

MINERALOGIE UND PETROGRAPHIE

Altaitführende Erzparagenesen aus dem Blauwandlstollen, Untersulzbachtal, SalzburgVon R. SEEMANN & F. BRANDSTÄTTER¹⁾

(Mit 1 Abbildung und 5 Tafeln)

Manuskript eingelangt am 5. Juni 1987

Zusammenfassung:

Der dem historischen Kupferbergbau Untersulzbach zugehörige Blauwandlstollen ist dem Typus der stratiformen Kiesvererzungen in Grünschistungen zuzurechnen. Die Erzminerale, vorwiegend Chalkopyrit und Pyrit treten in geringmächtigen granatführenden Biotit-Chloritschiefern der Habachformation (Abschnitt „Knappenwandmulde“) im Bereich der Nordabdachung der Hohen Tauern (Tauernfenster-Nordrand) auf.

Die auch im Kleinbereich unterschiedlichen Erzparagenesen werden einerseits als Produkt primärer altpaläozoischer, vulkanischer Phasen und sedimentärer Aufarbeitungen angesehen, andererseits den späteren Beeinflussungen durch die jungpaläozoische Intrusion und vor allem der alpidischen Metamorphose und Tektonik zugeschrieben. Speziell im letzten aktiven, gebirgsbildenden Zeitraum sind lokale Stoffzufuhren nicht auszuschließen. Mobilisationen im engeren Bereich und Rekrystallisationen sind offensichtlich.

Folgende Erzvergesellschaftungen, geordnet nach der Häufigkeit ihres Auftretens, werden beschrieben: Typ I: Pyrit-Chalkopyrit-Pyrrhotin-Magnetit-Markasit-Sphalerit-Galenit-Glaukodot. Typ II: Chalkopyrit-Pyrit-Markasit-Sphalerit-Altait. Typ III: Pyrit-Chalkopyrit-Sphalerit.

Summary:

Altait-bearing ore mineral associations from the Blauwandlstollen, Untersulzbach Valley, Salzburg, Austria.

The "Blauwandlstollen" which is part of the historical copper ore deposit Untersulzbach belongs to the strata-bound sulphide mineralizations in greenstones.

The ore minerals, mainly chalcopyrite and pyrite occur in thin layers of garnet-bearing biotite-chlorite schists. The schists belong to the rock sequences of the Habach formation which is situated within the northern margin of the Tauern window.

The different ore mineral parageneses apparently are the products of primary volcanic activity and sedimentary processing. In the two following orogenetic (Variscian and Alpidic) stages ore was mobilised and recrystallised by tectonism and metamorphism. Local supply of solutions in the course of the last alpidic metamorphism cannot be excluded. Three types of ore paragenesis are described (in order of decreasing abundance). Type I: pyrite-chalcopyrite-pyrrhotite-magnetite-galena-glaucodote. Type II: chalcopyrite-pyrite-marcasite-sphalerite-altait. Type II: pyrite-chalcopyrite-sphalerite.

¹⁾ Anschrift der Verfasser: Dr. Robert SEEMANN, Dr. Franz BRANDSTÄTTER, Mineralog.-Petrograph. Abteilung, Naturhistorisches Museum Wien, Postrach 417, Burgring 7, A-1014 Wien. - Österreich.

Einleitung

Im Rahmen des Forschungsprojektes Knappenwand der Mineralogisch-Petrographischen Abteilung des Naturhistorischen Museums Wien, das sich bevorzugt mit Epidot und seiner Kluftmineralvergesellschaftung der weltbekannten Fundstelle „Knappenwand“ im Oberpinzgau beschäftigt, wurden auch die begleitenden Vererzungen behandelt.

Die Mineralien der Epidotfundstelle wie auch die Erze des Blauwandlstollens befinden sich in den tektonischen, zum Teil deutlich beanspruchten, stark variierenden Gesteinsabfolgen der Habachformation am Nordrand des Tauernfensters.

Die sich in engster Nachbarschaft zur Knappenwand befindliche Vererzung ist durch den Blauwandlstollen aufgeschlossen (Taf. 1). Mit ca. 90 m ist er nur ein kleines randliches Abbausystem im Komplex des historischen Kupferbergbauereviere Untersulzbach, der einige km Stollen aufweist, die vorwiegend am Talgrund konzentriert sind.

Bei der systematischen Erfassung der vielfältigen Vererzungen wurden neben dominierend Pyrit und Chalkopyrit auch seltene Erze wie Altit und Glaukodot festgestellt.

Zur Geschichte des Kupferbergbaues im Untersulzbachtal

Erste Beziehung zwischen Kupferbergbau und Besiedlung im Oberpinzgau gab es bereits vor ca. 3000 Jahren. In frühgeschichtlichen Funden aus Bramberg und Krimml fallen Tonscherben mit Kupferverhüttungsschlacke als Magerungsmittel auf, die auf einen nahegelegenen Bergbau hindeuten (LAHNSTEINER 1980). Beweise für diese frühen bergmännischen Aktivitäten, speziell im Untersulzbachtal, liegen bisher aber nicht vor.

Erste Belege für den Kupferbergbau im Untersulzbachtal stammen aus dem Zeitraum 1520 bis 1540. Neben den Bergbauevieren „Brenntal“ (Niedernsill), „Gamskogel“ (Habachtal) wird in alten Schriften der Schmelzherren zu Mühlbach (im Pinzgau) auch das sogenannte „Hochfeld“ im Untersulzbachtal genannt.

Aus dieser Phase stammt nach Unterlagen des Salzburger Landesarchivs auch der Anschlag des Blauwandlstollens und des Blauwandl-Unterbaues, die beide vermutlich auf Grund oberflächlich auftretender Erzspreuen angelegt wurden. Entsprechend den blaugrünen Kupferverwitterungsmineralien erfolgte auch die Namensgebung.

Der Blauwandlstollen wurde zwischen 1701 und 1710 unter Leitung von Georg Peger (Berger) aus Dorf im Pinzgau erweitert. Zwischen 1758 und 1781, inzwischen landesfürstlicher Betrieb, wurden die beiden Stollen zum Teil verbreitert und geringfügig weiter vorgetrieben, jedoch mangels gewinnbarer Erzanstände wieder verlassen (Taf. 2).

Der Bergbau in der Hauptgrube an der Sohle des Untersulzbachtals wurde mühsam bis 1864 fortgesetzt. Vor dem Ersten und nach dem Zweiten Weltkrieg gab es trotz optimistischer Gutachten weitere, eher erfolglose Versuche, den

Bergbau neuerlich zu aktivieren. Der Blauwandlstollen war davon nicht mehr betroffen (Zusammenstellung: SEEMANN 1987).

Als Beispiel für die Rentabilität seien folgende Ziffern aus der Blütezeit des Bergbaues genannt: die Jahresförderung 1755 belief sich bei 34 Knappen auf 10.000 „Kübel“ (Zentner) Erz mit ca. 5 Pfund Kupfer und ca. 2 „Quintel“ (ca. 8 Gramm) Silber im Kübel.

Örtlich, so auch im Blauwandlstollen, wird zudem immer wieder auf geringfügige Goldgehalte hingewiesen, die aber wahrscheinlich auch damals nur als mineralogische Besonderheit zu werten waren und höchstens als Nebenprodukt angefallen sind.

Die „Mineral-Bergbautätigkeiten“ im benachbarten Epidotstollen begannen erst 1865 und wurden mit geringfügigen Unterbrechungen, von zahlreichen Pächtern mit wechselndem Erfolg, bis heute betrieben (SEEMANN 1987). Abgesehen von einzelnen Erzfunden in den Klüften und im Nebengestein der Knappenwand, gab es in dieser Zeit keine Beziehungen mehr zum Blauwandlstollen.

Zur geologischen Situation:

Die Vererzungen, wie auch die Epidotmineralisationen des „Blauwandls“ (Knappenwand) befinden sich in Gesteinsserien der sogenannten „Knappenwandmulde“ (FRASL 1953) als Anteil der Habachformation (FRASL & FRANK 1966).

Die zum Teil stark geschieferten, im Aufschlußbereich annähernd senkrecht bzw. leicht nach N überkippten Gesteinsserien befinden sich in der Aufwölbung der „Krimmler Gneiswalze“. Sie streichen etwa NE–SW und trennen die nördliche von der südlichen „Sulzbachzunge“, die beide der Zentralgneismasse angehören (FRASL 1953).

Die als altpaläozoisch geltenden Gesteine der Habachformation bilden das alte Dach („Untere Schieferhülle“) einer jungpaläozoischen Intrusion magmatischer Gesteine (Granite, Granodiorite, Tonalite).

Durch die jüngere alpidische Beanspruchung erfolgte eine S-N-Einengung, die u. a. zur Einschuppung der Knappenwandmulde und zur Ausbildung der Krimmler Gneiswalze geführt hat. Der dabei erreichte Metamorphosegrad, der im gegenständlichen Abschnitt von N nach S zunehmend ist, entspricht der Grünschieferfazies zwischen 450° bis 500° C und 2–4 bis 5 kb (STEYRER 1982).

Petrographischer Rahmen:

Die oft im engsten Bereich stark variierenden Gesteinsabfolgen weisen im Gebiet der Knappenwand eine Schichtbreite von ca. 500 m auf.

Nach Grundlagen u. a. von FRASL (1958), FRASL & FRANK (1966), HÖLL (1970, 1975), sowie nach petrographischen, geochemischen und geochronologischen Daten von STEYRER (1982) und PESTAL (1983) ist man zur Auffassung gelangt, daß ein Großteil der Habachformation als Relikt eines altpaläozoischen „Inselbogen-Vulkanismus“ mit einer Vielfalt an metabasischen, intermediären bis sauren

Vulkaniten anzusehen ist. Damit in Wechsellagerung werden marin bis terrestrisch beeinflusste Sedimente bzw. aufgearbeitete Vulkanite und Tuffe in Kontinentalrandbereichen angenommen.

Im Ablauf von zumindest zwei Metamorphosezyklen erfolgte eine Umwandlung dieses ursprünglichen Gesteinsbestandes einerseits in Prasinite und helle, albitreiche Lagen mit allen möglichen Übergängen, andererseits in diverse albitreiche Gneise und zwischengeschaltete, meist gering-mächtige Amphibol-, Chlorit- und Biotitschiefer (Abb. 1).

Gelegentlich treten dabei linsige, meist schichtgebundene Quarz-, in geringerem Umfang auch Epidotmobilisate auf.

In den basischen bis metabasischen Lagen, bevorzugt in Biotit-Chloritschiefern, treten Vererzungen auf, zu denen auch die des Blauwandlstollens zu zählen sind.

Im Abschnitt des Blauwandls bzw. der Knappenwand werden zumindest drei tektonische Einheiten beobachtet, die auch lithologisch markante Unterschiede aufweisen: die „Pochergraben-“, die „Blauwandl-“ und die „Langwinkelabfolge“. Besagte Vererzung befindet sich in der „Blauwandlabfolge“, auf die von S deckenartig die „Pochergrabenabfolge“ aufgeschoben wurde (Abb. 1). Nach N schließt der Stapel der „Langwinkelabfolge“ an. Alle Schichtpakete sind zusätzlich durch einige weitere tektonische Störungen in Unterblöcke zerteilt.

Die südlich überlagernde „Pochergrabenabfolge“ ist charakterisiert durch gering-mächtige Amphibolschiefer, Albitgneise und Granat-Epidotamphibolite. Die markanten Gesteine sind dabei die mehr oder weniger stark geschieferten Knappenwandgneise und Hellglimmerquarzite („Weißschiefer“) in oft mächtiger Entwicklung.

Die nördlich unterlagernde „Langwinkelabfolge“ ist neben einer mächtigeren Amphibolschiefersequenz und einem breiten Biotitschiefer- bis Biotitgneisstapel hauptsächlich charakterisiert durch zahlreiche mächtige Gneise unterschiedlicher Zusammensetzung, die zum Teil durch fast rhythmische feinlagige Amphibolschiefer unterbrochen sind.

Die erzführende und auch die Epidotfundstelle beinhaltende Blauwandlabfolge ist charakterisiert durch mächtigere lagige und linsige Epidot-Amphibolite bis Amphibolschiefer, daneben zahlreiche Albitgneise mit eingeschalteten, schmal entwickelten Chlorit-Biotitschieferscharen.

Die im Blauwandlstollen aufgeschlossenen Biotit-Chloritschieferlagen sind nicht nur ausgezeichnet durch den erhöhten Erzanteil sondern auch durch örtlich zahlreiche und große Granatporphyroblasten bis 3 cm. Quarzmobilisate treten meist randlich zu den begleitenden Albitgneisen auf, die zum Teil auch deutlich geschiefert und gefältelt sind.

Die Vererzung ist vorwiegend schichtgebunden und verläßt den Biotit-Chloritschiefer, der auch als ursprüngliches Trägergestein anzusprechen ist, kaum. So wie Quarz wurde auch Erz im Ablauf der diversen Metamorphosen mobilisiert und rekristallisiert, sodaß es zu Sammelkristallisationen, bevorzugt an querlaufenden kleinen tektonischen Störungen und an stärker deformierten und verfalteten

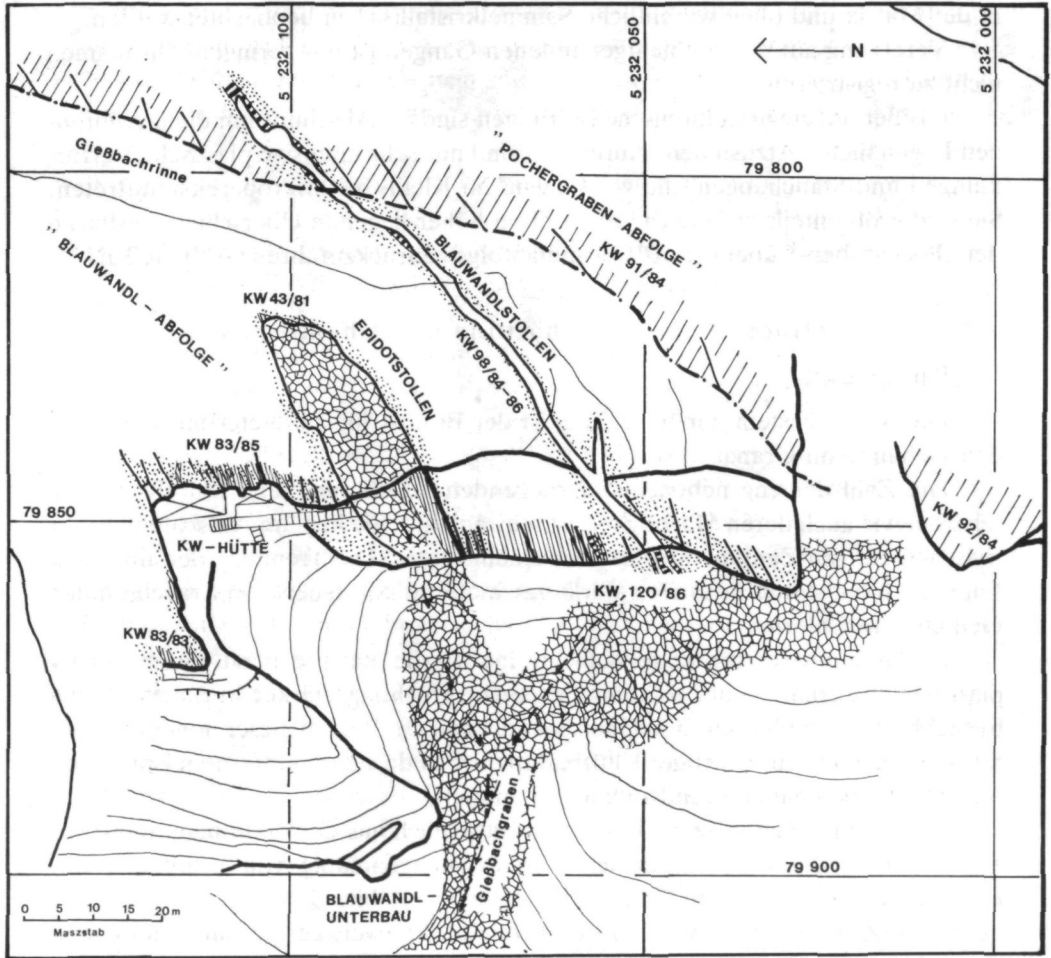


Abb. 1. Lageskizze (Grundriß) des Blauwandl- und Epidotstollens in der Knappenwand. Die Seehöhe der Knappenwandhütte beträgt ca. 1275 m. Ausschnitt aus der „Knappenwandmulde“ mit der zentralen „Blauwandlabfolge“ und der südlichen, überschobenen „Pochergraben-Abfolge“. (Signaturen: 1 = diverse Albitgneise; 2 = diverse Amphibolite und Amphibolschiefer; 3 = Biotit-Chloritschiefer; 4 = Gesteinsvergesellschaftung der Pochergrabenabfolge; 5 = Hangschutt und Abraumhalde).

Positionen im Schichtverlauf kam. Erzanreicherungen treten dort auch um und im Randbereich der genannten Quarzknuern auf.

In Einzelfällen, in benachbarten Positionen, kann Erz auch noch fein verteilt in der Matrix und ohne wesentliche Sammelkristallisation beobachtet werden.

Vererzung auf nicht schichtgebundenen Gängen ist mit geringen Ausnahmen nicht zu registrieren.

Größer angelegte tektonische Störungen sind im Abschnitt um die erzführenden Lagen nicht festzustellen. Auffallend sind nur sehr intensive plastische Verformungen und Stauchungen, die vorwiegend im Klein- bis Mikrobereich auftreten. Sie sind größtenteils auf die ca. 30 bis 50 m höher liegende Überschiebungsfläche der „Pochgraben-“ über die „Blauwandlabfolge“ zurückzuführen (Abb. 1, Taf. 1).

Mineralvergesellschaftung und Chemismus

Paragenesen

Das Trägergestein der Vererzung ist der Biotit-Chloritschiefer mit wechselnden Gehalten an Granat.

Die Zahl der eng nebeneinanderliegenden schichtparallelen Chloritschiefer-scharen, wie auch deren Mächtigkeit ist schwankend. Sie liegt im Aufschlußbereich zwischen einigen Zentimetern bis über einem Meter. Die Trennung der einzelnen Lagen erfolgt durch schmale, stark geschieferte Albitgneise mit wechselnden Gehalten an Chlorit.

Die gesamte erzführende Schichtfolge wurde entsprechend ihrem relativ plastischen Verhalten bei tektonischer Beanspruchung stärker verfault als die benachbarten Amphibolit- und Gneispakete (Taf. 3). Wegen dieser hohen Plastizität ist es auch nie zu derartiger Kluftbildung wie in den 20 m entfernten Epidotamphiboliten des Knappenwandstollens gekommen.

Der Chloritschiefer selbst besteht hauptsächlich aus dunkelgrünem, meist gut eingeregelter Chlorit. Nur örtlich wird er mengenmäßig von Biotit erreicht. Lagenweises Auftreten der Nebengemengteile wie Albit, Quarz oder Epidot oder quergesproßte Biotite, bzw. Chlorite, mögen als Hinweis auf primäre Sedimentationsschichtung oder frühere Einregelungen dienen. Kornvergrößerung oder Sammelkristallisationen erfolgten im Rahmen der diversen Metamorphoseakte.

Feinkörnige akzessorische Erze, hauptsächlich Ilmenit, zum Teil auch Magnetit und Pyrit, sind gut in die feingeschichtete bis verfilzte Biotit-Chloritmatrix eingeregelt. Die Erzkörner sind meist idiomorph. Ebenfalls eingeregelt in die Schichtung sind fallweise Albit- und Quarzaugen sowie Granate, die vorwiegend akzessorisch oder als Nebengemengteil, in einigen Fällen als Hauptgemengteil auftreten. Ideale idiomorphe Formen zeigen eher nur die kleinen Kristalle. Die großen Porphyroblasten sind während des Wachstums tektonischen Bewegungsvorgängen ausgesetzt gewesen, die nicht unbedingt in einem Akt und kontinuierlich erfolgten. Zonare Einregelung der akzessorischen Erze, zonerer Chemismus (siehe Tab. 1), fallweises s-Gefüge der Einschlüsse und kataklastische Randzonen der Granate, sowie Pseudomorphose von hauptsächlich Chlorit nach Granat

Tab. 1: Ausgewählte EMS-Analysen von Chlorit (Chl), Biotit (Bi) und Granat (Gr) des Granat-Biotit-Chloritiefers aus dem Blauwandlstollen, Probe KW 98-8,3/85 (in Gew.%).

	Chl	Bi	Gr Rand	Gr Mitte
SiO ₂	24,2	35,6	37,4	37,7
TiO ₂	0,06	1,89	0,08	0,04
Al ₂ O ₃	20,9	15,2	21,4	21,1
Cr ₂ O ₃	-	0,03	<0,02	<0,02
FeO *	25,2	21,1	23,9	27,9
MnO	0,58	0,35	9,7	7,5
MgO	14,4	9,9	1,04	3,5
CaO	-	-	7,1	2,0
Na ₂ O	-	0,03	-	-
K ₂ O	-	9,8	-	-
Summe	85,34	93,90	100,62	99,74

* Gesamt Fe als FeO

Tab. 2: Ausgewählte EMS-Analysen von Sulfiden und Arseniden im Bereich des Blauwandlstollens (in Gew.%, N = Zahl der Analysen)

a) Chalkopyrit KW 98-4,5/85; b) Sphalerit KW 98-4,6/85; c) Sphalerit KW 98-8,3/85; d) Galenit KW 98-5/85; e) Cu-Sulfid-Phase, undet. KW 98-6/85; f) Glaukodot (Co-Gehalt > 30 Gew.%) KW 98-4,6/85

N =	a)	b)	c)	d)	e)	f)
Fe	30,9	2,93	8,9	1,53	0,91	6,6
Cu	33,5	0,19	0,34	0,05	66,8	-
Zn	0,04	62,3	55,6	-	<0,05	-
Pb	-	-	-	83,3	1,15	-
As	-	-	-	-	-	27,8
S	35,9	34,1	34,3	14,3	21,6	22,3
Summe	100,34	99,52	99,14	99,18	90,51	56,7

deuten zum Teil auf wechselhafte Bedingungen. Weitere Akzessorien sind u. a. Turmalin, Titanit, Apatit, Zirkon, Calcit, Kalifeldspat, Zoisit.

Eingelagert in diese Gesteinsabfolge treten in guter Verteilung und nur örtlich nennenswert angereichert die vorwiegend sulfidischen Cu-Fe-Vererzungen auf. Auf der beprobten Stollenstrecke konnten bis jetzt drei, etwas unterschiedliche Paragenesen festgestellt werden, die auch räumlich voneinander getrennt sind.

Typ I (KW 98-4 und 5), (Taf. 4/a) enthält neben viel Chalkopyrit und Pyrit, Magnetit, Pyrrhotin und Markasit, sowie in geringen Mengen eisenarmen Sphalerit (Tab. 2), Galenit und Glaukodot. Die akzessorischen Erze Sphalerit (Taf. 4/b) und Glaukodot befinden sich hauptsächlich in Chalkopyrit, in meist sehr kleinen

Tab. 3: ICP-Analysen von Erzkonzentraten aus dem Bereich des Blauwandlstollens für Silber (in ppm), Gold (in ppm) und Kupfer (in Gew. %). a) KW 98-6/85, b) KW 98-8/85, c) KW 98-9/85
* Ag-Gehalt in Relation zum Cu-Gehalt von Probe a)

	a)	b)	c)
Ag	115,59 ± 1,22	64,01 ± 0,39	28,35 ± 1,85
Au	<1,4	<1,4	<1,4
Cu	15,15 ± 0,56	8,27 ± 0,98	2,07 ± 0,57
Ag*	116	117	207

Korngrößen und sind entweder als Entmischung oder als frühere bis isogenetische Bildung zu deuten. Typische „Zinkblendensternchen“ sind nur selten zu beobachten (RAMDOHR 1955). Galenit tritt bevorzugt in und randlich von Pyriten, in Form 5–20 µm-großer, rundlicher Körner auf.

Typ II (KW 98-8/85), (Taf. 4/c): Hauptgemengteile sind wieder Chalkopyrit und Pyrit; daneben Markasit. Akzessorisch ist eisenreicher Sphalerit (Tab. 2) und Altait nachzuweisen. Beide befinden sich wieder in Chalkopyrit. Altait tritt dabei in mehreren zum Teil abgerundeten Körnern, mit Dimensionen bis 0,1 mm auf. Andere Te-Verbindungen konnten in den untersuchten Schlifften nicht gefunden werden.

Typ III (KW 98-9/85), (Taf. 4/d) enthält neben Pyrit und Chalkopyrit nur Sphalerit als akzessorischen bis Nebengemengteil.

In keinem der drei Paragenesetypen konnte, entsprechend alten Bergbauberichten, Silber oder Gold gefunden werden. Jedenfalls nicht als eigene Phase oder in Konzentrationen, die mit der EMS feststellbar waren. Entsprechend wurde von drei Positionen im Stollen Proben (Erzkonzentrate) für spezielle Ag-Au-Analysen genommen (ICP-Analysen, siehe Tab. 3). Dabei wurden Ag-Konzentrationen bestimmt, die mit den Cu-Gehalten korrelieren und sogar größenordnungsmäßig mit den historisch angegebenen Werten übereinstimmen. Die Goldgehalte lagen alle unter der Nachweisgrenze.

Oberflächliche und oberflächennahe Verwitterungsminerale wurden gesondert untersucht (siehe Aufstellung).

Die Vererzungen des Blauwandlstollens unterscheiden sich deutlich von den auch mengenmäßig geringeren Vererzungen in ca. 20 m entfernten schichtparallelen Epidotamphiboliten des Epidotstollens (Abb. 1). Dort treten vorwiegend Scheelit, Molybdänit, Pyrit und Magnetit sowie in geringeren Mengen Chalkopyrit, Galenit und Bornit auf (SEEMANN 1987).

Mineralchemie der untersuchten Komponenten

I. Silikate und Phosphate

Chlorit:

Die analysierten Chloritaggregate sind einheitlich zusammengesetzt. Gemäß seiner chemischen Zusammensetzung (Tab. 1) entspricht der Chlorit einem Rhipidolith (HEY 1954).

Biotit:

Der Biotit weist im untersuchten Bereich wie der Chlorit eine einheitliche Zusammensetzung auf (Tab. 1). Das Fe/Mg-Verhältnis beträgt ca. 1,3; von den Nebenelementen sind nur Ti und Mn signifikant vorhanden. Biotit und Chlorit sind stellenweise in alternierender Weise schichtparallel verwachsen (die einzelnen Schichtpakete sind meist <0,1 mm dick).

Granat:

Der Chemismus der Granatporphyroblasten ist gekennzeichnet durch Almandin als Hauptkomponente. Zonarbau innerhalb einzelner Kristalle und unterschiedlicher Chemismus zwischen den einzelnen Granatkristallen wurde mit der EMS nachgewiesen. EMS-Analysen des Randbereichs und des Kerns eines Almandinporphyroblasten (ca. 5 mm Durchmesser) sind in Tabelle 1 angeführt.

Feldspäte:

Im Nebengestein der Vererzung wurde vorwiegend Albit als einziger Feldspat beobachtet und mittels EMS analysiert. Nur in Probe KW 98-2,3 konnten auch noch geringe Mengen an Kalifeldspat, als offensichtliche Neubildung, mit der EMS verifiziert werden.

Epidot und Turmalin:

Als untergeordnete Gemengteile wurden Epidot und Turmalin in den erzführenden Gesteinen des Blauwandlstollens mittels EMS bestimmt.

Apatit:

Stellenweise tritt Apatit als häufiger Nebengemengteil auf. Ca und P wurden mittels EMS überprüft. Der Apatit tritt sowohl im Nebengestein als auch als Einschluß im Erz auf (Größe der Apatit-XX 20–100 µm).

II. Oxide

Ilmenit und Magnetit:

Mittels EMS-Analyse wurden keine nennenswerten Nebenelementgehalte im Magnetit gefunden. Der Ilmenit weist einen relativ hohen Mn-Gehalt auf (ca. 3,8 Gew.% MnO).

III. Sulfide und Telluride

Chalkopyrit:

Die Nebenelementgehalte im Chalkopyrit liegen meist unter der Nachweisgrenze der EMS. Geringe Zn-Gehalte (Tab. 2) stammen wahrscheinlich von winzigen ZnS-Einschlüssen.

Pyrit, Markasit und Pyrrhotin:

Pyrit, Markasit und Pyrrhotin zeigen wie der Chalkopyrit keine nennenswerten Nebenelementgehalte.

Sphalerit:

Die von mehreren Stellen (im Stollen) analysierten Sphaleritkörner weisen Fe-Gehalte von ca. 3 Gew.% Fe auf. Im Bereich des altaitführenden Chalkopyrits enthält der Sphalerit bis zu 8,9 Gew.% Fe (Tab. 2). Die Kupfergehalte (ca. 0,2–0,35 Gew.% Cu) sind wahrscheinlich auf mechanische Chalkopyritbeimengungen zurückzuführen.

Altait:

Die chemische Zusammensetzung des Altaites wurde semiquantitativ durch direkten Zählratenvergleich mit einem synthetischen Pb-Te-Standard bestimmt. Innerhalb der Meßgenauigkeit wurde keine Abweichung vom stöchiometrischen Pb/Te-Verhältnis gefunden. Röntgenrasteraufnahmen des in Chalkopyrit eingewachsenen Altaites sind in Taf. 5 dargestellt.

Galenit:

Von einigen kleinen PbS-Körnern, die in der Regel winzige Einschlüsse im Pyrit bilden, wurden EMS-Analysen durchgeführt (Tab. 2). Auffallend ist der ungewöhnlich hohe Fe-Gehalt von > 1 Gew.% Fe. Aufgrund der Kleinheit der PbS-Körner (ca. 10 μm) halten wir eine „Kontamination“ des Fe-Wertes durch die Wirtsphase Pyrit für wahrscheinlich.

Glaukodot:

Als einzige arsenhaltige Erzphase aus dem Bereich des Blauwandlstollens wurde von uns Glaukodot gefunden und analysiert (Tab. 2). Der Co-Gehalt wurde semiquantitativ zu > 30 Gew.% Co ermittelt.

Cu-Sulfid-Phase:

Ein bislang nicht identifiziertes Cu-Sulfid (XY) wurde in einem Anschliff der Probe KW 98-6/85 mittels EMS analysiert (Tab. 2). XY bildet einen ca. 30 μm dicken Saum um Chalkopyrit.

Auffallend ist das atomare Cu/S-Verhältnis, welches nahe dem Wert 3 : 2 liegt.

IV. Verwitterungsminerale

Cerussit und Anglesit:

Cerussit und Anglesit wurden mittels EMS analysiert. Beide treten meist mit PbS auf und stellen offensichtlich dessen Umwandlungsprodukte dar.

Cyanotrichit:

Die mit der EMS ermittelte Zusammensetzung des Cyanotrichits (Durchschnitt aus 5 Einzelmessungen) ergab folgende Elementgehalte (in Gew.%): 36,7 Cu; 1,8 Zn; 0,2 Fe; 8,6 Al; 4,7 S. Unter der Annahme, daß (Zn, Fe) einen Teil des Cu vertritt, entspricht die angeführte EMS-Analyse der theoretischen Zusammensetzung $\text{Cu}_4\text{Al}_2\{(\text{OH})_{12}/\text{SO}_4\} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Gips:

Als Oxydationsprodukt der sulfidischen Erze, in Form weißer Krusten und Ausblühungen an den Stollenwänden; röntgenographisch identifiziert.

Limonit (vorwiegend Goethit): als Verwitterungsprodukt der div. Fe-haltigen Mineralien.

Zusammenfassung unter besonderer Berücksichtigung der altaitführenden Erzparagenese

Die Vererzungen im Blauwandlstollen (Untersulzbachtal, Salzburg) befinden sich in den am Nordrand des Tauernfensters gelegenen Gesteinsserien der Habachformation. Die als altpaläozoisch geltenden Gesteine wurden zuletzt während der alpinen Metamorphose überprägt. Das Trägergestein der Hauptvererzung im Blauwandlstollen ist ein geringmächtiger, granatführender Biotit-Chloritschiefer. Die schichtgebundene Vererzung wurde während der alpinen Metamorphose offensichtlich, wenn auch nur in geringem Umfang, mobilisiert und an tektonischen Störungen, bzw. Schwächezonen (im mm- bis dm-Bereich) konzentriert.

Nach dem erzmikroskopischen und mineralchemischen Befund kann man drei paragenetische Typen von Vererzungen unterscheiden. Allen drei Typen ist gemeinsam, daß Pyrit und Chalkopyrit als dominierende Erzphasen auftreten. Die Unterscheidung der drei Typen ist durch das Auftreten der Nebengemengteile Pyrrhotin, Markasit und Sphalerit, sowie der Akzessorien Glaukodot, Galenit und Altait gegeben. Das Vorkommen des letztgenannten Minerals ist paragenetisch und mineraltopographisch von einigem Interesse. Paragenetisch wurde von uns im Bereich des Blauwandlstollens Altait nur in einem Vererzungstyp (Typ II) beobachtet. Im Unterschied zu den in der Literatur beschriebenen österreichischen Altaitparagenesen (FRIEDRICH 1953, PAAR 1976, PAAR & CHEN 1982) kommt der Altait hier nicht zusammen mit Galenit vor, sondern ist ausschließlich in Chalkopyrit eingewachsen. Bemerkenswert ist auch das offensichtliche Fehlen von Au- und/oder Bi- bzw. Hg-Phasen im Bereich des Blauwandlstollens. Speziell die Abwesenheit goldhaltiger Minerale wird durch die ICP-Analysen der Erzkonzentrate (Tab. 3) untermauert. Diese Beobachtungen stehen in interessanter Übereinstimmung mit einer „Parageneseregeln“, die sich auf stabile Paragenesen von Telluriden und Sulfiden der Metalle Cu-Pb-Ni-Bi-Hg-Ag-Au bezieht (SCHTSCHERBINA 1937; LEUTWEIN 1972).

Ein weiteres Charakteristikum für die Vererzungen des Blauwandlstollens ist das Fehlen von Arsen- und Antimonmineralien (abgesehen vom reliktschen Akzessorium Glaukodot im Erztyp I). In diesem Zusammenhang ist der Bericht über einen Fund von gediegen Tellur, neben Tetradymit in Chalkopyrit und Fahlerz von der Stockeralm, Untersulzbachtal, von Interesse (in PAAR 1976), jedoch herrscht hinsichtlich Material und Fundumstände Unklarheit.

Mineraltopographisch sind von den rund 30 natürlich vorkommenden Telluriden 8 Minerale aus österreichischen Vorkommen beschrieben worden (z. B. PAAR 1976, PAAR et al. 1980, PAAR & CHEN 1982). Das Bleitellurid Altait (PbTe) ist nach

unserem Wissen nur von drei Vorkommen in Österreich beschrieben worden: (1) aus der Goldlagerstätte Schellgaden, Lungau, Salzburg (FRIEDRICH 1953, PAAR & CHEN 1982), (2) aus dem Kupferbergbaurevier Mitterberg (PAAR 1976), sowie (3) aus dem Katschberg-Autobahntunnel Nord (PAAR & CHEN 1982). Der Blauwandlstollen stellt somit den vierten Fundpunkt für Altait in Österreich und Erstfund für den Oberpinzgau dar.

Möglicherweise kommt der Altait in alpinen Vererzungen häufiger vor, als man aufgrund seines seltenen Auftretens bislang vermutet hat. Tritt der Altait – analog dem Vorkommen in Chalkopyrit des Blauwandlstollens – nur in kleinen Einschlüssen in einem Wirtsmineral auf, so kann er sicherlich erzmikroskopisch leicht übersehen werden. Ähnliches mag wohl auch für andere Te-Minerale gelten.

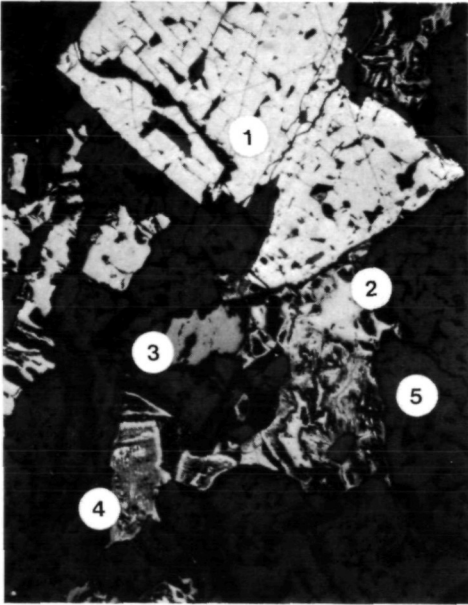
Danksagung: an Herrn Prof. Dr. J. KORKISCH vom Analyt. Inst. d. Universität Wien für die Durchführung der ICP-Analysen. Herrn Doz. Dr. H. WEINKE vom Institut für Geochemie der Universität Wien für die Hilfestellung bei der Benützung des energiedispersiven Systems. Herrn Dr. W. GÜNTHER von der Salzburger Landesregierung für die Mithilfe zur Erarbeitung der historischen Daten des Kupferbergbaues Untersulzbach. Herrn G. STUMMER von der Karst- und Höhlenkundl. Abteilung am Naturhist. Museum Wien für die Unterstützung bei den Gelände Vermessungen und der Planerstellung.

Literatur:

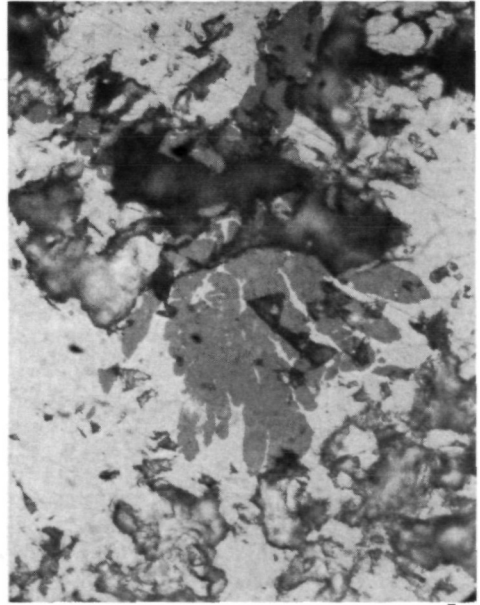
- FRASL, G. (1953): Die beiden Sulzbachungen, Oberpinzgau, Salzburg. – Jb. Geol. B-A., **96**: 143–192.
- FRASL, G. & FRANK, W. (1966): Einführung in die Geologie und Petrographie des Penninikums im Tauernfenster. – Der Aufschluß, Sh. **15**: 30–58.
- FRIEDRICH, O. M. (1953): Die Au-Lagerstätte Schellgaden. – Carinthia II, **143**: 129–131.
- HEY, M. M. (1954): A new review of the chlorites. – Min. Mag., **30**: 277.
- HÖLL, R. (1970): Scheelitprospektion und Scheelitvorkommen im Bundesland Salzburg/Österreich. – Chemie der Erde, **28**: 185–203.
- HÖLL, R. (1975): Die Scheelitlagerstätte Felbertal und der Vergleich mit anderen Scheelitvorkommen in den Ostalpen. – Abh. bayer. Akad. Wiss. mathem.-naturwiss. Kl., N. F. **157**, A–B: 114 S.
- LAHNSTEINER, J. (1980): Oberpinzgau von Krimml bis Kaprun. – 3. Auflage: 723 S. – Hollersbach, Salzburg (Selbstverlag A. und M. Lahnsteiner).
- LEUTWEIN, F. (1972): Tellurium. – Handbook of Geochemistry, Vol. II/4, ed. by K. H. WEDEPOHL. – Berlin (Springer Verlag) 1974.
- PAAR, W. H. (1976): Telluride der Gold-Nasturan-Paragenese von Mitterberg, Salzburg (Österreich). – N. Jb. Miner., Mh. 1976/H. 5: 193–202.
- PAAR, W. H., CHEN, T. T. & MEIXNER H. (1980): Pb-Bi-(Cu)-Sulfosalts in Paleozoic Gneisses and Schists from Oberpinzgau, Salzburg Province, Austria. – Tschermaks Min. Petr. Mitt., **27**: 1–16.
- PAAR, W. H. & CHEN, T. T. (1982): Telluride in den Erzen der Goldlagerstätte Schellgaden und vom Katschberg-Autobahntunnel Nord. – Karinthin, **87**: 371–381.
- PESTAL, G. (1983): Beitrag zur Kenntnis der Geologie in den Mittleren Hohen Tauern im Bereich des Amer- und des Felbertales (Pinzgau – Salzburg). – 117 S. – Diss. Univ. Wien
- RAMDOHR, P., (1955): Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. – 875 S. – Berlin (Akademie Verlag).
- SCHTSCHERBINA, W. W. (1937): Principal features of the geochemistry of tellurium (in Russ.). – Bull. Acad. USSR, Ser. Geol. **980**.
- SEEMANN, R. (1987): Epidotfundstelle Knappenwand; Geschichte – Geologie – Mineralien. Mit einem Beitrag über Kupferbergbau im Untersulzbachtal. – 2. Auflage: 48 S. – Haltern, BRD (Verlag D. Bode).



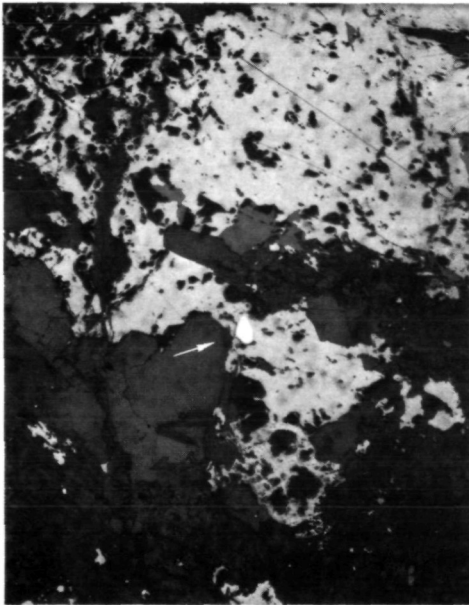




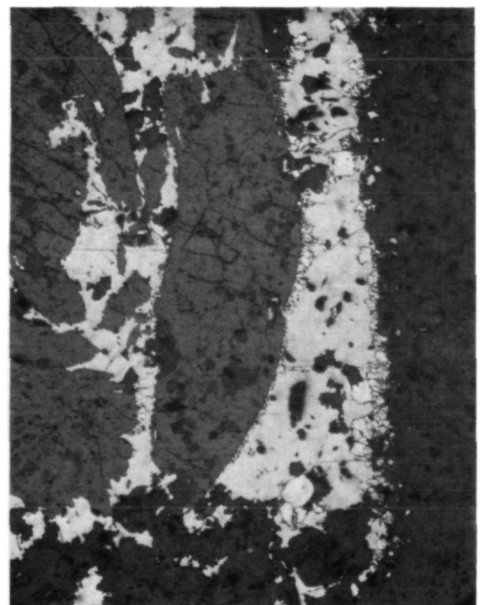
a



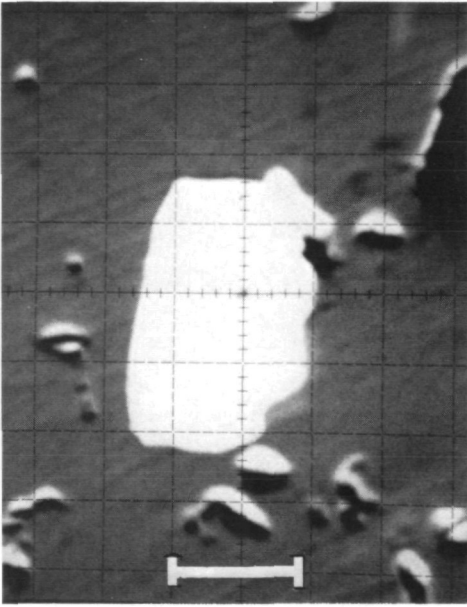
b



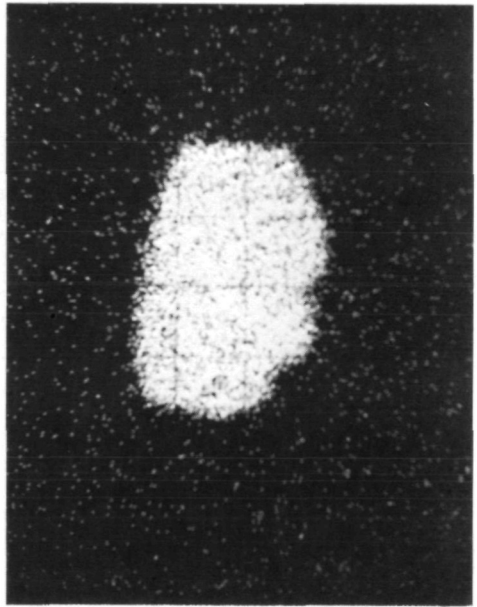
c



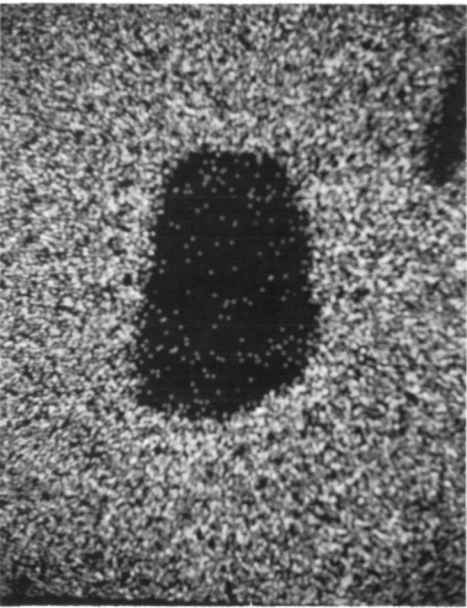
d



a



b



c



d

STEYRER, H. P. (1982): Geochemie, Petrographie und Geologie der Habachformation im Originalgebiet zwischen äußerem Habachtal und Untersulzbachtal (Pinzgau/Salzburg). – 178 S. – Diss. Univ. Salzburg.

Tafelerklärungen

- Taf. 1: Geländesituation der Knappenwand („Blauwandl“) mit den Stollenmundlöchern des Epidotstollens (groß, links) und des Blauwandlstollens (klein, rechts) in der Ostflanke des Untersulzbachtals.
- Taf. 2: Ausschnitt aus einer historischen Darstellung des Kupferbergbaues im Untersulzbachtal aus dem Jahre 1882 (Berghauptmannschaft Wels) nach einer Vorlage von 1785. Im rechten oberen Feld ist das Gebiet um den Blauwandlstollen und Blauwandlunterbau eingetragen (in dieser Karte fehlt noch der Epidotstollen). Nachträgliche handschriftliche Bemerkungen weisen auf Goldgehalte in Quarzgängen hin.
- Taf. 3: Stollenmundloch des Blauwandlstollens mit den deutlich verfalteten erzführenden Granat-Biotit-Chloritschiefern zwischen den mächtigen Albitneispaketen.
- Taf. 4/a: Erzanschliff (KW 98-4,2/84). Erzvergesellschaftung Typ I; (Bildbreite 1 mm): 1 = idiomorphe Pyrite; 2 = Chalkopyrit; 3 = Magnetit; 4 = zum Teil in Pyrit und Markasit umgesetzter Pyrrhotin; 5 = Gangart, vorwiegend Quarz.
- Taf. 4/b: Erzanschliff (KW 98-4,6/84). Erzvergesellschaftung Typ I; (Bildbreite 0,1 mm): Sphalerit (grau) in Chalkopyrit (hellgrau).
- Taf. 4/c: Erzanschliff (KW 98-8,3/85). Erzvergesellschaftung Typ II; (Bildbreite 1,4 mm): Altait (weiß, Bildmitte, Pfeil) in Chalkopyrit (hellgrau). Gangart (dunkelgrau) mit Quarz, Albit, Chlorit und Granat.
- Taf. 4/d: Erzanschliff (KW 98-5/85). Erzvergesellschaftung Typ III; (Bildbreite 1,4 mm): Pyrit, als idiomorphe primäre Generation und Chalkopyrit auf kleinen Gängen.
- Taf. 5: Röntgen-Rasteraufnahmen (Erzanschliff KW 98-8,3/85) von Altait und Sphalerit in Chalkopyrit: a = BSE-Aufnahme; b = Tellurverteilung; c = Kupferverteilung; d = Zinkverteilung. (Maßstablänge in Bild a = 30 µm).