

GEOLOGIE UND EDELMETALLFÜHRENDE KIESVERERZUNGEN
DER GRAUWACKENZEONE
NORDÖSTLICH VON MANDLING (STIEIERMARK/ÖSTERREICH)

von P. Brandmaier, W.H. Paar, J.M. Schramm und T.T. Chen¹⁾

Zusammenfassung

Im westlichen Abschnitt der steirischen Grauwackenzone NE von Mandling konnten im Bereich der Ochsenalm bereits in alter Zeit beschürfte stratiforme Kieslager mit Edelmetallgehalten (Au, Ag) nachgewiesen werden.

Die Vererzung, bestehend aus einer (älteren) pyritbetonten Phase (+ Arsenopyrit, Pyrrhotin, Chalkopyrit, Sphalerit und Galenit) und einer dazu relativ jüngeren, Pb- und Sb-betonten, edelmetallführenden Abfolge (mit Tetraedrit, Bournonit, Jamesonit, ged. Gold, etc.) ist an Sericitphyllite bis -quarzite (Brandenschiefer) der vermutlich höheren Wildschönauer Schiefer geknüpft. In deren Abfolge treten vereinzelt Graphitschiefer (+ Lyditeinschaltungen) sowie Metabasite auf.

Die Vererzung ist präalpidisch, vermutlich variszisch und steht möglicherweise in Zusammenhang mit einem altpaläozoischen intra-kontinentalen Riftsystem.

Die alpidische Tektonik ist für die Zerstückelung der (des) Erzlager(s) und die bis in den Kleinbereich nachweisbare Deformation der Erze verantwortlich.

Rekristallisation und geringfügige Remobilisation der Erze sind auf eine schwache (früh?-) alpidische Regionalmetamorphose zurückzuführen.

1) Anschriften der Verfasser:

cand. geol. Peter Brandmaier, Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Werner H. Paar, Univ.-Doz. Dr. Josef-Michael Schramm, Institut für Geowissenschaften, Akademiestraße 26, A-5020 Salzburg;
Dr. T.T. Chen, Min. Sci. Lab. Canada, Center for Mineral and Energy Technology, 555 Booth Street, Ottawa, Ontario K1A 061.

Summary

In the most western part of the Steirische Grauwackenzone NE of Mandling stratiform kiesmineralizations occur, one deposit, which had been mined for Cu and probably Au, Ag during the 15 th century.

The mineralization, consisting of a sequence with dominantly pyrite (with minor arsenopyrite, pyrrhotite, chalcopyrite, sphalerite and galena) and a second (and later) one with native gold, (Cu)-Pb-Sb phases (tetrahedrite, bournonite, jamesonite, etc.) is embedded in sericitic and quartzitic phyllites, part of the Paleozoic "Höhere Wildschönauer Schiefer". Minor graphitic slates (+ lydite) and small, lens shaped bodies of metabasites are intercalated within the Wildschönauer Schiefer unit.

The mineralization ist Pre-Alpidic, presumably of Variscan age, and probably related to an early-Paleozoic intracontinental rifting system.

Tectonic events during the Alpidic orogeny are responsible for an intensive deformation of the ore-bearing unit, and can be traced even to microscopic dimensions.

Recrystallization and remobilization on a very limited scale are results of Alpine low-grade metamorphism.

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	204
2. LITHOLOGISCHER ÜBERBLICK	205
3. GEOLOGISCHER ÜBERBLICK	206
4. TEKTONIK	210
5. ERZMINERALISATION	211
6. LITERATURAUSWAHL	218

1. EINLEITUNG

Die beschriebene Erzmineralisierung befindet sich NE der Ortschaft Mandling (Steiermark) in ca. 1320 m SH am Südhang des Rittiserwaldes.

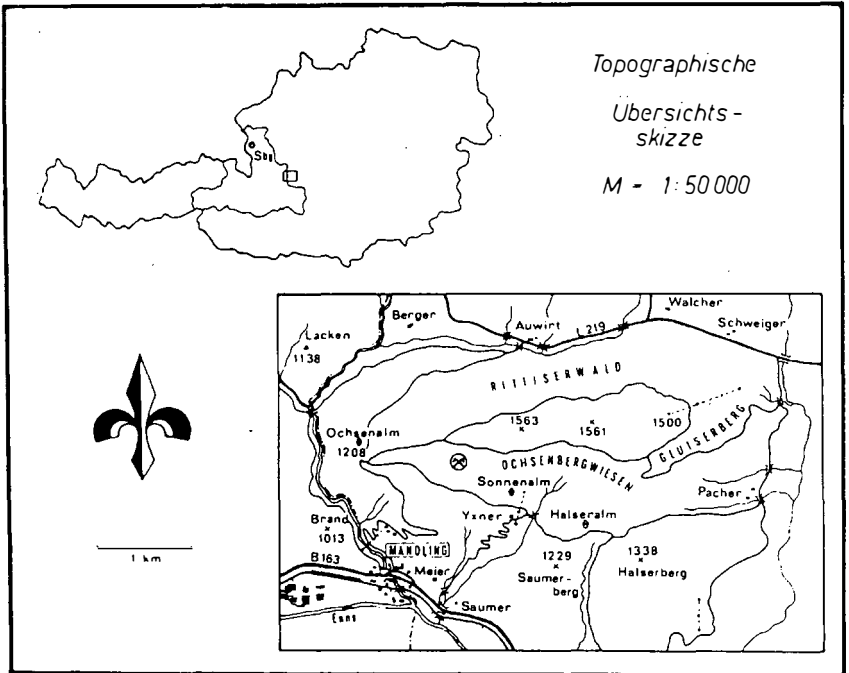


Abb. 1: Topographische Übersichtsskizze

Ca. 1 km östlich der Ochsenalm findet man deutliche Spuren einer alten Bergbautätigkeit, wie Grundmauern alter Knappenhäuser, verstürzte Stollenmundlöcher sowie reichhaltige Erzhalde.

Um die Vererzung in ihren geologisch-tektonischen Rahmen stellen zu können, wurde der Vererzungsbereich und darüber hinaus der Abschnitt der Grauwackenzone zwischen Mandlingbach und Ramsau-leiten im Maßstab 1 : 10000 kartiert sowie geologisch und lithologisch untersucht (P. BRANDMAIER, 1983).

2. LITHOLOGISCHER ÜBERBLICK

Der westliche Abschnitt der steirischen Grauwackenzone wird von feinkörnigen phyllitischen, bzw. untergeordnet auch quarziti-schen und karbonatischen Gesteinen der altpaläozoischen Wild-schönauer Schiefer Serie aufgebaut. Sie umfaßt hier mit abneh-mender Häufigkeit hell- bzw. dunkelgrüne Sericitphyllite, Schwarzphyllite (z.T. mit Lyditführung), Brandenschiefer sowie untergeordnete Quarzite, Karbonatgesteine und Metabasite, ins-gesamt eine etwa 250 - 300 m mächtige Abfolge.

Den weitaus am häufigsten vertretenen Gesteinstyp bilden weiß-lich bis mittelgrau, hellgrün bis dunkelgrün gefärbte Sericit-phyllite.

Die Textur des Gesteins ist dicht und sehr feinkörnig bis schuppig und läßt mit freiem Auge keine Komponenten erkennen. Die im mm- bis cm-Bereich feststellbare Schieferung ist ss-parallel angelegt. Die Schieferungsflächen weisen im frischen Bruch in-folge ihres hohen Sericitgehaltes matten bis lebhaft silbrigen Glanz auf.

U.d.M.: Muskovit und Quarz bilden als Hauptgemengeteile ein feinkörniges lagiges Grundgewebe, wobei Korngrößenunterschiede im Quarzgefüge (0,01 - 0,2 mm) ein altes ss andeuten. Parallel dazu zeigen sich lagenweise eingeregelter Muskovit und Chlorit (s1).

Röntgenographisch lassen sich noch Spuren von Albit, Karbonat (Kalzit, Siderit, Ankerit), Paragonit, Pyrit und Hämatit nach-weisen.

Eine Varietät stellen die dunkelgrünen Sericitphyllite dar, die sich vor allem durch höhere Chloritgehalte von den oben kurz beschriebenen hellgrünen Sericitphylliten unterscheiden.

Durch eine stärkere Beimengung von kohligem oder graphitoidi-schem Pigment fast schwarz erscheinende Sericitphyllite werden unter dem Begriff Schwarzphyllite zusammengefaßt.

Die im Schliff gut erkennbare kohlige Pigmentierung ist rönt-genamorph, es liegt also kein Graphit vor.

Stellenweise beinhalten sie dichten, lagigen bis bankigen Lydit, der ebenfalls eine kräftige kohlige Pigmentierung aufweist. Er zeigt u.d.M. ein dichtes feingranulares Gefüge aus undulös aus-löschenden, kantigen, stark verzahnten Quarzkörnern (0,01 - 0,6 mm). Die Pigmentierung ist in die Intergranulare abgewan-dert, seltener auf Schichtflächen angereichert.

Das Muttergestein der zu beschreibenden Erzmineralisation bilden brandige, quarzreiche, kiesführende Metapelite bis Metasiltsteine, die aufgrund ihrer charakteristisch limonitischen Verwitterung als Brandenschiefer bezeichnet werden.

Die eigentliche Vererzung, die entweder in Form von ss-parallelen kiesreichen Bändern und Schnüren, oder in Form von quer-schlagenden quarz- und karbonatreichen Gängen auftritt, ist vermutlich auf mehrere Horizonte unbekannter lateraler Ausdehnung in diesen Brandenschiefern beschränkt und tritt nur in diesen auf. Ansonsten ist feinst verteilter Pyrit als freiäugig sichtbare Erzkomponente zu beobachten. Tritt dieser Pyrit nestweise angereichert auf, so hinterläßt er bei der Verwitterung Poren und Löcher.

Röntgendiffraktometrisch können Quarz, Muskovit und Chlorit festgestellt werden, weiters auch Albit, Pyrit und Hämatit. In diesem feinkörnigen Gefüge von Quarz, Muskovit und Chlorit erkennt man u.d.M. stellenweise einen deutlichen Lagenbau aus groben (ca. 0,25 - 0,35 mm) und feinen (ca. 0,05 - 0,1 mm) undulös auslöschenden Quarzkörnern, der sich auch durch die opaken Phasen (Pyrit) abzeichnet. Es wird hier wiederum ein altes ss angedeutet.

Vereinzelte sind dieser Abfolge von Sericitphylliten Quarzite ("Grauwacken") und Metabasite (ehemalige Tuffe?) linsenförmig zwischengelagert. Im westlichsten Bereich des untersuchten Gebietes sind stark sericitisierte (? alt-) paläozoische Karbonatgesteine tektonisch eingeschaltet. (P. BRANDMAIER, 1983)

3. GEOLOGISCHER ÜBERBLICK

Im gesamten Arbeitsgebiet liegen relativ einfach gestaltete Lagerungsverhältnisse der Gesteine vor. Das generelle Hauptstreichen verläuft in W-E-Richtung, wobei sämtliche Gesteinspakete ein flaches bis sehr flaches N-Einfallen aufweisen.

In einer wechselnden Abfolge von dunkelgrünen und hellgrünen Sericitphylliten sind mit mehrmaliger Wiederholung Brandenschiefer und Schwarzphyllithorizonte (letztere mit Lyditführung) eingelagert.

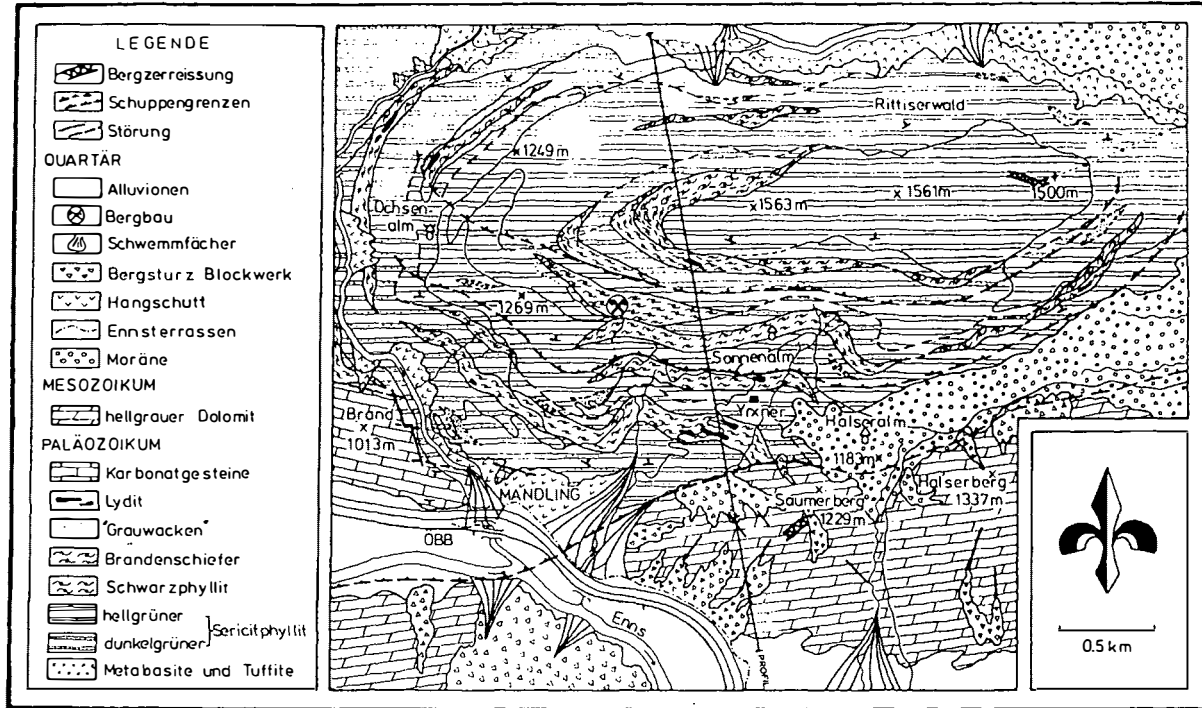


Abb. 2: Geologische Karte

Wie in der Karte (Abb. 2) und dem Blockbild (Abb. 3) ersichtlich ist, treten die Schwarzphyllithorizonte dabei immer im Liegenden der Brandenschiefer auf. Ihre Mächtigkeit schwankt zwischen 50 und 80 m, während die Brandenschiefer im allgemeinen Mächtigkeiten zwischen 20 und 50 m erreichen.

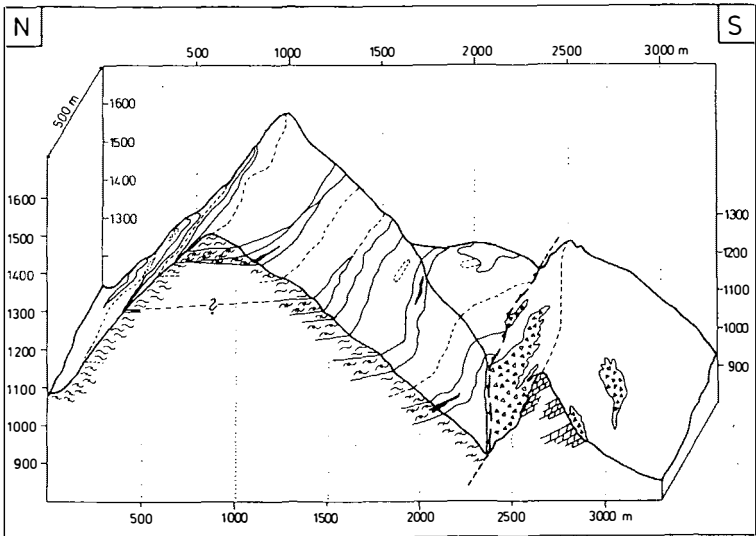


Abb. 3: Blockbild (M = 1 : 25000; 2-fach überhöht)
Legende siehe Abb. 2 und Abb. 4

Die am Südhang des Rittiserwaldes aufgeschlossene Abfolge der Wildschönauer-Schiefer-Serie beginnt im Liegenden mit dunkelgrünen Sericitphylliten, in denen bereits der erste Schwarzphyllithorizont auftritt. In seinem Hangendbereich befindet sich ein erster Brandenschieferhorizont (im Profilbereich nicht aufgeschlossen). Es folgen hellgrüne Sericitphyllite, in die abwechselnd drei weitere Schwarzphyllithorizonte mit Brandenschiefern im Hangenden eingeschaltet sind. Im unmittelbaren Bereich der Schwarzphyllite treten ohne erkennbare Regelmäßigkeit wieder dunkelgrüne Sericitphyllite auf.

Ein Versuch, die Abfolge in Abb. 3 als Ergebnis eines Schuppenbaues zu rekonstruieren, ist in Abb. 4 modellhaft dargestellt. Da jedoch beweiskräftige Hinweise aus dem Geländebefund fehlen, kann die Anlage eines solchen Schuppenbaues nur vermutet werden!

Rekonstruktion des Schuppenbaues

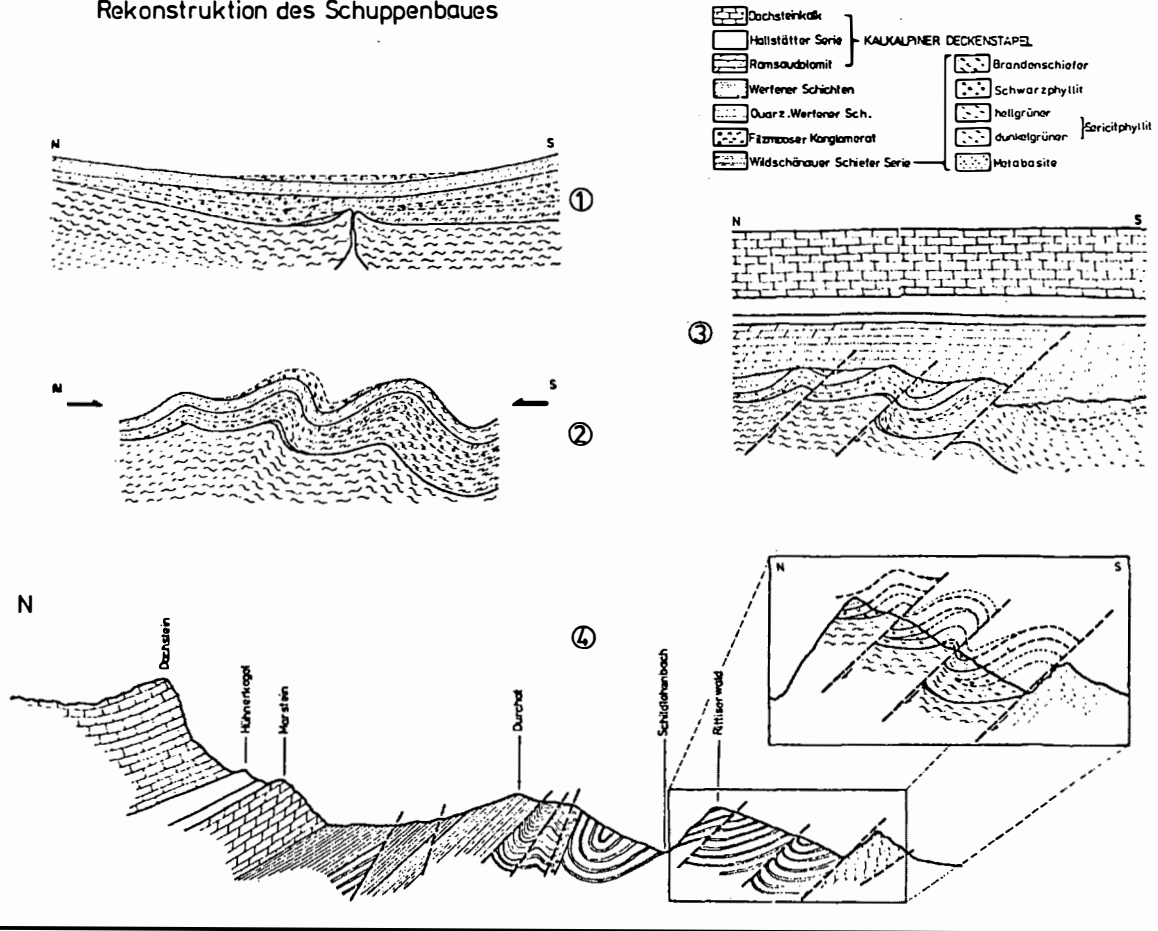


Abb. 4: Modell zur Rekonstruktion des Schuppenbaues

Profil 1 in Abb. 4 stellt eine mögliche Sedimentationsabfolge im Paläozoikum dar. Die synsedimentäre Anlage der Vererzung durch Hydrothermenaustritte im Zusammenhang mit Rift-Zonen wird angedeutet.

Profil 2 stellt die Anlage eines präalpidischen Faltenbaues in Verbindung mit der varistischen Orogenese dar.

Profil 3 zeigt die Entstehung des Schuppenbaues. Durch die Relativbewegung zwischen Wildschönauer Schiefern und kalkalpinem Deckenstapel beginnt sich an dessen Basis ein Span abzulösen (= spätere Mandlingschuppe), der sich in die Gesteine der Wildschönauer Schiefer einschuppt, wobei deren praealpidischer Faltenbau zerschert und remobilisiert wird.

Profil 4 (nach O. GANNS, 1954 - im umrandeten Teil modifiziert) zeigt die Abfolge, wie sie heute im Arbeitsgebiet vorliegt, als Ergebnis eines Schuppenbaues (vgl. Abb. 3).

Die metamorphe Überprägung der Wildschönauer Schiefer, die anhand von Rekrystallisationen und Umbildungen auch an den Erzen nachgewiesen werden konnte, entspricht einer schwachen Metamorphose ("low grade metamorphism" nach H.G.F. WINKLER, 1979). Messungen der Illit-Kristallinität (Index nach B. KUBLER, 1967 - Mittelwert 3,5 mm bzw. B. KUBLER, 1980 - $\Delta O,23$ (2 \checkmark)) an einem N-S-Profil weisen auf eine leichte Zunahme der Metamorphoseintensität von Norden nach Süden und vom Hangenden ins Liegende hin.

Zur stratigraphischen Einordnung und zur Beantwortung der Frage, ob die anstehenden Phyllite nun den höheren oder tieferen Wildschönauer Schiefern entsprechen, konnten die Sericitphyllite nicht herangezogen werden. Einen möglichen Altershinweis liefern die an mehreren Stellen in den Schwarzphylliten auftretenden Lydite, die nach H. MOSTLER (1968, 1972) eindeutig ins mittlere Silur (Wenlock/Ludlow) zu stellen sind (siehe auch EBERHARDT & MOSTLER, 1966; K.F. BAUER et al. (1969)). Demnach müßte im Arbeitsgebiet eine Abfolge vorliegen, die den höheren Wildschönauer Schiefern zuzuordnen wäre.

4. TEKTONISCHER ÜBERBLICK

Die Wildschönauer Schiefer fallen im allgemeinen mit 10° - 30° nach Norden ein. Wesentlichstes Gefügeelement stellen ca. W-E-streichende Faltenachsen dar, die sich grob in drei Hauptstreichrichtungen aufteilen lassen:

- a) Die relativ ältesten Faltenachsen (b_1) fallen flach nach NNW ein.
- b) Annähernd normal dazu ist ein jüngerer ENE - WSW streichendes transversales Faltenachsenmaximum (b_2) zu beobachten, das flach bis mittelsteil nach ENE bzw. WSW einfällt.
- c) die relativ jüngsten Faltenachsen tauchen flach sowohl nach E als auch nach W ab.

Ein weiteres Gefügemerkmal stellt die im mm- bis cm-Bereich angelegte Schieferung dar. Die Hauptschieferungsrichtung (s1) entspricht dem ss und ist zum Großteil mit ihm identisch, streicht also E - W und fällt nach N ein. Stellenweise ist makroskopisch auch eine Transversalschieferung erkennbar, wobei der Winkel zwischen s1 und s2 zwischen 15° und 70° schwankt.

Ein drittes Gefügemerkmal wird durch die Klüftung verkörpert. Aus Betrachtungen im Zusammenhang mit den Faltenachsen (P. BRANDMAIER, 1983/S.41 ff.) kann angenommen werden, daß die Klüftung zum Großteil synkinematisch zur b-Achsenbildung angelegt wurde, da der geometrische Zusammenhang (ac-Klüfte) zwischen Klüftmaxima und Hauptachsenrichtungen offensichtlich ist.

5. ERZMINERALISATION

Die folgende Beschreibung der Erzmineralisationen östlich der Ochsenalm stützt sich ausschließlich auf Haldenfunde aus dem Bereich alter Stollenmundlöcher. Die anstehende Vererzung selbst ist heute nicht mehr zugänglich.

5.1. Paragenesetypen

Die Untersuchung des Haldenmaterials läßt zwei Paragenesetypen unterscheiden:

- a) betrifft eine schichtige (stratiforme) Kiesmineralisation. Sie kann als Derberz in Lagen bis zu 20 cm Mächtigkeit oder als Imprägnationsvererzung ausgebildet sein. Variierende, aber meist geringe Gehalte an Pyrrhotin, Markasit, Arsenopyrit, Sphalerit, Chalkopyrit und Galenit sind feststellbar.
- b) ist durch eine Sb- und Pb-betonte, edelmetallführende Paragenese charakterisiert, die in engem räumlichen Verband mit den Kieserzen auftritt, aber nur selten schichtig ausgebildet ist.

Es ist festzuhalten, daß die Kieserze des Typus a) in weißem, feinkörnigem Quarz mit nur wenig ankeritischem Karbonat eingelagert sind, während letzteres in den Typus-b)-Erzen dominiert.

5.1.1. Mineralogie der Typus-a)-Erze

Die vorherrschende Sulfidphase ist Pyrit. Er läßt zwei Korngrößen-Verteilungen (0,1 - 0,5 mm bzw. 1 - 2 mm) erkennen, wovon die gröberkörnige Generation meist durch deutliche Kataklyse gekennzeichnet ist. Die feinkörnigen Pyrite sind einschlußfrei, die größeren Pyrite weisen Einschlüsse von Galenit, Sphalerit und (selten) Pyrrhotin auf (Abb. 5). Diese Einschlußphasen treten dort gehäuft in den Pyrit-Xenoblasten auf, wo in der Matrix feinkörnigen Pyrits zwickelfüllend dieselben Sulfidphasen auftreten. Pyrrhotin liegt zumeist in deutlich angewitterten Kornaggregaten mit typischen bird's-eye-Strukturen vor.

Er ist z.T. vollkommen in Markasit umgewandelt, wobei die Spaltbarkeit nach {0001} besonders gut zur Abbildung kommt (Abb. 6).

Arsenopyrit liegt in Form maximal mm-großer und oft nadelig-säulig entwickelter Kriställchen vor, die einschlußfrei und in einer Matrix feinkörnigen Pyrits eingebettet sind. Dieser Arsenopyrit entspricht weitgehend der theoretischen Zusammensetzung, weist jedoch geringe Sb-Gehalte (Tab. 1) auf.

Chalkopyrit tritt nur untergeordnet in Form kleiner Nester in Galenit oder in Sphalerit auf.

Dieser Typus läßt im Gegensatz zur Paragenese b) keine Goldführung erkennen.

5.1.2. Mineralogie der Typus-b)-Erze

Dieser Typus enthält wiederum feinschichtige Pyritbänder, nun aber in Verbindung mit größeren Bereichen edelmetallführender Sulfid- und Sulfosalz-Mineralisationen, die auf kurze Erstreckung (cm- bis dm-Bereich) auch diskordant zum "ss" auftreten können. Die Mehrzahl der Sulfidphasen (Tetraedrit, Chalkopyrit, Galenit, Sphalerit, etc.) tritt in stark miteinander verzahnten Aggregaten xenomorpher bis hypidiomorpher Körner in meist ankeritischer "Lagerart" auf.

Tetraedrit ist das Haupterz dieser Paragenese und zeichnet sich durch geringe Silbergehalte (maximal 1,7 Gew. %) aus. Der Chemismus (Tab. 1) entspricht weitgehend dem eines Antimon-Fahlerzes. Häufige Einschlußminerale sind ged. Gold (in rundlichen, z. T. auch hypidiomorphen, 15 - 60 µm großen Körnern und als Netzwerk feinsten Äderchen - Abb. 9), Cobaltin (in idiomorphen Kriställchen), Covellin (in schmalen Gängchen sekundär nach Fahlerz) und Arsenopyrit, der aber häufiger randlich um Fahlerz-Aggregate auftritt.

Dieser Arsenopyrit zeigt häufig Kataklyse und Verdrängung durch Tetraedrit, Bournonit, Chalkopyrit, etc. Mitunter ist Zonarbau in Form 15 - 25 µm breiter Anwachsäume mit anormal hohen Sb-Gehalten (10,3 - 13,4 Gew. %, Tab. 1) belegbar (Abb. 9), die nur in diesem Paragenesetypus nachweisbar sind. - Ähnlich Sb-reiche Arsenopyrite wurden von GAMYARIN et al. (1981) an Erzen der Lagerstätte Urultan (NE-UdSSR) und von BORODAEV et al. (1983) an Proben des Seinäjoki-Erzdistriktes (Zentral-Finnland) nachgewiesen. Die hoch Sb-hältigen Arsenopyrite der Ochsenalm sind damit ein weiteres Indiz für die Existenz einer doch extensiven Mischkristallbildung zwischen Arsenopyrit (FeAsS) und Gudmundit (FeSbS) in der Natur.

Ged. Gold ist in seinem Auftreten auf Tetraedrit (Abb. 7), Chalkopyrit und (selten) Pyrit (Abb. 8) beschränkt. Mikrosonden-Analysen weisen auf eine deutliche Variabilität des Silbergehaltes im Einzelkorn und von Korn zu Korn hin; im Durchschnitt schwanken sie zwischen 16,1 und 17,5 Gew. %. (Eine rasche, wenn auch nur semiquantitative Methode zur Abschätzung des Ag-Gehaltes im Gold ist über die quantitative

Ermittlung des Reflexionsvermögens einwandfrei polierter Goldkörner möglich, nachdem R mit steigendem Ag-Gehalt des Goldes zunimmt (EALES, 1966). Die an zwei verschiedenen Goldkörnern der Ochsenalm gefundenen R-Werte von 58,5 bzw. 62,1 % (480 nm) ergeben nach dem Diagramm bei EALES Ag-Gehalte von 16 bzw. 21 Gew. %, was in recht guter Übereinstimmung mit den Mikrosonden-Analysen steht).

Als große Seltenheit findet sich mit diesem (Ag-hältigen) Gold eine stark löcherige, zonar gebaute, goldhaltige Phase assoziiert (Abb. 9 + 10), deren extrem niedriger Ag-Gehalt auf sekundäre Lösungserscheinungen zurückgeführt werden konnte (Seifengold?).

Sphalerit enthält bereichsweise massenhaft Einschlüsse von Chalkopyrit nach $\{100\}$ (Abb. 11). Sie sind kaum als Entmischungen anzusprechen, sondern dürften nach den sehr eingehenden experimentellen Studien von WIGGINS & CRAIG (1980) bzw. HUTCHISON & SCOTT (1981) eher auf epitaktisches Wachstum des Chalkopyrits während der Sphalerit-Kristallisation zurückzuführen sein. Semiquantitative Mikrosonden-Analysen weisen auf Fe-Gehalte hin, die zwischen 5 und 11 Gew. % schwanken. In Übereinstimmung mit STUMPFL (1980) und SCHLÜTER et al. (1984) ist diese Variabilität nicht abhängig vom Metamorphosegrad der Lagerstätte, sondern wird auf primäre Unterschiede im Stoffangebot zurückgeführt.

Mit den vorgenannten Erzen sind Pb-Sb-(Cu)-Sulfosalze assoziiert, von denen Jamesonit ($Pb_4FeSb_6S_{14}$), Boulangerit ($PbSb_4S_{11}$) und Bournonit ($CuPbSbS_3$) erwähnenswert sind (Abb. 11, 12¹¹). Jamesonit-Boulangerit sind vorwiegend in quarzreicheren Randzonen in nadeligen Kriställchen zugegen. Bournonit tritt entweder als unregelmäßig breiter (? Reaktions-) Saum zwischen Tetraedrit und Galenit, oder in Form geringmächtiger gangförmiger Einlagerungen in diesem auf.

Aufgrund sehr ähnlicher Verwachsungs- bzw. Verdrängungsbilder dieser Sulfosalze/Sulfide wird eine Kristallisationsfolge zu immer bleireicheren Gliedern, etwa nach dem Schema (Tetraedrit)-Bournonit-Jamesonit-Boulangerit-Galenit, angenommen.

5.2. Spektralanalytische Untersuchungen an Erzproben

Die Ergebnisse sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt.

Vererzungsgruppe

	a)	[Gew. %]	b)
Cu	0,45		0,2 - 0,5
Pb	1,5		0,4 - 15
Zn	4 - 6		0,3 - 6
Ni	0,05		0,05 - 0,1
Co	0,04		0,001 - 0,03
As	0,6		0,1 - 0,3

Vererzungsgruppe

	a)	Gew. %	b)
Bi	0,01		0,003 - 0,03
Te	< 0,01		< 0,01
Ag	0,007		0,01 - 0,12
Au	< 0,001		0,001
Pt	< 0,03		< 0,03

Aufgrund der relativ hohen Ag-Gehalte und Anzeichen einer (allerdings geringen) Goldführung wurden dokimastische Analysen einzelner Erzproben durchgeführt (Outokumpu oy, Pori, Finnland). Außerdem wurde der Hg-Gehalt quantitativ in Hinblick auf möglicherweise in Erwägung gezogene geochemische Prospektionsaktivitäten ermittelt. Die Ag-Gehalte sehr reich vererzeter Proben schwanken zwischen 225 und 1228 g/t, die Au-Gehalte zwischen 1 und 6,3 g/t und die Hg-Gehalte zwischen 9,7 und 121 g/t.

Trotz der vereinzelt hohen Edelmetall-Gehalte des Typus b) sind die Chancen selbst eines Kleinbetriebes im alten Bergbaubereich der Ochsenalm aufgrund der geringen Erstreckung und Mächtigkeit der vererzten Brandenhorizonte, der Kleinräumigkeit und Absetzbarkeit der hier ausschließlich in Betracht zu ziehenden Erze des Typus b), sowie der vermutlich nur geringen Erzzrücklässe der alten Abbauperiode als negativ zu beurteilen.

5.3. Genetische Bemerkungen

Die Vererzung der Ochsenalm zeigt in vielen Details Parallelen zu den ebenfalls edemetallführenden Pb-Zn-Vorkommen der Hachau (DACHS, 1981a, 1984) und des Schwemmerberges (FEITZINGER, in Vorbereitung). Die ss-parallel in den altpaläozoischen Serizitphylliten bis -quarziten eingeschaltene Kiesvererzung deutet auf eine syngenetische, präalpidische Anlage hin. Die vereinzelt in der näheren Umgebung des Lagerstättenareals nachgewiesenen Metabasite (ehemalige Tuffe ?) könnten als Hinweis einer vulkanosedimentären Genese dieser Erze zu werten sein, die aufgrund des allgemein akzeptierten Ablagerungsmilieus der Wildschönauer Schiefer in einer absinkenden Eugeosynklinale erfolgte (z.B. UNGER, 1971). (Stellt man in diesem Zusammenhang Spekulationen über die vulkanotektonische Stellung der Ochsenalm-Vererzung an, so sind die jüngst von SCHLÜTER et al. (1984) im Zuge einer Neubearbeitung der in Ennstalphylliten gelegenen stratiformen Kieslagerstätte der Walchen bei Öblarn, Steiermark, geäußerten Überlegungen von Interesse, wonach eine Position in einem intrakontinentalen Riftsystem angenommen wird.

Inwieweit ähnliche Verhältnisse auch für die Ochsenalm-Lagerstätte und deren Trägergesteine anzunehmen sind, muß weiteren Untersuchungen auf petrogenetischer Basis vorbehalten bleiben).

Die Kristallisation der pyritbetonten Paragenese a) erfolgte aufgrund der Koexistenz Pyrit-Arsenopyrit unterhalb $491 \pm 12^\circ \text{C}$

(CLARK, 1960). Für die edelmetallführende Pb- und Sb-betonte Paragenese b) ist eine ähnliche zeitliche Einstufung wie für die kiesbetonten Erze anzunehmen, wobei ihre Kristallisation i. w. nach der Abscheidung des Großteils der Kieserze unter epi- bis (?) mesothermalen Bedingungen erfolgt sein dürfte. Damit in Zusammenhang steht eine Zunahme der Sb- (und Pb-) Konzentrationen in den Lösungen, die bei zunächst noch relativ höheren Temperaturen zur Bildung der Sb-reichen Arsenopyrit-Säume um nahezu Sb-freie Kerne und in der Folge (bei sinkenden T) zur Kristallisation zunehmend Pb-reicherer Phasen führte.

Das alpidische Geschehen, für das im betrachteten Gebiet aufgrund kritischer Mineralparagenesen (BRANDMAIER, 1983, S. 23) und der Illitkristallinität (siehe Kap. III, S. 8) die Bedingungen einer schwachen Metamorphose anzunehmen sind, hatte eine Rekristallisation und möglicherweise geringfügige Mobilisation im Kleinbereich (mm- bis cm-Bereich) zur Folge.

Tabelle 1: Elektronenstrahl-Mikrosonden-Analysen [Gew. %] an Erzen der Ochsenalm, Steiermark (Analytiker: T.T. CHEN) 3)

	Tetraedrit (3) ¹⁾	Bournonit (1)	Arsenopyrit (4)	Sb-Arsenopyrit (4)	ged. Gold (2)
Pb		43,2			Au 83,1 - 81,5
Cu	37,0 (0,38) ²⁾	12,9			0,1 - 0,2
Ag	1,6 (0,15)				16,1 - 17,5
Fe	4,3 (0,05)		33,9 (0,36)	31,5 (0,41)	
Zn	3,0 (0,15)				
Sb	27,4 (0,29)	23,5	0,4 (0,26)	11,9 (1,35)	
As	1,6 (0,1)		45,4 (0,98)	37,3 (1,7)	
S	25,8 (0,21)	19,6	22,1 (0,42)	20,1 (0,62)	
Summe	100,9	99,2	101,8	100,8	

A t o m p r o p o r t i o n e n

	Σ M+S = 29	S = 6	Σ M+S = 3	Σ M+S = 3
Pb		1,03		
Cu	9,57	1,0		
Ag	0,25			
Fe	1,27		0,96	0,95
Zn	0,76			
Sb	3,69	0,95	0,005	0,16
As	0,35		0,95	0,84
S	13,23		1,08	1,05

Formeln:

Tetraedrit: $(\text{Cu}_{9,57}\text{Ag}_{0,25}) \times 9,82 (\text{Fe}_{1,27}\text{Zn}_{0,76}) \times 2,03 (\text{Sb}_{3,69}\text{As}_{0,35}) \times 4,04 \text{S}_{13,23}$

Bournonit: $\text{Pb}_{1,03}\text{CuSb}_{0,95}\text{S}_6$

Arsenopyrit: $\text{Fe}_{0,96} (\text{As}_{0,95}\text{Sb}_{0,005}) \times 0,955 \text{S}_{1,08}$

Sb- " : $\text{Fe}_{0,95} (\text{As}_{0,84}\text{Sb}_{0,16}) \times 1,0 \text{S}_{1,05}$

1) Analysenzahl

2) Standardabweichung

3) Analysenbedingungen: Mikrosonde MAC, Modell 400, 20 KV. Standards und Emissionslinien:

Tetraedrit, Bournonit: synthet. $\text{Cu}_{11}\text{FeSb}_4\text{S}_{13}$ (CuK α , FeK α , SbL α , SK α); Enargit (ASK α); synthet. Argentopyrit (AGL α); Arsenopyrit: synthet. FeAs_2 (FeK α , AsK α); synthet. CoSbS (SbL α , SK α).

Gold: synthet. Au (80 Gew. %) - Ag (20 Gew. %) - Legierung

(AuL α , AgL α); Chalkopyrit (CUK α); Benitoit (SiK α), synthet.

Argentopyrit (FeK α).

Korrektur nach einem von EMPADR VII modifizierten Computer-Programm

(RUCKLIDGE and GASPARRINI, 1969)

Danksagung

Wir bedanken uns bei Herrn Prof. Dr. H. MOSTLER (Univ. Innsbruck) für die kritische Durchsicht des Manuskriptes und sind der Firma MINEREX (Herrn Dr. R. GÖD) für die finanzielle Unterstützung der Geländearbeit zu großem Dank verpflichtet. Herr Dr. W. GÜNTHER (Landesregierung Salzburg) stellte in dankenswerter Weise Literatur zum Bergbau zur Verfügung.

VI. LITERATURAUSWAHL

- BORODAEV, Yu.S., BORTNIKOV, N.S., MOZGOVA, N.N., OZEROVA, N.A., OIVANEN, P., YLETINEN, V. (1983): Associations of ore minerals in the deposits of Seinäjoki district and the discussion on the ore formation. - Bull. of the Geol. Soc. of Finland 55 (pt. 1), 3-23.
- BOYLE, R.W. (1979): The Geochemistry of Gold and its Deposits (Together with a Chapter on Geochemical Prospecting for the Element). - Bull. Geol. Surv., Canada, 280, Ottawa
- BRANDMAIER, P. (1983): Geologie und Erzlagerstätten der Grauwackenzone nordöstlich von Mandling. - Unveröff. Vorarbeit, Universität Salzburg, 50 S., 23 Abb., 3 Taf., 1 geol. Karte.
- CLARK, L.A. (1960): The Fe-As-S system: phase relations and applications. - Econ. Geol. 55, 1345-1381 und 1631-1652, New Haven
- DACHS, E. (1981): Geologie des Gebietes um Hachau (östlich Filzmoos, Salzburg). - unveröff. Vorarbeit, Universität Salzburg, 56 S., 29 Abb., 1 geol. Karte.
- DACHS, E., PAAR, W.H. (1984): Schichtgebundene goldführende Buntmetall-Mineralisationen der Grauwackenzone zwischen Filzmoos, Radstadt und Mandling (Salzburg, Steiermark). - Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck 13 (5), 113-123.
- EALLES, H. (1967): Reflectivity of Gold and Gold-Silver Alloys. - Bull. Soc. Economic Geol., 62, Nr. 3, 412-420, 4 Fig., New Haven.
- EBERHARDT, N., MOSTLER H. (1966): Ein Beitrag zur Alterseinstufung der Wildschönauer Schiefer (Grauwackenzone, Tirol). - Anz. Österr. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Kl., Jg. 1966, Nr. 1 (Sonderabdruck), 3-8, Wien.
- GAMYARIN, G.N., NEKRASOV, I. Ya., LESKOVA, N.V. & RYABOVA, E.G. (1981): Antimonian variety of arsenopyrite - a first occurrence. - Miner Journ. (Kiev) 3, 87-96.
- GANSS, O., KÜMEL, F., SPENGLER, E. (1954): Erläuterungen zur geologischen Karte der Dachsteingruppe (mit kleineren Beiträgen von A. MAIER und O. SCHAUBERGER). - Wiss. Alpenvereinshefte, H. 15, 1-82, 3 Abb., 1 geol. Karte, 3 Profiltafeln, 3 Taf., Innsbruck.

- HUTCHISON, M.N., SCOTT, S.D. (1981): Sphalerite geobarometry in the Cu-Fe-Zn-S system. - *Econ. Geol.*, 76, 143-153, New Haven.
- KUBLER, B. (1967): La cristallinité de l'illite et les zones tout à fait supérieures du métamorphisme. - *Etages tectonique*, Colloque à Neuchâtel, p 105-122, 12 Fig., Neuchâtel.
- KUBLER, B. (1980): Deuxième partie: Zonéographie par les transformations minéralogiques, comparaison avec la réflectance de la vitrinite, les extraits organiques et les adsorbés. - *Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. Ing.*, 46, 1-22, 7 Fig., Rhien-Basel.
- MOSTLER, H. (1968): Das Silur im Westabschnitt der Nördlichen Grauwackenzone (Tirol/Salzburg). - *Mitt. Geol. Bergbaustud.*, Bd. 18, 89-150, 41 Abb., Wien.
- RUCKLIDGE, J.C., GASPARRINI, E.L. (1969): Electron microprobe analytical data reduction (EMPADR VII). - *Dept. Geol. Univ. Toronto*.
- SCHLÜTER, J., TARKIAN, M., STUMPF, E.F. (1984): Die stratiforme Sulfidlagerstätte Walchen, Steiermark, Österreich: Geochemie und Genese. *TMPM Tschermarks Min. Petr. Mitt.* 33, 287-296, Wien.
- STUMPF, E.F. (1980): Reply to P. Lattanzi's discussion. *Min. Deposita* 15, 247-249, Berlin.
- UNGER, H.J. (1971): Die Kupfer- und Schwefelkies-Lagerstätten (Alpine Kieslager) im Bereich der Nördlichen Grauwackenzone. - 2nd International Symposium of the mineral deposits of the Eastern Alps, Bled (4.10. - 8.10.1971), 166-178.
- WIGGINS, L.B., CRAIG, J.R. (1980): Reconnaissance of the Cu-Fe-Zn-S system: Sphalerite phase relationships. - *Econ. Geol.* 75, 742-752.
- WINKLER, H.G.F. (1979): *Petrogenesis of metamorphic rocks.* - (5. Auflage), 348 S., mit Abb., New York/Heidelberg/Berlin.

Verzeichnis der Abbildungen

- Abb. 1 Topographische Übersichtsskizze (M 1:50000)
- Abb. 2 Geologische Karte
- Abb. 3 Blockbild (M 1:25000; 2-fach überhöht)
- Abb. 4 Modell zur Rekonstruktion des Schuppenbaues
- Abb. 5 Porphyroblasten von Pyrit (py) mit siebartigen Einschlüssen von Galenit (ga), Chalkopyrit (cp) und Tetraedrit (td). Die den Pyrit verdrängenden Phasen sind Tetraedrit und Chalkopyrit. Balkenlänge 10 µm.
- Abb. 6 Pyrrhotin (po) läßt in stark angewitterten Bereichen besonders deutlich die Spaltbarkeit nach {001} er-

- kennen; er wird bevorzugt entlang dieser durch Markasit (mc) verdrängt. Balkenlänge 10 μm .
- Abb. 7 Gediegenes Gold (au) als Einschluß in Tetraedrit (td), in letzterem Galenit (ga; Spaltausbrüche) und rißausfüllend Chalkopyrit (cp). Balkenlänge 5 μm .
- Abb. 8 Pyrit (py) wird entlang von Spaltrissen von Tetraedrit (td), Chalkopyrit (cp) oder Pyrrhotin (po) und ged. Gold (au) durchzogen. Balkenlänge 10 μm .
- Abb. 9 Ged. Gold (au) in einem hypidiomorphen Korn und in Äderchen in Tetraedrit (td) und Chalkopyrit (cp). Randlich idiomorphe Kristalle von Arsenopyrit (asp) mit Säumen von Sb-Arsenopyrit, die in diesem Bild nur dem bezeichneten Korn sichtbar sind. Bild rückgestreuter Elektronen.
- Abb. 10 Silberhältiges Gold (auI; vgl. Tab. 1) in randlicher Verwachsung mit einer stark porigen, goldhaltigen Phase (auII), die sehr starken Zonarbau aufweist. Semiquantitative MSA dieser Phase weisen auf folgenden Chemismus hin: Ag 0,6-0,7, Au 64,0-67,1, Cu 1,5-1,6, Si (!) 3,7, Fe 9,2-9,4 Gew. %. Bild rückgestreuter Elektronen.
- Abb. 11 Sphalerit (sp) mit darin orientiert eingelagertem Chalkopyrit, in Assoziation mit Galenit (ga) und Tetraedrit (td); zwischen diesen ein (?) Reaktionsraum von Bournonit (bn). Balkenlänge 10 μm .
- Abb. 12 Bournonit (bn) mit parkettartiger Zwillingslamellierung enthält nadelige Boulangerit-Einschlüsse (bl). Daneben in Quarz (qu) Längs- und Querschnitte von Jamesonit (ja). Balkenlänge 5 μm .
- Tab. 1 Elektronen-Mikrosonden-Analysen (Gew. %) von Erzen der Ochsenalm, Steiermark (Analytiker: T.T. CHEN)

