsch., **2**, 109–132, Radenthein 1964.
- WENGER, H.: Achsenverteilungsanalyse am Scheelit der Tuxer Lagerstätte. – Radex Rdsch., **5**, 687–695, 1965.
- WENGER, H.: Syngenetisches Eisenspatvorkommen von Larmark (Hochfügen, Zillertal). – Veröff. d. Tir. Landesmus. Ferdinandeum, **53**, 289–296, Innsbruck 1973.
- WENGER, H.: Synsedimentäre Eisenspatvererzung von Kleinboden (Uderns), Zillertal. – Radex Rdsch., **2**, 127–130, Radenthein 1974.
- WENGER, H.: Horizontgebundene Eisen-Kupferkiesvererzung in der Innsbrucker Quarzphyllitzone. – Veröff. Mus. Ferdinandeum, **57**, 171–184, Innsbruck 1977a.
- WENGER, H.: Stellung und Genese des Eisen-Kupfervorkommens bei der Krantalm-Kelchsau. – Veröff. Mus. Ferdinandeum, **57**, 163–169, Innsbruck 1977b.
- WENGER, H.: Syngenetische Eisenspatvererzung von Pfunds (Hochfügen) im Finsingtal (Tuxer-Voralpen). – Verh. Geol. B.-A., **2**, 109–115, Wien 1978.
- WENGER, H.: Diskordante und konkordante Kupferkies- und Eisenspatvererzungen im Bereich des Kaunzalm-Hochlegers im Öxeltal (Tuxer Voralpen). – Veröff. Mus. Ferdinandeum, **59**, 85–98, Innsbruck 1979.
- WETZENSTEIN, W.: Limnische Huntit-Hydromagnetit-Magnetit-Lagerstätten in Mazedonien/Nordgriechenland. – Miner. Deposita, **10**, 129–140, Berlin 1975.
- WÖBKING, H.: Galvanikpotentiale von Erzmineralen diverser Lagerstätten. – BHM, **117**, 48–51, 1972.
- WÖBKING, H.: Untersuchungen von Kupferspuren in Bergwässern – ein Beitrag zur hydrochemischen Prospektion. – Montanrdsch., **21**, 12–16, Wien 1973.
- WÖBKING, H.: Untertägige Eigenpotentialmessungen in den Bergbauen Großkogel bei Brixlegg und Falkenstein bei Schwaz. – BHM, **127**, 476–486, 1982.
- WOLF, K. H.: Handbook of Strata-Bound and Stratiform Ore Deposits, Vol. 3. – 1–353, Amsterdam – Oxford – New York (Elsevier) 1976.
- WOPFNER, H., GRIESECKE, S., KOCH, J. & FELS, H.: New Aspects on Metal Deposits of the Groeden Sandstone (South Tyrol, Italy). – In: Mineral Deposits of the Alps and of the Alpine Epoch in Europe (Ed.: H. J. SCHNEIDER), 60–69, Berlin – Heidelberg (Springer Verlag) 1983.
- ZORC, A.: Diskussionsbeitrag in: „Entstehung von Blei-Zink-Erzlagerstätten in Karbonatgesteinen“, München 1956: über die Genesis der Lagerstätte Mežica. – BHM, **9**, S. 235, 1957.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 18. April 1984.