

Die silberführende Blei-Zinkerzlagerstätte von Arzberg (Oststeiermark)

The Argentiferous Lead-zinc Mineralization of Arzberg (Eastern Styria)

Leopold WEBER

8 Abbildungen

Zusammenfassung: Die silberführenden Blei-Zinkerzlagerstätten des Grazer Paläozoikums sind submarin-sedimentären Ursprungs und entstanden an der Wende vom Ober-Silur zum Unter-Devon als Folge eines Rifting-Ereignisses. Die stratiformen Vererzungen sind ausschließlich in einer Beckenentwicklung angereichert und somit als faziesgebunden zu bezeichnen. Auf Grund der gleichen Form, des Wertstoffinhalts sowie der geochemischen Charakteristika können diese Blei-Zinkvererzungen zu einem Lagerstättenbezirk zusammengefasst werden. Als Typus dafür gilt die Lagerstätte Arzberg. Die Bildungsbedingungen für diese Vererzungen werden an Hand der Verhältnisse in der Lagerstätte Arzberg detailliert beschrieben. Durch die alpidische (kretazische) Überprägung ist die Struktur der paläozoisch, durch sedimentäre/exhalative Prozesse angelegten Lagerstätte komplex und die auftretenden Mineralparagenesen mehrphasig. Weiters wird auf die Lagerstättenführung im ehemaligen Bergbau Arzberg eingegangen.

Abstract: The silverbearing lead-zinc mineralizations of the "Graz Paleozoic" are of submarine-sedimentary origin as a result of rifting between Upper Silurian–Lower Devonian times. The stratiform mineralizations are linked to specific basin environments and strictly facies-bound. Because of similarities in the shape, mineral content, geochemical composition a. s. o., these mineralizations can be combined as a characteristic lead-zinc-district with Arzberg as the typical deposit. The characteristics of this mineralization in general and of the former Arzberg mine in particular are discussed in detail. Due to alpidic (cretaceous) overprinting, the structures of the sedimentary/exhalative mineralization of paleozoic age is complex causing a multistage mineral paragenesis.

Schlüsselworte: Grazer Paläozoikum (Steiermark); Blei-Zinkvererzungen; Geologischer Rahmen; Genese.

Key Words: Graz Paleozoic (Styria); Lead-zinc mineralizations; Geological Framework; Genesis.

Inhalt

1. Geologischer Rahmen der Blei-Zinkvererzungen	10
2. Entstehung der Blei-Zinkvererzungen des Grazer Paläozoikums	11
3. Die Blei-Zinkbergbaureviere des Grazer Paläozoikums	11
3.1. Der Bergbau von Arzberg	12
3.1.1. Die geologisch-lagerstättenkundlichen Verhältnisse	13
3.1.2. Trennflächengefüge	13
3.1.3. Die Erzführung des Arzberger Reviers	15
3.1.4. Erzparagenese	18
3.2. Isotope	20
3.3. Bildungs- und Überprägungstemperaturen	20
4. Zur Raumlage der Vererzungen im Arzberger Revier	21
Dank	22
Literatur	22

1. Geologischer Rahmen der Blei-Zinkvererzungen

Das Grazer Paläozoikum zählt zu den oberostalpinen Deckeneinheiten. Es grenzt im NW an den Gleinalm-Komplex. Im E geht es mit Metamorphoseübergängen in das sogenannte Anger-Kristallin über. Im SE liegt es über den Kristallinabfolgen von St. Rade-gund, welche Äquivalente des Korlpen-Kristallins im W darstellen. Das Grazer Paläozoikum taucht im S unter neogene Sedimente ab (EBNER et al. 2000).

Das Grazer Paläozoikum besteht aus einer Reihe von überfalteten Fazies- bzw. Mehrfaziesdecken. Die ursprüngliche Verteilung der Faziesräume ist für die Klärung der Entstehung und Verbreitung der Blei-Zinkvererzungen von eminenter Bedeutung.

Im Rahmen eines mehrjährigen Prospektions- und Explorationsprogrammes durch die Bleiberger Bergwerks Union ist es gelungen, die Bindung der silberführenden Blei-, Zink- und Schwespatvererzungen an einen bestimmten Faziesraum, den Lagerstätten-typ sowie die Genese dieser Vererzungen zu klären. Somit war es möglich, lagerstätten-höfliche Bereiche gezielt aufzusuchen.

Die Vererzungen des Grazer Paläozoikums können auf Grund ihrer jeweils charak-teristischen Mineralparagenese, Bindung an bestimmte Gesteinsabfolgen, Fazieszonen oder Lagerstättenform in spezielle metallogenetische Bezirke gegliedert werden. So können die silberführenden Blei-, Zink- und Schwespatvererzungen zu einem eigenen

metallogenetischen Bezirk zusammengefasst werden. Die Charakteristika dieses Bezirkes werden in der Folge detailliert beschrieben. Darüber hinaus können auch ein Quecksilbererzbezirk und ein Magnesitbezirk unterschieden werden (WEBER 1997).

2. Entstehung der Blei-Zinkvererzungen des Grazer Paläozoikums

Die Vererzungen („Erzlager“) liegen schichtparallel in den ehemaligen wannenartigen Vertiefungen des Meeresbodens. Sie sind somit stratiform und faziesgebunden (WEBER 1990; EBNER et al. 2000). Die Vererzungen entstanden aus metallhaltigen Schlämmen, die durch eine submarine hydrothermale Aktivität über einem stark gegliederten Meeresboden gebildet wurden. Während sich in den rinnenartigen Eintiefungen (sogenannte 3rd order basins) Sulfide bilden konnten, wurden an den Schwellenzonen auf Grund der unterschiedlichen physikochemischen Gegebenheiten zeitgleich Sulfate gebildet. Gesteuert werden diese Prozesse auch durch unterschiedlich euxinische Verhältnisse (RANTITSCH et al. 1998). Die Mächtigkeit der Vererzungen ist unterschiedlich und schwankt zwischen wenigen Zentimetern bis zu mehreren Metern. Die für derartige Vererzungen durchaus üblichen „Feeder-Zone“-Vererzungen wurden (bislang) nicht bekannt. Die Metallzufuhr erfolgte an der Wende vom Silur zum Devon als Folge eines Rifting-Ereignisses mit abrupt einsetzendem alkalibasaltischem Vulkanismus.

Innerhalb der Sedimentabfolgen sind mindestens drei Lagervererzungen in verschiedenen stratigrafischen Niveaus eingeschaltet. Die stratigrafisch älteste Vererzung („Liegendlager“) liegt in Chloritschiefern (Metadiabasen, Tuffen, Tuffiten) und besteht im wesentlichen aus streifig laminiertem Schwerspat. Das „Mittellager“ setzt demgegenüber vorwiegend in Karbonatschiefern und Kalkmarmoren auf. Paragenetisch tritt Schwerspat merklich zurück. Die Vererzung setzt sich vielfach aus Bleiglanz und Zinkblende zusammen. Die Hangendlagervererzungen liegen zumeist in Schwarzschiefern und enthalten ausschließlich Sulfide.

Aus der lithologischen Variabilität vom Liegenden zum Hangenden spiegelt sich ein merklicher Faziesumschlag von sauerstoffhaltigen (oxidierenden) zu sauerstoffarmen (reduzierenden) Verhältnissen wieder.

3. Die Blei-Zinkbergbaureviere des Grazer Paläozoikums

Die Blei-Zinkvererzungen wurden in zahlreichen Klein- bis Kleinstbergbauen westlich und östlich der Mur abgebaut. Westlich der Mur befanden sich die ehemaligen Reviere von Groß-Stübing, Guggenbach, Arzwalldgraben und Rabenstein, östlich der Mur die Reviere Peggau-Taschen, Schrems-Rechberg, Haufenreith-Arzberg und Kaltenberg-Burgstall (FLÜGEL & MAURIN 1952; WEBER 1990). Die ältesten Hinweise auf eine berg-

bauliche Nutzung gehen auf das frühe 13. Jahrhundert (erstmalige Nennung von Arzberg – „Aerzeperch“) zurück (NEURATH 1992). Als letzter Betrieb wurde der Bergbau Rabenstein im Jahre 1929 endgültig stillgelegt (FLÜGEL & MAURIN 1952; WEBER 1990). Sowohl während des 2. Weltkrieges, zu Beginn der 50-er Jahre sowie zwischen 1974 und 1983 erfolgten Prospektions- und Explorationsarbeiten. Die Blei-Zink-Schwerspatvererzungen des Typs „Grazer Paläozoikum“ können heute nur mehr im Schau- und Lehrstollen Arzberg besichtigt werden.

3.1. Der Bergbau von Arzberg

Im ehemaligen Bergbaurevier von Arzberg bestanden der Alte (tiefere) und der 1911 angeschlagene Neue (höhere) Raabstollen sowie der Mariahilfstollen, die vom Raabtal aus die Lagerstätte von der Westseite her erschlossen. Sowohl der Alte Raabstollen als auch der Mariahilfstollen folgten den Lagerungsverhältnissen der Vererzung und verliefen somit äußerst gewunden und uneben. Dabei ergaben sich Probleme mit der Wasserhaltung und der Abförderung von Erz und Taubem.

Der Neue (obere) Raabstollen und der Alte (tiefere) Raabstollen standen über den sogenannten Mundlochschaft sowie den Arzbergschaft als Steig- und Wetterschächte in Verbindung. Die Abförderung der Erze dürfte ausschließlich über den Erbstollen erfolgt sein.

Somit bestanden mindestens zwei Stollenhorizonte, wobei ein flächiger Abbau lediglich im tieferen Niveau erfolgte. Im unteren Stollenniveau sind weitere gesenkartige Einbaue vorhanden, die allerdings vollständig abgesoffen sind. Mangels an Grubenkarten oder anderen Aufzeichnungen ist über die Erstreckung dieser tiefsten Grubenbaue nichts bekannt. Sie dürfte allerdings unbedeutend gewesen sein.

Von der Südseite des Arzberger Reviers ging der Erbstollen ab, der mit den beiden Raabstollen sowie dem Mariahilfstollen in Verbindung stand. Die beiden Mundlöcher des Alten Raabstollens (ca. 8 m unter dem Niveau des Neuen Raabstollens) sowie des Mariahilfstollens waren bereits um die Jahrhundertwende nicht mehr fahrbar. Teile des Alten Raabstollens sowie des Mariahilfstollens sind noch über die vom Neuen Raabstollen abgehenden, kurzen Steigschächte befahrbar. Teile dieser tieferen Einbaue stehen unter Wasser.

Vom Neuen Raabstollen wurde zu Beginn des 20. Jahrhunderts der sogenannte Raabschacht in großzügigem, quadratischem Querschnitt von ca. 4 × 4 m hochgebrochen bzw. abgeteuft. Durch den Raabschacht sollten die Erze aus dem tieferen Stollenhorizont direkt nach obertage gefördert und in einer geplanten, in Hanglage zu errichtenden modernen Aufbereitungsanlage weiterverarbeitet werden. Das Schachtprojekt blieb unvollendet, die Aufbereitungsanlage kam über das Planungsstadium nicht hinaus.

Darüber hinaus wurden Lagerstättenteile durch den sogenannten Josefistollen und den Kirchenstollen, die untereinander in Verbindung standen, erschlossen. Letztere Ein-

baue standen allerdings mit dem oben beschriebenen Stollensystem nicht in Verbindung.

Die Westfortsetzung der Arzberger Lagerstätte findet sich im höheren Bereich des Rauchenberges, wobei eine tektonische Verstellung angenommen werden muss.

Die schichtkonkordanten Erzlager wurden durch Stollenbau (Versatzbau) hereingewonnen. Flächige Abbaue wurden durch Taubmaterial firstbündig versetzt. Die wenigen, unterhalb des Erbstollenniveaus gelegenen Grubenhohlräume sind ersoffen und nicht mehr fahrbar.

3.1.1. Die geologisch-lagerstättenkundlichen Verhältnisse

Die Grubenaufschlüsse liegen in den epizonal metamorph überprägten „Arzberg-Schichten“ der „Passailer Gruppe“ (sensu EBNER & WEBER 1978). Aufgrund einer Revision der stratigrafischen Begriffe (FLÜGEL 2000) werden die erzführenden Schichtfolgen nunmehr der Peggau-Gruppe zugeordnet, die in eine basale, vulkanogene Taschen-Formation, eine euxinische Schönberg-Formation sowie eine hangende, karbonatisch entwickelte Raasberg-Formation bzw. Schöckel-Formation gegliedert wird.

Die Vererzungen sind dabei integrierender Bestandteil der Schönberg-Formation. Die Gesteinsabfolgen der Schönberg-Formation setzen sich aus Chloritschiefern, Serizitschiefern, karbonatischen Schiefern sowie Schwarzschiefern zusammen. Eine weitere Unterteilung in eine Bodlos-Subformation (auch Rabenstein-Subformation), eine Rauchenberg-Subformation – die eigentliche Trägereinheit der Vererzungen – sowie in eine Kreuzwirt-Subformation wird von FLÜGEL (2000) vorgeschlagen.

Die Anlage des schichtparallelen Schieferungsgefüges und der grünschieferfaziellen metamorphen Überprägung erfolgte bei der eoalpidischen (kretazischen) Orogenese. Ihr folgte eine vermutlich paläogene/neogene Abschiebungstektonik (EBNER et al. 2000).

3.1.2. Trennflächengefüge

Schieferungsflächen

Aus der Trennflächenstatistik (Abb. 1) ist zu ersehen, dass die Schieferungsflächen im Bereich des Neuen Raabstollens überwiegend söhlig liegen bzw. bei NE–SW gerichteter Streichrichtung flach bis mittelsteil gegen NW einfallen.

Demgegenüber ist im Bereich des Erbstollens (zwischen Mündung des Verbindungsgesenkes bis zum Erbstollenmundloch) bei einer Streichrichtung von NE–SW eine ausgeprägte Fallrichtung gegen SE entwickelt (Abb. 1b). Hieraus ergibt sich ein örtlicher Faltenbau (Antiklinalbau), dessen Faltenachse flach (ca. 10°) gegen NE abtaucht. Demzufolge lagert auch die Vererzung im Bereich des unteren Raabstollens äußerst flach und fällt sanft gegen NE ein.

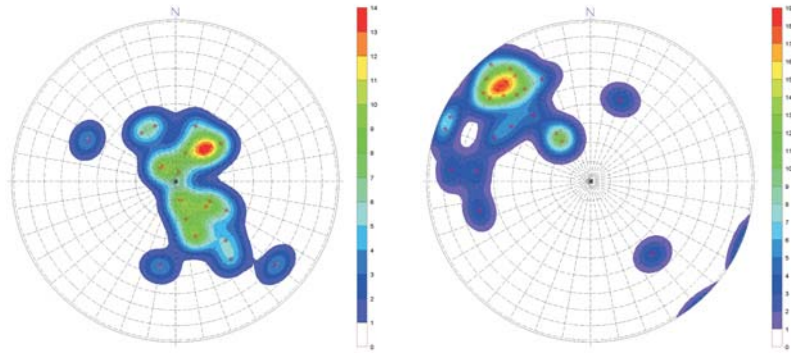


Abb. 1: a) Schieferungsflächen Neuer Raabstollen; b) Schieferungsflächen Erbstollen.
 Fig. 1: a) Foliation ("New Raabstollen" level); b) Foliation ("Erbstollen" level).

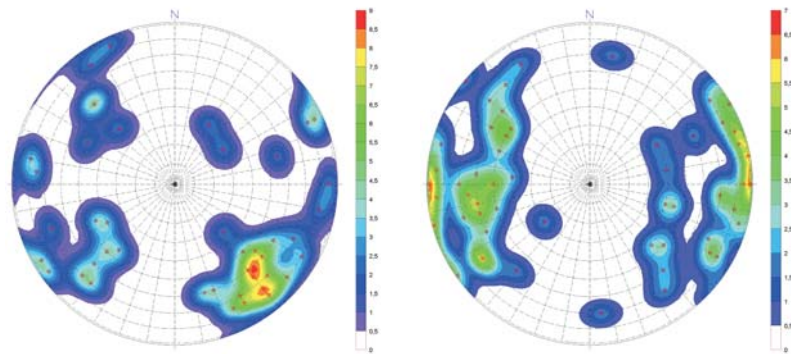


Abb. 2: a) Kluffflächen Neuer Raabstollen; b) Kluffflächen Erbstollen.
 Fig. 2: a) Cleavage ("New Raabstollen" level); b) Cleavage ("Erbstollen" level).

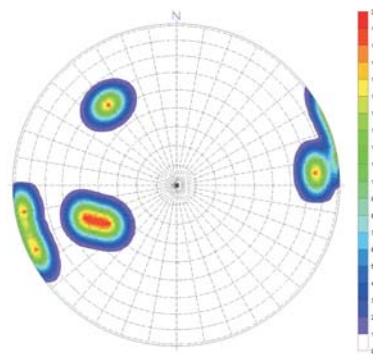


Abb. 3: Harnischflächen mit ausgeprägten (abschiebenden) Versetzungsbeträgen.
 Fig. 3: Shear zones.

Kluffflächen

Aus der Kluffflächenstatistik (Abb. 2) im Bereich des Neuen Raabstollens ist deutlich die hOI-Orientierung der steil einfallenden, NE–SW streichenden Kluffflächen erkennbar. Orthogonal dazu verlaufen (unbedeutendere) ac-orientierte Kluffflächen. Im Bereich des N–S verlaufenden Erbstollens dominieren steil stehende, N–S verlaufende Kluffscharen. Hieraus kann rückgeschlossen werden, dass der ursprünglich offensichtlich handgeschrägte Stollen entlang des Kluffflächenverschnittes aufgefahren wurde, da dadurch die natürlichen Schwächezonen des Gebirges bewusst ausgenutzt wurden.

Lagerstättenrelevante Abschiebungen

Sowohl im Bereich des Neuen Raabstollens als auch des Erbstollens sind mehrfach Verwerfungen zu beobachten, die NNW–SSE streichen und steil bis mittelsteil gegen ENE abschieben (Abb. 3). Die Trennflächen sind Kakirit-führend. Durch dieses spezielle Trennflächensystem werden Nebengestein und die darin vorhandene schichtkonkordante Vererzung jeweils gegen ENE abgeschoben. Aus den Beobachtungen im Grubengebäude kann auf Versetzungsbeträge bis zu ca. 20 m rückgeschlossen werden.

3.1.3. Die Erzführung des Arzberger Reviers

Durch den Unteren Raabstollen wurde die NE–SW streichende und äußerst flach gegen NW einfallende Lagervererzung in Form eines Erzlineals („Erzrinnen“) erschlossen. Die Vererzung wurde auf eine streichende Länge von rund 350 m (?) und einer Breite von lediglich 20–30 m (?) erschlossen. Ähnliche Dimensionen konnten auch im wenige Kilometer nördlich gelegenen Grubengebäude von Haufenreith beobachtet werden. Allem Anschein nach handelt es sich hierbei um die einstmals mit Erzschlamm gefüllten sogenannten „3rd order basins“.

In Abständen von mehreren Zehnermetern wurde der Lagerstättenkörper durch NNW–SSE streichende und steil bis mittelsteil gegen ENE fallende Verwerfer mit abschiebendem Charakter zerlegt. Durch das System des Raabstollens wurde daher lediglich die N-Flanke der Arzberger Antiklinale erschlossen. Das faltungsbedingte Gegenfallen der Vererzung wurde durch die Abbaue im Josefstollen sowie dem Kirchenstollen verfolgt. Soweit es die Aufschlussverhältnisse im Stollensystem zulassen, sind in einem Vertikalabstand von rund 20 m zumindest zwei Erzlager entwickelt (vgl. Abb. 4).

Liegendlager (primäre Vererzung)

Das Liegendlager wurde durch das Stollensystem des Unteren Raabstollens aufgeschlossen und abgebaut (Abb. 5). Die Vererzung besteht im wesentlichen aus silberführendem Bleiglanz, Pyrit, Magnetkies, jedoch nur untergeordnet Zinkblende. Die Mächtigkeit der Vererzung schwankt zwischen wenigen Zentimetern bis zu mehreren Dezimetern.

Aufgrund der örtlichen Aufweitungen kann rückgeschlossen werden, dass lokal auch größere Erzmächtigkeiten vorgefunden wurden. Auffallend ist eine starke Silifizierung des Erzlagers.

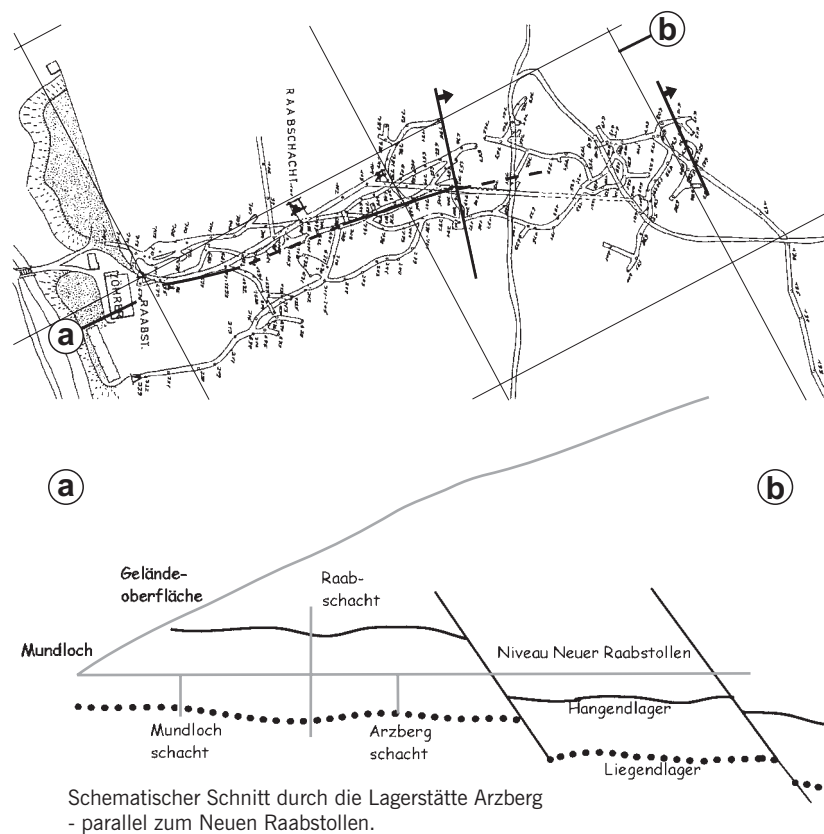


Abb. 4: Ausschnitt der Grubenkarte von Arzberg mit Eintragungen der Hauptstrukturen (oben) sowie schematischer Schnitt durch die Lagerstätte (unten).

Fig. 4: Arzberg mine. Map with main tectonic elements (above) and schematic cross section (below).

Hangendlager (primäre Vererzung)

Das höhere Lager besteht vorwiegend aus streifig laminiertem, stark verquartem Schwespat, der örtlich von cm-mächtigen Bleiglanz- und Zinkblendelagen begleitet wird (Abb. 6). Die Mächtigkeit dieser Vererzung beträgt durchwegs mehrere Dezimeter. Diese höhere Lagervererzung ist einerseits im Raabschacht oberhalb des Neuen Raabstollenniveaus, andererseits im Verbindungsgesenke sowie im Erbstollen und der von

diesem abgehenden Verbindung zum Mariahilfstollen aufgeschlossen. Im Bereich des Mariahilfstollens nimmt die Pyritführung der Vererzung zu Lasten des Schwespates deutlich zu (vgl. Abb. 7).

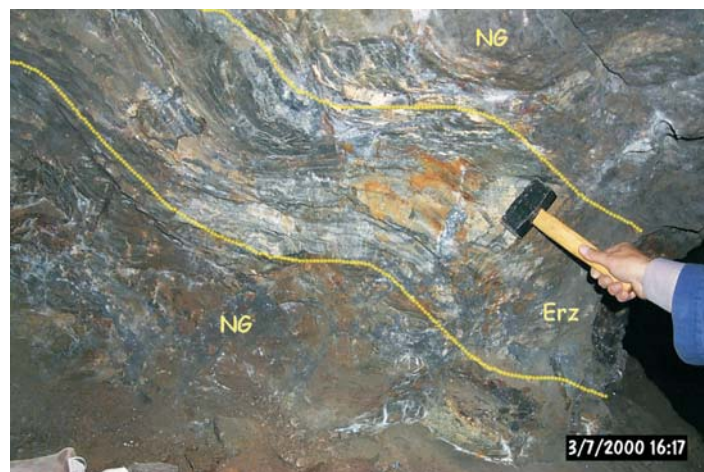


Abb. 5: Ortsbild des Liegendlagers (Mariahilfstollen, „Große Zeche“; NG = Nebengestein (karbonatführender Chloritschiefer), Erz = schichtkonkordant eingelagertes Erzlager.
 Fig. 5: Lower mineralization (Mariahilf-adit, „Große Zeche“).

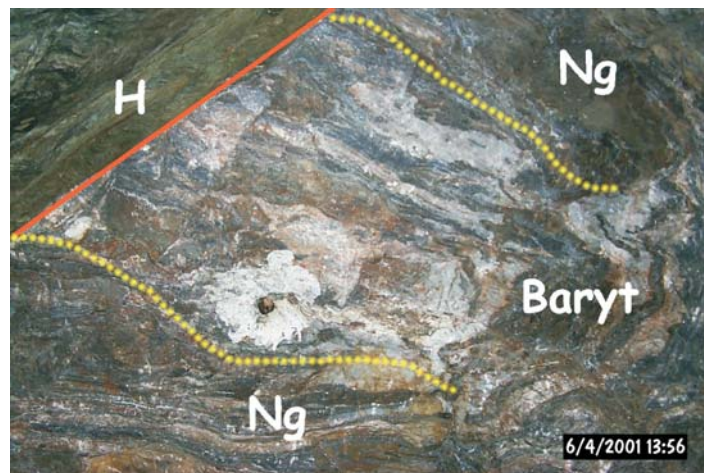


Abb. 6: An einem Verwurf abgeschnittenes Hangendlager (Erbstollen; H = Harnischfläche, NG = Chloritschiefer; Bildbreite ca. 2 m).
 Fig. 6: Upper mineralization; cut by a fault (Erbstollen).

Mobilisierte (sekundäre) Vererzung

Im Nordschlag des Neuen Raabstollens wurde eine diskordant die Schieferungsflächen schneidende, symmetrische, gangförmige Vererzung ausgerichtet. Diese Gangvererzung führt ausschließlich idiomorphen Bleiglanz, der in einem mehrere Zentimeter mächtigen Gangquarz eingelagert ist (Abb. 8). Die Salbänder bestehen aus Eisenkarbonaten. Über die geochemischen Charakteristika dieser sekundären Vererzung und deren Unterschiede zu den primären Vererzungen wird in einer gesonderten Arbeit berichtet.

Die Ausbildung zweier Erzlager in der Lagerstätte Arzberg steht in guter Übereinstimmung mit den Lagerstättenverhältnissen in der wenige Kilometer nördlich von Arzberg gelegenen Lagerstätte von Haufenreith. Durch das Grubengebäude wurden ein Liegendlager (Maxlager) und ein Hangendlager (Mariannenlager) erschlossen. Während das Liegendlager ausschließlich Sulfide und keinen Schwerspat führte, soll nach SEEWANN (1929) im Hangendlager (Mariannenlager) neben Sulfiden auch Schwerspat aufgetreten sein. Der Vertikalabstand soll rund 30 m betragen haben.

3.1.4. Erzparagenese

Die Erzparagenese der primären Vererzung setzt sich hauptsächlich aus silberhaltigem Bleiglanz, tiefbrauner, eisenhaltiger Zinkblende (ca. 5–8Gew.-%) sowie strontiumarmem Schwerspat zusammen. Pyrit ist ein allgegenwärtiges Begleitmineral. Zur Mineralparagenese zählen untergeordnet Kupferkies und Eisenkarbonate. Obwohl mm-große Bleiglanzwürfel keine Seltenheit sind, sind die Sulfide im μm -Bereich verwachsen, was hohe Ansprüche an die Aufbereitbarkeit der Erze stellt. Charakteristisch ist eine Magnetitdurchstäubung sowohl der Vererzung als auch des Nebengesteins. Im Liegenden der Liegendlagervererzungen westlich der Mur wurden stärkere Magnetitimpregnationen lokalisiert, wobei der Magnetit einen Chromitkern aufweisen kann.

Die Silberführung der Vererzung (ca. 300 g/t) ist primär auf den Bleiglanz zurückzuführen. Darüberhinaus sind weitere Silberträger wie Antimonminerale, Freibergit und Polybasit bekannt. Die Zinkblende führt als Wirtsmineral Quecksilber und Gallium. Der Schwerspat ist stark verquarzt, sulfiddurchstäubt und daher technisch kaum nutzbar.

Nach FEICHTER & MOGESSIE (2003) sind die stratiformen, magnetkiesreichen Vererzungen – in Paragenese mit Pyrit bzw. Bleiglanz – lediglich am Südteil der Erzrinne aufgeschlossen. Im Norden der Erzrinne treten dagegen fast ausschließlich reine Bleiglanzmineralisationen auf. Zinkblende und Kupferkies sind als Nebengemengteile bevorzugt in den magnetkiesreichen Paragenesen vertreten. Als Akzessorien treten Ag-führende Phasen (Freibergit, Pyrargyrit, Ag-Au-Hg Legierungen), Cobaltit (CoAsS), Ullmannit (NiSbS) und Breithauptit (NiSb) ausnahmslos in enger Assoziation mit Bleiglanz auf. Die stratiformen Vererzungen wurden von FEICHTER & MOGESSIE (2003) mineralogisch und geochemisch in vier Paragenesetypen (Typ I im N, Typ IV im S der Erzrinne) unterteilt. Diese Typen unterscheiden sich zusätzlich in Paragenese und Mineralchemie der Gangartminerale.

Die magnetkiesdominierten Vererzungen sind an chloritreiche Paragenesen gebunden, während die bleiglanzreichen Typen in karbonatischen Nebengesteinen vorliegen, in denen als Besonderheit Stilpnomelan auftritt.

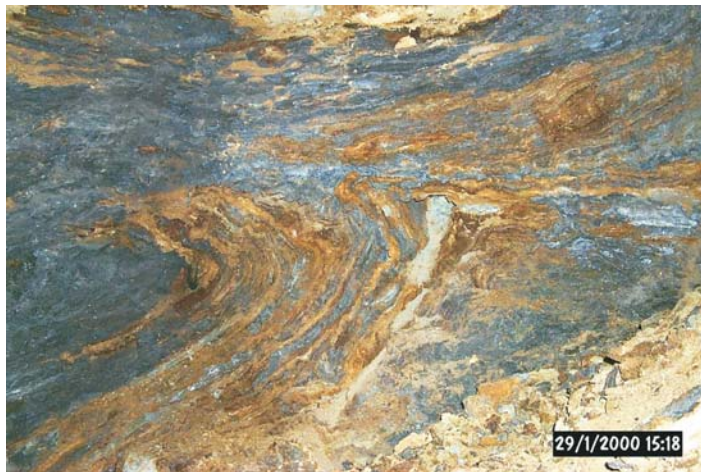


Abb. 7: Stark verfaltetes Hangendlager (Mariahilfstollen; silbriggau = Bleiglanzlagen, braun = durch Pyritdurchstäubung rostbraun gefärbter Baryt; Bildbreite ca. 2 m).
 Fig. 7: Upper mineralization; extremely folded (Mariahilfstollen).

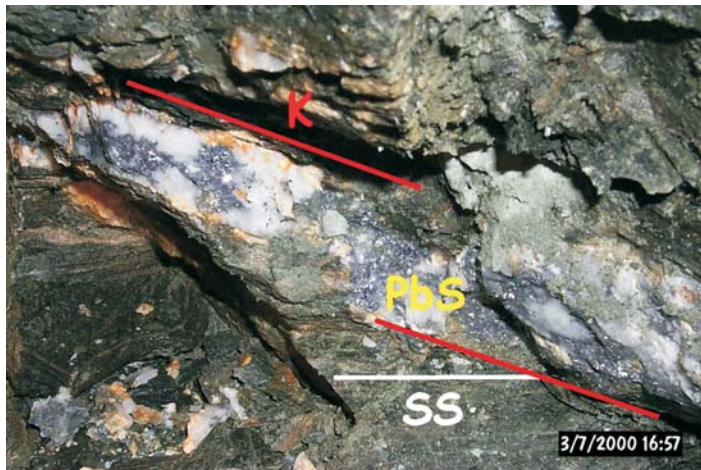


Abb. 8: Mobilisierte Gangvererzung („Nordschlag“; K = Klufrichtung, SS = Schieferung; Bildbreite ca. 20 cm).
 Fig. 8: Mobilized veinlike mineralization („Nordschlag“).

Der Kupferkies führt reproduzierbar hohe Ag-Gehalte (bis 7000 ppm in Paragenese III). Die Fahlerze sind als Freibergite zu klassifizieren (Ag-Gehalte >20 Gew.-%, As < 1 Gew.-%). Der durchschnittliche Ag-Gehalt liegt in der Typ I Mineralisation bei 27 Gew.-% und steigt in den Typen II und III deutlich über 30 Gew.-% an. In Berührungspargenese mit diesen Ag-reichen Fahlerzvarietäten stehen wenige μm -große Erzphasen mit Ag > 43 Gew.-%, die sich optisch und chemisch von Freibergit und Pyrargyrit abheben und wahrscheinlich eigenständige, homogene, fahlerzähnliche Mineralphasen repräsentieren.

Von FEICHTER & MOGESSIE (2003) wurden erstmals Ag-Au-Hg-Legierungen dokumentiert. Diese sind bevorzugt an Rissfüllungen ausgeheilter Pyrite der Vererzungstypen I und II gebunden und wären mit Ag-Gehalten zwischen 66 und 84 Mol-% sowie Au-Gehalten zwischen 17 und 32 Mol-% als goldführendes Silber anzusprechen. Der Hg-Gehalt liegt zwischen 0 und 6 Mol-%.

Die im Nordschlag des Bergbaus Arzberg aufgeschlossene, mobilisierte (sekundäre) Vererzung führt nahezu ausschließlich Bleiglanz, der mittig in einer Quarz-Karbonatmatrix auftritt.

3.2. Isotope

Die Pb-Isotopen zeigen ein $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ Modellalter von 460 Mio. Jahren und sind somit als Blei einer alten kontinentalen Kruste anzusprechen. Nach SCHROLL (1997) sind die Modellalter signifikant höher als jene des Nebengesteins. Die Signatur wäre typisch für Blei ostalpiner Lagerstätten und deutet auf eine Herkunft des Bleis aus Metasedimenten mit hohem Anteil von altproterozoischem bis archaischem Detritus.

Die S-Isotope der stratiformen Sulfiderze weisen positive Werte zwischen +3 und +6 ‰ [PDB] auf. Pyrite aus tuffitischen Nebengesteinen weisen nach FEICHTER & MOGESSIE (2003) einen sehr leichten Schwefel (-9 ‰) auf. Die S-Isotope des Schwespates zeigen eine gute Übereinstimmung mit der Zusammensetzung des unterdevonen (kontemporären) Meerwassers (SCHROLL 1997) und sind somit ein eindeutiger Nachweis für eine sedimentäre Entstehung.

Quarz und Karbonat zeichnen sich nach FEICHTER & MOGESSIE (2003) durch vergleichbar schwere Sauerstoffisotopenverhältnisse von +18 bis +20 ‰ [SMOW] aus. Homogene O-Isotopendaten von Quarzen verschiedener Vererzungstypen sowie die Fraktionierungen zwischen Quarz, Chlorit und Magnetit weisen auf eine Äquilibration mit metamorphen Fluiden bei 400–500 °C hin.

3.3. Bildungs- und Überprägungstemperaturen

Eine verlässliche Abschätzung der Bildungs- bzw. der (metamorphen) Überprägungstemperaturen muss mit besonderer Vorsicht erfolgen: Eine Temperaturabschätzung mittels Chloritthermometrie ergibt nach FEICHTER & MOGESSIE (2003) eine Temperatur zwischen 320 °C und 360 °C, mittels Siderit-Ankerit-Paaren zwischen 350 °C und

580°C für die metamorphe Überprägung von Mineralisation und Nebengestein. Die Phengitkomponente in Hellglimmern weist auf Minimaldrucke von 3,0–5,5kbar hin, während das Zinkblendebarometer (ZnS in Paragenese mit FeS₂ und FeS) unrealistisch hohe Drucke liefert.

An Hand von Flüssigkeits-Einschlüssen im Schwerspat aus dem Arzwaldgraben wurden von TUFAR (1965, 1978) Homogenisierungstemperaturen von zweiphasigen Primäreinschlüssen zwischen 195 und 250°C – bei einem Maximum von 230°C – bestimmt. Im Zuge der Bearbeitung der primären und sekundären Vererzung durch D. REITER konnten auswertbare Fluid-Inclusions in der primären Vererzung nicht festgestellt werden (REITER & WEBER 2005). Die bislang durchgeführten Analysen innerhalb der sekundären Vererzung ergaben große Unterschiede bei den Homogenisierungstemperaturen, die noch einer näheren Klärung bedürfen.

Wenngleich davon auszugehen ist, dass die Homogenisierungstemperaturen zwischen 230°C bis 250°C die Bildungstemperaturen der Mineralisationen darstellen können, muss dazu bemerkt werden, dass es sich bei den von W. TUFAR gemessenen Werten offensichtlich um primäre, bei jenen von D. REITER ermittelten Werten eindeutig um sekundäre, somit nicht um zeitgleiche Vererzungsalter handelt. Die aus den Mineralphasen auf den ersten Blick stark variierenden Temperaturabschätzungen weisen demgegenüber auf die Temperaturbedingungen der metamorphen (kretazischen) Überprägung hin.

4. Zur Raumlage der Vererzungen im Arzberger Revier

Obwohl die Vererzungen nahezu flächenmäßig verbreitet sind, sind die in der Vergangenheit wirtschaftlich genutzten Lagerstättenbereiche (sowohl das Hangend- als auch das Liegendlager) auf eine flache Rinne beschränkt, deren Dimension mit mehreren hundert Metern in der stofflichen Achse, allerdings bei einer Breite von lediglich wenigen 10er Metern, anzugeben ist.

Im Bereich der westlichen Tagzugänge des Stollensystems (Alter und Neuer Raabstollen, Mariahilfstollen) werden die beiden Lagervererzungen am flach gegen N einfallenden Schenkel einer flachen Aufwölbung angetroffen. Die Vererzungen des Liegendlagers werden durch den Mariahilfstollen sowie den Alten (tieferen) Raabstollen ausgerichtet.

In einem Vertikalabstand von rund 20m über dem Liegendlager, somit wenige Meter über dem Neuen Raabstollen, befindet sich das Hangendlager, welches in diesem Bereich lediglich durch den Raabschacht nachgewiesen wurde. Das Hangendlager ist somit in diesem Bereich seinerzeit nicht abgebaut worden.

Rund 30m östlich des Arzbergschachtes wird das erzführende Gesteinspaket durch eine auf beiden Stollenniveaus deutlich ausgebildete N–S verlaufende Verwerfzone über 10m in östliche Richtung abgeschoben. Dadurch wurde die Vererzung des

Liegendlagers auf dem Niveau des Unteren Raabstollens bzw. des Mariahilfstollens verloren und nicht weiter verfolgt (vgl. Abb. 4). Durch einen E–W verlaufenden Verwerfer, der entgegen der üblichen Ausbildung keine Abschiebung, sondern eine laterale Verschiebung darstellt, wurde der flach einfallende Nordschenkel der Aufwölbung samt seiner Erzführung um einen nicht näher quantifizierbaren Betrag gegen N disloziert, sodass die Hangendlagervererzung wieder knapp das Niveau des Oberen Raabstollens erreicht und schließlich im Verbindungsgesenke zum Erbstollen verfolgt wurde.

Das Liegendlager wurde durch diese Grubenaufschlüsse im Erbstollenniveau nicht mehr verfolgt. Es ist aber durchaus anzunehmen, dass auch in diesem Bereich die Liegendlagervererzung entwickelt ist, von den Alten aber nicht abgebaut wurde.

Nebengestein und Vererzung zwischen dieser Lateralverschiebung und dem Erbstollen sind bemerkenswerterweise wesentlich stärker verfaltet als die Vererzungen des übrigen Stollensystems (vgl. Barytaufschlüsse im Bereich des Erbstollens, Stauchfalte im Bereich des Mariahilfstollens). Der Scheitel der flachen Aufwölbung wird offensichtlich im Kreuzungsbereich Verbindungsgesenke und Erbstollen angeschnitten. Südlich des Querungspunktes fallen die Vererzungen gegen SE, nördlich davon flach gegen N ein.

Schließlich werden im Bereich des Erbstollens Nebengestein und Hangendlager durch eine N–S streichende und mittelsteil gegen E einfallende Verwerfung abermals abgeschnitten. Dadurch kommt auch das Hangendlager unter das Niveau des Erbstollens zu liegen. Grundsätzlich ist aber mit einer weiteren Fortsetzung sowohl des Hangendlager- als auch des Liegendlagers in östlicher Richtung – wenngleich in ungünstiger Tiefenlage – zu rechnen.

Dank

Der Autor dankt den Kollegen F. EBNER, H.-P. BOJAR und M. GROSS für die kritische Durchsicht des Manuskriptes und die zahlreichen, konstruktiven Anregungen.

Literatur

- EBNER, F. & WEBER, L. (1978): Die geologisch - tektonischen Verhältnisse zwischen Tannebenstock und Rötschgraben (Grazer Paläozoikum). – Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark, 108: 95-113, Graz.
- EBNER, F., HUBMANN, B. & WEBER, L. (2000): Die Rannach- und Schöckeldecke des Grazer Paläozoikums. – Mitteilungen der Gesellschaft der Geologie und Bergbaustudenten in Österreich, 44: 1-44, Wien.
- FEICHTER, M.M., MOGESSIE, A. (2003): Die Sulfidmineralisationen von Arzberg (Steiermark): Ergebnisse petrographischer, mineralchemischer und geochemischer Untersuchungen. – Mitteilungen der Österreichischen Mineralogischen Gesellschaft, 148: 133-135, Wien.

- FLÜGEL, H. & MAURIN, V. (1952): Geschichte, Ausdehnung und Produktion der Blei-Zinkabbau des Grazer Paläozoikums. - II. Die Baue um Arzberg. – Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, 97: 227-234, Wien.
- FLÜGEL, H.W. (2000): Die lithostratigraphische Gliederung des Paläozoikums von Graz (Österreich). – In: FLÜGEL, H.W. & HUBMANN, B. (Hrsg.): Das Paläozoikum von Graz: Stratigraphie und Bibliographie. – Österreichische Akademie der Wissenschaften, Schriftenreihe der Erdwissenschaftlichen Kommissionen, 13: 7-59, Wien.
- NEURATH, G. (1992): 750 Jahre Arzberg 1242–1992. Festschrift 750 Jahre seit der 1. urkundlichen Nennung am 12. Juli 1242. – 129 S., Eigenverlag Gemeinde Arzberg, Arzberg.
- RANTITSCH, G., EBNER, F., RUSSEGGER, B. & WEBER, L. (1998): Kohlenstoff-Schwefel-Beziehungen in Schwarzschiefern der Schönberg Formation (Obersilur/Unterdevon des Grazer Paläozoikums, Österreich): ein Produktivitätsmodell zur Entstehung altpaläozoischer Schwarzschiefer. – Mitteilungen Geologie und Paläontologie am Landesmuseum Joanneum, Sonderheft 2 („Festschrift Walter Gräf“): 303-314, Graz.
- REITER, D. & WEBER, L. (2005): Zur Charakterisierung primärer und sekundärer Vererzungen der Blei-Zinkerzlagerstätte von Arzberg (Stmk). – Joannea Geologie und Paläontologie, 7: 25-42, Graz.
- SCHROLL, E. (1997): Geochemische und geochronologische Daten und Erläuterungen. – In: WEBER, L. (Hrsg.): Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs. Erläuterungen zur Metallogenetischen Karte von Österreich 1:500.000. – Archiv für Lagerstättenforschung der Geologischen Bundesanstalt, 19: 395-537, Wien.
- SEEWANN, L. (1929): Die Blei-Zink-Erzlagerstätte von Haufenreith - Arzberg in der Oststeiermark. – Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark, 64/65: 236-253, Graz.
- TUFAR, W. (1965): Geochemische Untersuchungen an österreichischen Baryten. – Tschermarks Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, 9: 242-251, Wien.
- TUFAR, W. (1978): Flüssigkeitseinschlüsse in Baryten aus dem Grazer Paläozoikum (Steiermark). – Fortschritte der Mineralogie, 53(Beiheft 1): I-II, Stuttgart.
- WEBER, L. (1990): Die Blei-Zinkerzlagerstätten des Grazer Paläozoikums und ihr geologischer Rahmen. – Archiv für Lagerstättenforschung der Geologischen Bundesanstalt, 12: 1-289, Wien.
- WEBER, L. (1997, Hrsg.): Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs. Erläuterungen zur Metallogenetischen Karte von Österreich 1:500.000. – Archiv für Lagerstättenforschung der Geologischen Bundesanstalt, 19: 1-607, Wien.

Anschrift des Verfassers:
 Dr. Leopold Weber
 Gentzgasse 129/2/45
 A-1180 Wien
 leopold_weber@aon.at