

GEDIEGEN SILBER AUS SCHWAZ!

Die Alte Zeche mit der Berta-grube und ihren Mineralien

Heiner Schuster, Herrsching; Rolf Poeverlein, Traunstein; Armin Hanneberg, Haar;
Jürgen Salomon, Trostberg; Dr. Rupert Hochleitner und Dr. Günter Grundmann, München

Schwaz in Tirol war Anfang des 16. Jahrhunderts der größte Silberproduzent in Europa. Das Silber kam in den Lagerstätten des Schwazer Dolomits wie dem berühmten Falkenstein, nicht als Freisilber sondern im Fäherz gebunden vor. Eine Ausnahme bilden die Erzlägerstätten des Kellerjochgneises, wie die Alte Zeche, die berühmt für ihre Silberreicherze war. Durch den Bau einer neuen Straße von Schwaz nach Hoch-Pill wurde nun 2002/2003 die Halde des bedeutenden Bertastollens aufgeschlossen, so daß während der Bauphase problemlos gute Belegstücke einer komplexen Ag-Co-Ni-Mo-Vererzung mit Pyrrhotit, Akanthit und ged. Silber aufgesammelt werden konnten. Damit verdient die „Silberstadt Schwaz“ diesen Namen nun auch in mineralogischer Hinsicht.

Schwazer Dolomit und Kellerjochgneis

Zwischen dem Schwazer Dolomit und dem Wildschönauer Schiefer der Kitzbühler Alpen im Nordosten und dem Innsbrucker Quarzphyllit der Tuxer Voralpen im Südwesten ist ein 8 km langer und 2-3 km breiter Streifen von Schwazer Augengneis eingeschaltet, der nach dem dominanten Berg dieser Zone, dem Kellerjoch (2344 m) auch Kellerjochgneis genannt wird. Er entspricht als mittelostalpine Deckscholle dem Altkristallin der Ötztal-Stubai-Masse



Die Halde des Berta-Stollens im März 2003. Am linken Bildrand ist der alte Trueferhof zu sehen. Im Hintergrund sind die Kellerjochbahn und die Stadt Schwaz erkennbar. Foto: Hanneberg.

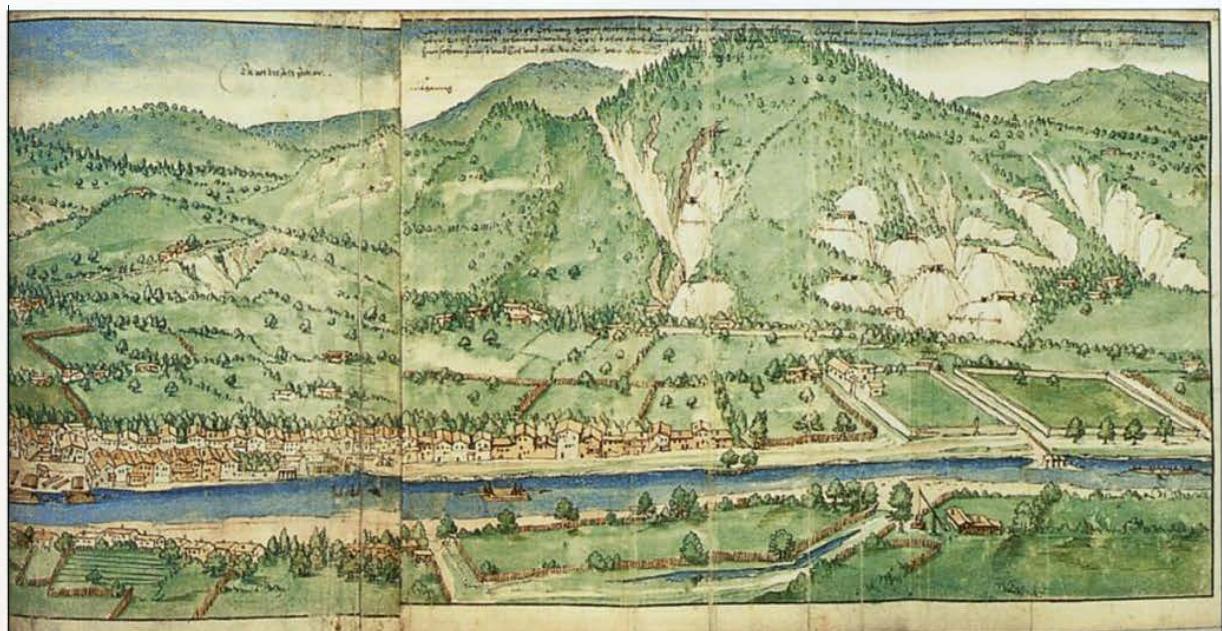
(ROTH 1983). In Randbereichen ist er durch Metamorphose stark verschiefert. In diesen phyllonitisierten Augengneisen der Randzone liegen eine Reihe von gangförmigen Erzvorkommen, die in mehreren Teilrevieren auf Silber, Kupfer, Blei und Eisen abgebaut wurden.

Der Bergbau „Alte Zeche“ und die anschließenden Reviere des Schwazer Eisensteins, Breitlaub, Bruderwald, Zapfenschuh und Heilig Kreuz liegen am südwestlichen Rand von Schwaz an den Hängen des Kellerjochs. Die tiefstgelegenen Stollen befinden sich auf Inntalniveau (550 m) im Bereich

der Talstation der Kellerjochbahn. Der Bergbau „Alte Zeche“ erstreckt sich bis auf etwa 850 m Seehöhe.

Blütezeit im Spätmittelalter

Bereits 1273 wird der Bereich südwestlich von Schwaz in einer Urkunde als „Arzberg“ bezeichnet (EGG 1986). Dies weist auf einen frühen Bergbau oder wenigstens die Kenntnis von Vererzungen vor der offiziellen Wiederentdeckung hin. Nach ISSER soll laut der von ihm zitierten Schwazer Bergchronik der Bergbau am Arzberg um 1420 durch



Alte Zeche 1556: Die Ansicht zeigt das Bergbauer mit zahlreichen Stollenmundlöchern. Im Vordergrund liegt direkt am Inn der Ansitz Gunn, der später nach dem Fuggerverwalter TRUEFER auch als Trueferhof bezeichnet wurde. Handkolorierte Zeichnung aus dem Schwazer Bergbuch, Handschriftensammlung der Staatsbibliothek München.

Die historische Postkarte unten zeigt die Situation an der Bertagrube um 1900: Am Hang rechts oberhalb der Schwazer Kaserne (heutiges Paulinum) sind am Bildrand die Halden des Bertaunterbaustollens erkennbar. Die Halden des Bertaunterbaustollens liegen unmittelbar am Innfuß oberhalb der Kasernendächer. Rechts davon der Trueferhof, der schon im Schwazer Bergbuch abgebildet wurde.

Archiv Heiner Schuster.



silberhaltigen Schlamm einer Quelle wiederentdeckt worden sein.

In der ersten Blütezeit des Schwazer Bergbaus prosperierte vor allem der Bergbau an der Alten Zeche. Über 40 Stollen standen um 1500 in Abbau. Die Gewerkenfamilien der FUEGER, DREYLICH, TÄNZL und STÖCKL erzielten innerhalb kurzer Zeit aufsehenerregende Gewinne, um sie später bei den „ins Verbauen“ geratenen Gruben wieder zu verlieren. Die in Erzfällen nur unregelmäßig einbrechenden Silbererze waren nicht mehr gewinnbringend abzubauen.

Der Metallpreisverfall durch die südamerikanischen Erze und die sozialen Unruhen in der Mitte des 16. Jahrhunderts trugen zum Niedergang der Alten Zeche zu Beginn des 17. Jahrhunderts bei.

Im 18. Jahrhundert wurde der Bergbau im Bereich des „Arzberges“ wieder aufgenommen. Ziel war nun die bislang ungenutzte „Gangart“ Siderit für die Eisengewinnung der Jenbacher Hütte. Auch in dieser Zeit sind die reichen Silbererze bekannt. Von ERLACH berichtet 1787 über „sehr reiche schmale Silbererztschnüreln

mit 80 bis 100 Loth Silber und wenig Kupfer“ von der Alten Zeche (1 Loth entspricht etwa 17,5 Gramm). Reines Fahlerz vom Falkenstein hatte einen Silbergehalt von max. 15-20 Loth, durchschnittlich aber nur 5 bis 8 Loth. In den Wirren der napoleonischen Kriege und des Tiroler Volksaufstandes gegen die bayerische Besatzung kam es 1809 zum Erliegen des Eisensteinbergbaus.

Aufbruchstimmung um 1840

Im Jahre 1840 wurde „über Verordnung des Präsidenten der Hof- und Münzkammer Fürsten Lobkowitz unter der k.k. Eisenwerksverwaltung Jenbach“ der alte Andreas-Kreuzstollen (seit 1765 als Dratlstollen bezeichnet) wiedergewältigt und zu Ehren seines Gründers mit dem

„ABSETZIGE“ SILBERERZE – WENIG ERTRAG



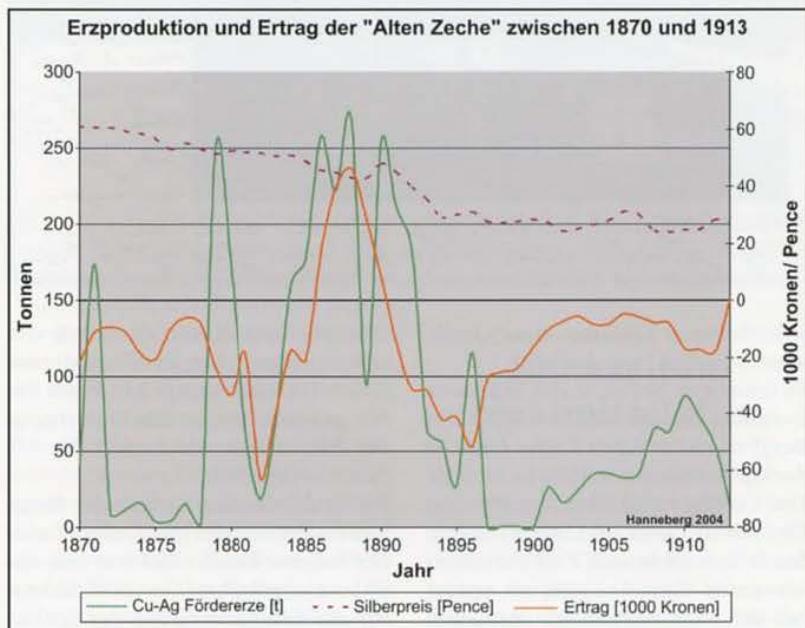
Links: *Sammler Franz Pupetscheck mit alter Pochmulde, gefunden am Pirchaner. Foto: Pöverlein.* – Unten: *Auflistung der wichtigsten Erzgänge, zusammengestellt von Armin Hanneberg.*

Gang	Mächtigkeit	Erzführung
Bertaliegendgang	bis 12 m	Siderit, Quarz, Fahlerz, Kupferkies, Bleiglanz, Baryt, Rotgültigerze
Bertahangendgang	bis 40 m	Siderit, teilw. auch Kupferkies, Fahlerz, Rotgültigerze
Hieselstollengang	0,1-0,2 m	Siderit, Quarz, Fahlerz, Kupferkies, Bleiglanzspuren
Berta-Bleigang	0,1-0,3 m	Siderit, Bleiglanz, Baryt, Quarz
Danler-Bleigang	1-2 m	Siderit, Bleiglanz, Kupferkies, Fahlerzspuren
Letzter Bertagang	0,3-0,5 m	Siderit, Kupferkies, Fahlerz
Johanni-Liegengang	1-1,5 m	Siderit, Fahlerz, Kupferkies
Johanni-Stollengang	0,2-0,5 m	Siderit, Kupferkies
Franziszigang	Gangstock	Siderit, Fahlerz-, Kupferkiesspuren, Quarz
Karolingang	bis 4 m	Siderit, Fahlerz-, Kupferkiesspuren, Bournonit, Quarz, Baryt
Gang Nr. 14	0,3-0,5 m	Siderit, Fahlerz, Kupferkies
Unterbaustollengang	1-1,2 m	Siderit, Fahlerz
Gang Nr. 1	0,2-0,6 m	Siderit, Fahlerz, Kupferkies
Bertastollengang	0,1-0,3 m	Siderit, Bleiglanz
Bournonitgang	0,05-2 m	Siderit, Bournonit, Bleiglanz, Fahlerz, Kupferkies, Quarz, Baryt

Namen seiner Gemahlin Fürstin Berta „Fürstin Bertastollen“ getauft (MARSIK 1914). Der alte Andreas-Kreuzstollen, nach Nöh bereits 1490 erwähnt, war einer der bedeutenden Stollen der Blütezeit und wurde um 1600 erstmals aufgelassen.

In den ersten Jahren nach der Wiedereröffnung wurde in beiden bis über 10 m mächtigen Bertagängen Eisenstein (Siderit) abgebaut. Fahlerz und Kupferkies traten nur untergeordnet auf (SCHMIDT 1868). Wegen Absatzschwierigkeiten in der Eisenerhütte ruhte der Betrieb zwischen 1863 und 1869.

Dann wurde der Bergbau durch eine horizontale Markscheidelinie oberhalb des Johannistollens getrennt. Den tieferliegenden Teil mit den Stollen Johanni, Danler und Berta betrieb jetzt die staatliche Berg- und Hüttenverwaltung Brixlegg als Silber- und Kupferbergbau „Altzech“. Der obere Grubenteil verblieb als Eisenbergbau „Schwazer Eisenstein“ bei der Jenbacher Eisenwerksverwaltung. Nach der Privatisierung der Eisenerhütte ging der Sideritbergbau auf das Unternehmen J. & Th. REITLINGER, den Vorläufer der Jenbacher Motorenwerke über. Die Alte Zeche wurde weiterhin als Staatsbetrieb geführt. Grund für die Umstellung des neuzeitlichen Betriebs in einen Silber- und Kupferbergbau war die Zunahme von Fahlerz und Kupferkies in den talnahen Gangpartien und gleichzeitige Absatzprobleme für die Eisenerze (PÖBL, MARSIK).



Erzproduktion und Ertrag der Alten Zeche, dem rapiden Silberpreisverfall gegenübergestellt (1913 nur noch ein Drittel des Preises von 1870!). Graphik: Armin Hanneberg.

GANGKARTE 1855

Erzgänge im Revier „Altzech“, 1855:
Der **Fürstin Bertha Stollen** verläuft ca. 500 m stark verzweigt bis zu den **Berta-Gängen**. Unterhalb der Halde ist der **Trueferhof** eingezeichnet. Ausschnitt aus der Lagerungskarte der Bergbaue **Alte Zeche, Schwazer Eisenstein, Zapfenschuh und Bruderwald** von 1855. Archiv Berghauptmannschaft Innsbruck.

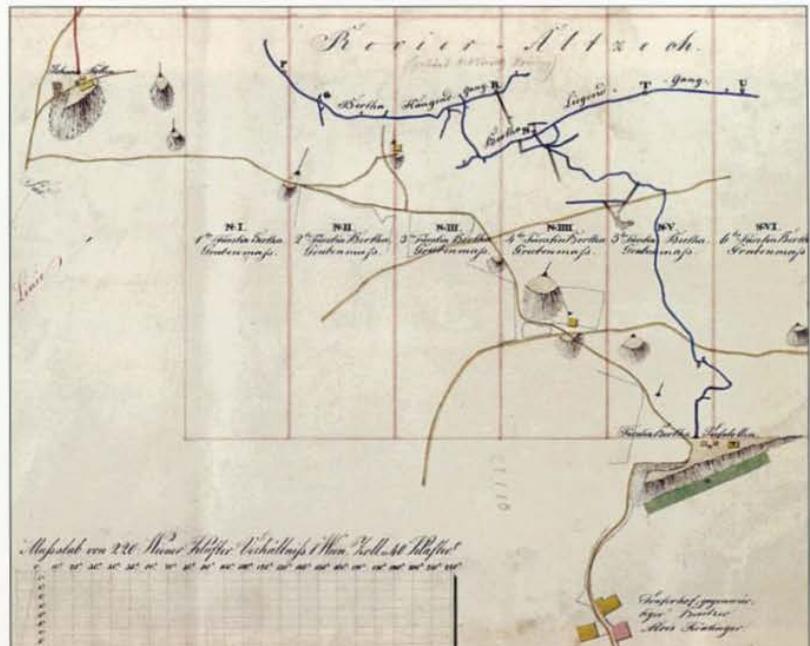
Um 1876 erschloß man im Tiefbau der Bertagrube reiche Silber- und Kupfererze, deren Abbau aber wegen Schwierigkeiten bei der Bewetterung und Wasserhaltung nicht durchgeführt werden konnte.

PÖBL berichtet 1880, daß die Gänge meist schon im Mittelalter bekannt waren und die Arbeiten vielfach „Alten Mann aufweisen“. Im Bertahangengang waren 1880 drei Untersuchungsabteufen „welche bis auf ca. 30 m flache Teufe Verhau constatierten, die jedoch meist in der liegenden Silberlage des Ganges auftreten, während die hangenden Kieslagen meist zurückgelassen worden sind“. Das östlichste der Gesenke erreichte in 35 m Teufe ein Mittelläufel und nach weiteren 39 m den Grubensumpf. Von dort wurde ein 83 m langer Hangendschlag geführt, der reiche „rothgültig fahlerzige“ Erze aufschloß. 1880 war aber der Tiefbau aufgrund problematischer Wasserhaltung verlassen (PÖBL).

Erfolglose Neuinvestitionen

Im Juli 1881 begann die Hüttenverwaltung mit der Auffahrung des auf Inn-Niveau liegenden Berta-Unterbaustollens. Der Vortrieb gestaltete sich vor allem auf Grund einer 45 m mächtigen Schwimmsandeinlagerung als äußerst schwierig. Im August 1883 wurden alte Abbaue erreicht, die sich durch einen „mürben aufgelösten Schiefer“ ankündigten. Trotz aller Vorsichtsmaßnahmen ertrank bei einem plötzlichen Wassereinbruch der Hauer Baldhauser Danzl (MARSIK).

Der Unterbaustollen wurde auf 1000 m zur Grenze zwischen Kellervoigtgneis und Quarzphyllit verlängert und dort nach Süden hin



die Schichtgrenze untersucht. Man hatte die Erfahrung gemacht, daß die Gänge zum Phyllit hin reiche Erze führen. Ein weiterer ca. 1100 m langer Querschlag zum südwestlich gelegenen Revier Zapfenschuh brachte um die Jahrhundertwende keinen Erfolg.

Die Fortsetzung der reichen Silbererze im Bertaliegengang untersuchte ein Tiefbau mit 150 m tonnlägerer Teufe. Es zeigte sich aber, daß die Gänge zur Tiefe hin vertaubten. Der Tiefbau wurde deshalb schon 1900 verlassen. Im gleichen Jahr stellte man auch den Betrieb am Bertastollen ein. Die letzten Betriebsjahre konzentrierten sich auf den Abbau der im Unterbaustollen aufgeschlossenen Gänge. Ab 1907 wurde die Einstellung des Betriebs vorbereitet und dazu ab 1909 die Belegschaft mit Personal aus dem Bergbau Kitzbühel verstärkt, um den Abbau der aufgeschlossenen Erze wegen der aufwendigen Unterhaltung des Grubengebäudes zu beschleunigen (MARSIK 1914). Trotzdem wurden bis 1912 die Untersuchungsarbeiten an der Grenze zum Quarzphyllit weitergeführt, die auch zu neuen Erzaufschlüssen mit reichen Silbererzen in den Gängen Nr. 1 und Nr. 14 führten. Nachdem diese Erze abgebaut waren, stellte der Staat den Betrieb 1913 ein. Zur Vermeidung von Bergschäden in bebauten Gebieten wurden die Stollen aufwendig mit Versatzmaterial verfüllt. Erneute Untersuchungen der Lagerstätte nach dem Ersten Weltkrieg führten zu keinem positiven Ergebnis.

Als Lagerstätte erfolglos – für den Sammler eine Legende

Die Bertagrube ist ein typisches Beispiel für den mitteleuropäischen Kleinbergbau auf Silber im ausgehenden 19. Jahrhundert. Reiche Silbererze waren – anders als 400 Jahre früher – nur noch scheinbar Basis für einen gewinnbringenden Bergbau. Der Erzbergbau um 1900 ist bereits gekennzeichnet durch die „modernen“ Anforderungen, nämlich große Vorräte an gleichbleibender Erzqualität, die wirtschaftlich aufbereitet und verhüttet werden können. Dazu kam der Preisverfall des Silbers ab 1873 mit der Umstellung der Währungsgrundlage von Silber auf Gold (dies zeigt anschaulich die Graphik auf Seite 22 unten). Auch ein technisch ungleich aufwendiger betriebener Bergbau, der weltberühmte Silberbergbau von St. Andreasberg, mußte 1910 den Betrieb einstellen.

Bei der Bertagrube war das Mißverhältnis zwischen Rotgültigerzen und Aufwand noch weit höher. Kilometerlange Grubenaufschlüsse bei einer jährlichen Erzförderung von durchschnittlich 80 Tonnen bieten ein eindeutiges Bild. In 44 Jahren als Silber- und Kupferbergbau konnten nur 5 Jahre mit einem positiven Betriebsergebnis abgeschlossen werden (MARSIK 1914).

Während der Betriebszeit der Ber-



Links: *Gangstück mit Fahlerz, Kupferkies und Siderit* (Bildbreite 9 cm). Sammlung & Foto: Hanneberg – Rechts: *Tiefroter klarer Zinnober-Kristall* (Bildhöhe 2,2 mm). Sammlung & Foto: Poeverlein.

tagrube waren allerdings die Erze wegen ihres hohen Silikatanteils ein willkommener Zuschlag für die Verhüttung der Fahlerze aus dem Bergbau Kogel. Nach Einstellung des Betriebs wurde deshalb Buntsandstein im Kleinkogel-Unterbaustollen als Zuschlagstoff für die Hütte in Brixlegg gewonnen (frdl. Mitteilung DR. BAUER, Jenbach).

Sideritgänge mit Blei, Kupfer & Silber

In der Alten Zeche wurden Sideritgänge abgebaut, die als weitere Gangarten Baryt und Quarz, sowie Fahlerz und Kupferkies, Bleiglanz, Pyrit, Kobalt- und Nickelerze, Silbererze wie Akanthit oder Pyrargyrit führen. Zum Zeitpunkt der Betriebsschließung waren im engeren Bereich der Bertagrube 15 Gänge bekannt (siehe die Tabelle auf Seite 22 Mitte).

Unterschieden wurden die Gänge nach ihrer Lage in N-S streichende „Stollengänge“ und in E-W streichende „Parallelgänge“, wobei die Parallelgänge wirtschaftlich bedeutender waren.

Eine andere Differenzierung erfolgte nach den im Gang vorherrschenden Erzen: PÖBL nennt Bleigänge mit Galenit (mit Siderit, zusammen mit Baryt, Quarz, eingelagertem Schiefer und Durchäderungen von Kupferkies) und Silbergänge mit

Fahlerz und Kupferkies in Bändern, Schnüren und Nestern. Allerdings traten auch Übergangsformen auf. Die Vielzahl der unterschiedlichen Vererzungstypen auf kleinem Raum und unregelmäßige Vererzung in sogenannten „Adelsvorschüben“ waren mit ein Hauptgrund für die Unwirtschaftlichkeit des Betriebs. NÖH charakterisiert das Vorkommen als „Erzmusterkarte“ und „Unangenehmste jedes Berg- und Hüttenmanns“, da trotz reicher Erze eine wirtschaftliche Trennung der Erze nicht möglich war und das Vorkommen für eine moderne Aufbereitung (Flotation) zu klein war.

Der Silbergehalt variiert in den einzelnen Gängen der Bertagrube beträchtlich. So hatte das „Fahlerz“ in den Erzanbrüchen bei der Betriebschließung im „Letzten Bertagang“ Gehalte von 50 g Ag, im „Bournonitgang“ 500 g Ag, im „Gang Nr. 14“ ~550 g Ag, im „Gang Nr. 1“ ~1450 g Ag und im „Unterbaustollengang“ 1500-2000 g Ag pro Tonne Hauwerk. Grund für die reiche Silberführung waren vor allem im Fahlerz eingelagertes Rotgültigerz und ged. Silber. NÖH, der die Grube selbst befahren hat, berichtet von roten Anflügen auf Kluftflächen, die er im Bertastollen noch „beleuchten“ konnte. Bei den Bertagängen hat sich diese Silbervererzung auf das Liegende der Gänge konzentriert. PÖBL berichtet von einer im Alten Mann abgebauten silberreichen Lage mit Fahlerz im Liegenden und einer stehengelassenen

Lage mit Kupferkies im Hangenden. Nach NÖH und ISSER war der bedeutendste silbererzführende Gang der „Altzechner Hauptgang“. Dieser Gang ist aber in den vorhandenen Grubenkarten nicht aufgeführt. LUKAS hält es für möglich, daß es sich hierbei um den in höheren Horizonten intensiv bebauten Karolingang handeln könnte. Nach alten Unterlagen wird der Karolingang aber als silberarm beschrieben (PÖBL 1880, MARSIK 1914). Denkbar ist auch, daß der „Altzechner Hauptgang“ mit den Bertagängen identisch sein könnte, die sich im tagnahen Bereich zusammenscharten und im 19. Jahrhundert bereits „Alter Mann“ waren.

Vier Vererzungsphasen

WENGER unterscheidet 1983 für die Vererzungen im Kellerjochgneis vier Generationen: Zuerst fand eine prämetamorphe, syngenetische, lagerförmige, möglicherweise altpaläozoische Erzanreicherung mit Siderit, Kupferkies, Zinkblende, zonarem Pyrit und Spuren von Fahlerz statt. Als 2. Phase entstanden vermutlich während der Deckenüberschiebung die diskordanten Gangvererzungen mit Siderit, Kupferkies, Fahlerz, Zinkblende, Pyrit, Bleiglanz. Später wieder aufbreißende Klüfte wurden mit Quarz und remobilisierten Erzen gefüllt. Als vierte Generation



Links: Pyrrhotit-Stengel mit Malachit (BB=1,3 mm). Sammlung & Foto: Poeverlein. – Rechts: Gediegen Silber, blechförmig auf Fahlerz (BB=5 mm). Slg. Schuster, Foto: Timm. – Unten: Pyrrhotit-Kristall mit Aragonit (BB=1,4 mm). Sammlung & Foto: Poeverlein.

wird die Abscheidung von Baryt betrachtet.

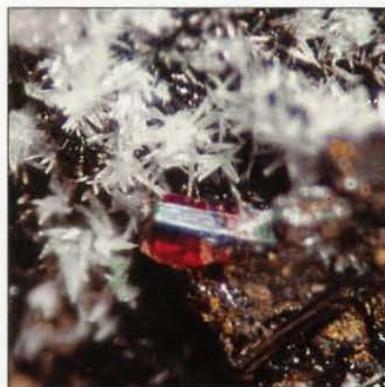
Aktuelle Fundmöglichkeiten

Die Beschreibung der auf der Bertahalde in den Jahren zwischen 2002 und 2004 aufgesammelten Mineralien baut auf der umfassenden Zusammenfassung der im Bereich Schwaz-Brixlegg vorkommenden Erze und Gangarten von GRUNDMANN & MARTINEK 1994 auf, die sich (mangels geeigneter Aufschlüsse) bei den Vorkommen der Alten Zeche auf die Auswertung der Literatur und Untersuchung von Stufen aus alten Sammlungsbeständen konzentrieren mußten.

Die Fundmöglichkeiten waren während der Straßenbauerarbeiten außerordentlich gut. Mit Abschluß der Rekultivierungsarbeiten 2004 beschränken sich die Fundmöglichkeiten auf Lesesteine im Bereich der zahlreichen überwachsenen Halden des Arzberges. Belege der häufigeren Erze wie Fahlerz, Kupferkies und Bleiglanz lassen sich dabei noch leicht aufsammeln (z.B. Johannistollen).

Wer sich intensiver für Schwaz-Brixlegger Mineralien interessiert, der sollte Baumaßnahmen im Ortsteil Pirchanger immer auf alte Haldenreste kontrollieren. Überraschungen sind hier jederzeit möglich.

Die letzten Funde von Rotgültigerz



stammen vom August 2004: Sie wurden durch Aushubarbeiten für Neubauten am Gymnasium Paulinum, das unterhalb der Bertastollenhalde liegt, ermöglicht.

Mit den bergmännisch wichtigen Erzen der Alten Zeche wurde im Bergbau- und Hüttenmuseum Brixlegg eine Vitrine gestaltet.

Die Mineralien Erze und Gangarten

ELEMENTE

Quecksilber, ged. – Hg

Aus einem kleinen Erzabß, der während der Straßenbauerarbeiten aufgeschlossen war, konnte einmal ged. Quecksilber als metallisches Kügelchen zusammen mit Zinnober und Fahlerz nachgewiesen werden.

Silber, ged. – Ag

Das Vorkommen von gediegen Silber in der Alten Zeche wurde bisher bezweifelt (GSTREIN 1989).

Auf der Bertahalde konnten nun Belegstücke mit ged. Silber aufgesammelt werden. Häufig tritt Silber eingewachsen in Fahlerz als Tropfen und Schlieren auf, die allerdings erst im Erzmikroskop sichtbar werden. Es wurden aber auch makroskopische Bleche und Verwachsungen mit Akanthit (bis Erbsengröße) festgestellt. Die Vererzung kommt in fettglänzenden Fahlerzpartien mit Siderit, Quarz und Kupferkies vor und ist in schiefrigem, verfalteten Nebengestein eingelagert. In einer Druse wurde ged. Silber auch mit hochglänzenden Pyrrhotitkristallen auf Siderit beobachtet.

SULFIDE

Akanthit (Argentit, Silberglanz, Glaserz) – Ag₂S

Wird von ISSER aus der Alten Zeche als „sehr kleine dendriten- und moosartige auch schlackenförmige Gebilde von lebhaftem Metallglanz, silber- bis stahlgrau, milde bis geschmeidig, meist etwas bunt angelaufen, mit Kupferkies, Pyrit und Baryt“ beschrieben. Diese Beschreibung kann durch die Haldenfunde bestätigt werden. Dendritische, duktile Gebilde auf Kluftflächen und Rissen, konnten als Akanthit bestimmt werden. Akanthit kommt daneben aber auch eingewachsen im Fahlerz vor. Er ist dabei sehr unscheinbar. So fiel ein in Fahlerz eingewachsenes Silber-Akanthit-Aggregat den Verfassern nur zufällig als duktile „Fahlerz“ auf.

Wenn man bedenkt, daß es sich bei den auf der Halde gefundenen Proben um den Abraum des Nachlesebergbaues der



Links: Chalcopyrit mit bunten Anlauffarben (BB=4,5 mm). Sammlung & Foto: Poeverlein. – Rechts: Bournonit-Kristall in einem Baryt-Zwickel (BB=2,7 mm). Sammlung Schuster, Foto: Poeverlein.

letzten Betriebsperiode handelt, so ist durchaus denkbar, daß die Aussage von SPERGES (1765), wonach Schwaz in seinen „vorigen Zeiten mit seinem Glaserze“ prangte, doch nicht so sagenhaft ist, wie in späteren Zeiten oft vermutet.

Arsenopyrit (Arsenkies) – FeAsS, Glaukodot und Cobaltit (Kobaltglanz) – CoAsS

Derber, körniger Arsenopyrit wurde von ISSEK und GASSER aus der Alten Zeche beschrieben. Die selben Autoren erwähnen auch Cobaltit auf Klüften des Quarzphyllits in kleinen, meist eingewachsenen oder seltener zu Drusen vereinigten Kristallen aus dem Johann- und Bertaliegengang.

Aktuelle Funde belegen Arsenopyrit, „Glaukodot“ und Cobaltit in quarzhaltigen Stücken mit Erythrinbeschlag in feinkörnig-verwachsenen grauschwarzen Erzschnüren und Massen mit gelblichen Anlauffarben. Typische Begleitminerale der Co-As-Ni-Mo-Paragenese sind Pyrit, Molybdänit und Gersdorffit. Die Proben zeigen die Spuren starker Durchbewegung. Molybdänit als extrem weiche Erzphase ist isoklinal feingefältet. Die spröden Arsenopyrit- und Cobaltit-Partien zeigen unter dem Erzmikroskop vielfältige Zerbrechungen, die durch Karbonate, Quarz und Fluorapatit verheilt sind. Arsenopyrit wird im Untersuchungsmaterial regelmäßig von Cobaltit umhüllt. Sowohl Cobaltit, als auch Arsenopyrit weisen eine breite Streuung von Co und Ni – Gehalten auf. Vorherrschend sind einmal ein nickelreicher Cobaltit (mit im Mittel 22% Co, 9% Ni, 5% Fe, 46% As und 17% S) und kobaltreicher Arsenopyrit (mit im Mittel 8,5% Co, 1,5% Ni, 25% Fe, 50% As, 15% S; alles in Gewichtsprozent). Der Kobaltanteil des Arsenopyrits erreicht in einzelnen Partien einen Anteil von 12 Gew.%, hier liegt dann ein Glaukodot-reicher Mischkristall (Fe,Co)AsS mit Fe:Co=2:1 vor.

Von GRUNDMANN & MARTINEK 1994 wurde vermutet, daß Arsenkies ein Träger der Co-Ni-Vererzung sei. Endgültige Klärung war aufgrund der extremen Feinkörnigkeit des Untersuchungsmaterials damals nicht möglich. Diese Vermutung konnte durch Analysen mit der Elektronen-Mikrosonde nun bestätigt werden. Das Auftreten von Co- und Ni-haltigem Arsenopyrit, Cobaltit und Gersdorffit entspricht sehr gut den Ergebnissen der experimentell ermittelten Phasenbeziehungen im System Eisen, Kobalt, Nickel, Arsen und Schwefel von HEM & MAKOVICKY 2004, die eine temperaturabhängige Bildung dieser Mineralien bzw. ihrer Mischkristalle nachgewiesen haben. Die Analysenwerte würden danach für Bildungstemperaturen um 500° C sprechen, wobei allerdings die Bedingungen der Laboruntersuchungen (im Vakuum) nicht mit den tatsächlichen Bildungsbedingungen übereinstimmen.

Auch kurzprismatische eingewachsene, bis 2 mm große Arsenopyrit-Kristalle mit typischem rautenförmigem Querschnitt treten auf. Oft bildet das Mineral ein Gewirr von metallisch zinnweißen Kristallen, die an den spitzen Winkeln ihrer Endflächen erkennbar sind.

ISSEK und GASSER nennen noch Nickelskies (Millerit NiS), Kobaltkies (Linneit Co₃S₄) und Kupfernickel (Nickelin NiAs).

Antimonit (Antimonglanz) – Sb₂S
Bildet kleine graue, tafelige Nadeln, die im verquarzten Baryt zusammen mit Siderit, Galenit und Fahlerz in kleinen Zwickeln auftreten.

Bournonit (Rädelerz, Schwefelantimonblei) – PbCuSbS
War in der Bertagrube ein häufiges Erz. Der Aufschluß eines ca. 60 cm breiten Bandes im sogenannten „Bournonitgang“ mit Chalcopyrit, Fahlerz, Galenit, Quarz und Baryt wurde sogar in der ös-

terreichischen Fachpresse veröffentlicht (Anonymus 1874). Außerdem erwähnt PÖBL Bänder und Mugel von Bournonit in Siderit aus dem Karolingang. Auch an alten Sammlungsstücken der Alten Zeche konnte oft Bournonit nachgewiesen werden (GRUNDMANN & MARTINEK 1994). Auf der Halde fand sich Bournonit in faustgroßen Erzstücken derb mit Fahlerz, Chalcopyrit und Galenit. Die Unterscheidung von derbem Bournonit (schwach anisotrop mit Parkettzwillingslammierung) von Fahlerz (isotrop bei gekreuzten Polarisatoren) ist nur unter dem Erzmikroskop möglich. Seltener treten auch kleine dunkelbleigraue Kristalle in typischer „Rädelerz“-Ausbildung mit Siderit-, Quarz- und Barytkristallen auf.

Bornit (Buntkupferkies) – Cu₃FeS₄
Konnte im Erzanschluß, fein verwachsen mit Fahlerz und Chalcopyrit nachgewiesen werden. Er zeigt unter dem Erzmikroskop eine typische Rosa-Färbung.

Chalcopyrit (Kupferkies) – CuFeS₂
war eines der Hauptfördererze der Berta-grube. Kupferkies tritt sowohl fein eingesprengt in Schiefer, als auch in Zentimeter breiten Bändern und Putzen im Siderit, Quarz und Baryt auf. Häufige Begleiter sind Pyrit, Fahlerz und Galenit. Auf der Halde waren relativ große vererzte Blöcke mit 30 – 40 cm Länge zu finden, die aus weißem feinkristallinen Ganggestein mit viel Quarz und Kupferkiesputzen bis zu 5 cm bestanden. Diese Stücke waren außen z.T. stark versinterzt. Sie dürften in der ersten Bergbauperiode im Abraum in der Grube verblieben sein und erst beim Nachlesebergbau des 19. Jahrhunderts auf die Halde verbracht worden sein. Auf die Vererzung paßt die Beschreibung PÖBL von einer im Hangenden des Bertaliegenganges von den „Alten“ nicht abgebauten „Kiesvererzung“. Kleine Kristalle konnten gelegentlich auf Kluftflächen im Siderit beobachtet werden.



Links: **Meißelförmiger klarer Baryt** (BB=4,5 mm). Sammlung Hanneberg; Foto Timm. – Rechts: **Azurit** (BB=6 mm). Sammlung & Foto: Poeverlein.

Zu einem wohl unverdienten Ruhm in Archäologenkreisen gelangte der Kupferkies der Alten Zeche durch eine Veröffentlichung von NEUNINGER, PITTONI und PREUSCHEN 1960. Aufgrund von spektralanalytischen Serienuntersuchungen von Nordtiroler Kupfererzen und bronzezeitlichen Objekten wurden die Erze der Alten Zeche als Rohstoff für die Mehrzahl der untersuchten Objekte in Nordtirol, Vorarlberg aber auch in der Schweiz und der Steiermark angesehen. Hintergrund dieser Zuordnung war unter anderem die heute überholte Auffassung, daß ein prähistorischer Bergbau auf Fahlerz wegen Schwierigkeiten bei der Verhüttung auszuschließen sei. Gerade im Schwaz-Brixlegger Raum sind aber mittlerweile eine Vielzahl prähistorischer Abbaue und Verhüttungssplätze im Bereich des Schwazer Dolomits nachgewiesen worden (MARTINEK 1995, GOLDENBERG & RIESER 1995, RIESER & SCHRATTENTHALER 2002).

Cinnabarit (Zinnober) – HgS

Tritt in einem kleinen Erzausbiß in roten Krusten und selten in kleinen hochglänzenden Kristallen zusammen mit Fahlerz auf. Einmal konnte auch ged. Quecksilber beobachtet werden. Nur im Anschliff zu erkennen waren winzige Cinnabarit-Kristallchen, die randlich am Pyrargyrit im Siderit eingewachsen sind.

Covellin – CuS

Findet sich auf der Bertahalde und einem kleinen Ausbiß an Kontaktflächen zwischen Pyrit und Chalkopyrit als dunkelblaue metallische Blättchen. Im Anschliff bei gekreuzten Polarisatoren werden diese orange.

Galenit (Bleiglanz) – PbS

War ein für die Verhüttung der Schwazer Fahlerze gesuchtes Erz, das in der Blütezeit für die Trennung von Kupfer und Silber mühevoll aus nord- und südtyroler Lagerstätten, aber auch aus Kärnten, nach Schwaz gebracht wurde. Die Alte Zeche war der einzige Bergbau im

Schwaz-Brixlegger Revier, wo Bleiglanz in nennenswerten Mengen gefördert werden konnte.

Bleiglanz konnte häufig als vorherrschendes Erzmineral in dicken Bändern und feinen Schnüren in Siderit, Quarz und Baryt, aber auch mit Fahlerz verwachsen, auf der Bertahalde gefunden werden. Er trat dabei grobspätig bis feinkörnig, in einigen Stücken auch extrem feinkörnig und matt als „Bleischweiß“ auf. Der Silbergehalt im Bleiglanz liegt unter der Nachweisgrenze der Mikrosonde (ARLT & MARTINEK 2000).

Gersdorffit – NiAsS

Konnte als Kristalle bis Millimetergröße, eingewachsen in Quarz, in der Co-Ni-Pargenese gefunden werden. Die Kristalle bestehen aus einer Kombination des Würfels mit dem Oktaeder, sind mattglänzend oder mit einer cremefarbenen, wachsartigen Schicht überzogen. Eine REM-EDX-Analyse ergab zusätzliche geringe Gehalte an Co und Fe.



Links: **Kuboktaedrische Gersdorffit-Kristalle**, eingewachsen in Quarz (BB ~2 mm). – Mitte: **Erythrin** als traubiges Aggregat (BB = 2 mm). Beide Stücke Sammlung & Foto: Poeverlein. – Rechts: **Dicktafeliger Cerussit-Kristall** (BB = 2,6 mm). Sammlung Hanneberg, Foto: Timm.

Molybdänit – MoS₂

War eine Überraschung der Bertahalde. Er ist in der Co-Ni-Vererzung relativ häufig vertreten.

In seiner schuppigen bis krummschaligen Ausbildung und mit seiner bleigrauen Ausbildung erinnert er an Graphit. Im Anschliff sind seine Lamellen mehr blaugrau, stark anisotrop und deutlich deformiert.

Pyrargyrit (dunkles Rotgültigerz) – Ag₃SbS₃ und Proustit (lichtes Rotgültigerz) – Ag₃AsS₃

Pyrargyrit wird von Isser als kleine prismatische Kristallnadeln von wein- bis brauner Farbe und lebhaftem Glasglanz auf vererzten Quarzklüften des Bertaliegenganges beschrieben. Proustit fand sich nach Gasser in winzig kleinen Kriställchen zumeist auf einem

und nur unter der Lupe bzw. Mikroskop zu erkennen. Die auf der Halde gefundenen Erzproben mit Pyrargyrit unterscheiden sich auch von dem in LAPIS 7-8/1994 abgebildeten Erzstück. Dort tritt die Pyrargyritvererzung in Siderit am Rande eines Bleiglanz/ Baryt-Ganges auf.

Pyrit (Schwefelkies) FeS₂

War auf der Halde allgegenwärtig, bildet aber meist unscheinbar im Gemenge mit Chalkopyrit und Galenit. Kleine Kristalle (Würfel und Pentagondodekaeder) treten eingewachsen in Siderit und Nebengestein auf. Pyrit ist auch ein häufiger Begleiter in der Co-Ni-Paragenese.

Sphalerit (Zinkblende) ZnS

Tritt in kleinen schwarz bis bräunlich durchscheinenden Butzen in Baryt ein-

Alten Zeche quicksilberreiche Fahlerze auf, ohne daß die Varietätsbezeichnung Schwazit gerechtfertigt wäre.

In den aktuellen Funden kommt Fahlerz neben der oben beschriebenen Silbervererzung auch mit Galenit und Chalkopyrit in Siderit oder Quarz eingewachsen vor. Das Fahlerz bildet auf der Halde bis zu faustgroße Partien, die z.T. fein mit anderen Erzen verwachsen sind. Gelegentlich wird Fahlerz auch von Cinnabarin und ged. Quecksilber begleitet.

Kleine tetraedrische Kristalle sind nur vereinzelt in kleinen Klüften und Drusen vorgekommen.

OXIDE

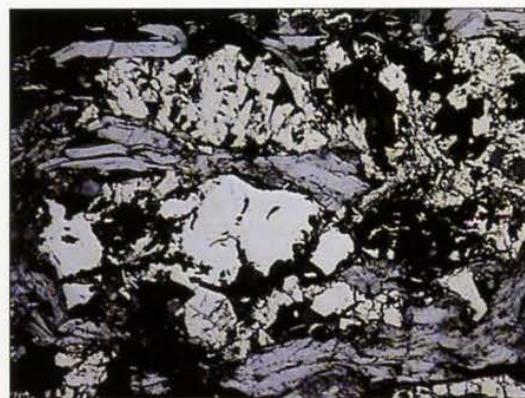
Quarz ist im Haldenmaterial weit verbreitet. Er bildet mitunter die Hauptgangart bei einem kiesigen Vererzungstypus mit Chalkopyrit und Galenit. Häufiger durchziehen vererzte Quarzgängchen den Siderit. Kleine farblose Kriställchen waren auf Klüften im Siderit mit verschiedenen Erzmineralien und eingewachsen im Fahlerz zu finden. In Baryt eingewachsene trübe Kristalle erreichen Zentimetergröße.

CARBONATE

Aragonit / Calcit: Auf der Halde fanden sich oft mit Sinter überzogene Gesteinsbrocken. Dieser Sinter dürfte sich im Versatz des frühneuzeitlichen Bergbaus gebildet haben. Calcitgängchen durchziehen mitunter den Siderit. In Drusen können gelegentlich auch kleine Rhomboeder zusammen mit Baryt-Kriställchen beobachtet werden. Aragonit überzieht häufig erzhaltige Stücke mit einem Rasen aus feinnadeligen, oft auch pinsel förmig ausgebildeten Kristallbüscheln.

Siderit (Spataisenstein, Eisenspat)

Ist das vorherrschende Erz im Bereich der Alten Zeche, wie auch der angrenzenden Reviere Schwazer Eisenstein, Zapfenschuh und Heilig Kreuz. Er konnte teilweise in mehreren Meter mächtigen Gängen abgebaut werden. Im Protokoll anlässlich der Betriebsschließung 1913 wird der Bertahangengang als 12-40 m mächtiger Spataisensteinangangstock mit in die Tiefe zunehmender Mächtigkeit beschrieben. Auch nach der Umstellung des Betriebes von einem Eisensteinbergbau in einen Metallerzbergbau wurde Siderit als Nebenprodukt an die Jenbacher Hütte abgegeben. Siderit ist auf der Halde allgegenwärtig, oberflächlich oft in Limonit verwittert, feinkörnig bis grob spätig und je nach Eisengehalt und Verwitterungsgrad in den unterschiedlichsten Farben von gelblichgrau bis schwarzbraun auf Kluftflächen und in Drusen auch in Kristallen zu finden. Der „Spataisenstein“ in der Alten Zeche bzw. im Schwazer Eisenstein war mit 28-30 % Eisengehalt auch damals eher arm; Durch Rösten bzw.



Erzanschliff mit Molybdänit (grau, fein verfältelt) und Cobaltit-Arsenopyrit (helle, zerbrochene Partien), dazu Carbonat, Quarz und Fluorapatit (dunkel). Bildbreite 3,5 mm. Foto: Grundmann.

Gemenge von erbsengroßem Siderit mit silberreichem dunklem Fahlerz. Nach Pöhl bestanden die silberreichen Erze aus Fahlerz mit eingelagertem „Rothgiltig in feinen Kriställchen“.

Auch „Rotgültigerz“ konnte auf der Bertahalde in kleinsten Kristallen bis max. Millimetergröße gefunden werden. REM-EDX Analysen zeigen neben Silber nur Antimon, so daß hier Pyrargyrit vorliegt. Es handelt sich um prismatische tiefrote Kristalle, die auf Kluftflächen im Fahlerz oder auf der Oberfläche der Fahlerzeinlagerungen zum Phyllit hin aufgewachsen sind. Sporadisch gesellen sich auch Malachit, Aragonit und ged. Silber dazu. In Fahlerz eingewachsener Pyrargyrit konnte nur untergeordnet – meist körnig – beobachtet werden. Daneben konnten Pyrargyritkristalle sowie derbe Beläge auch auf Kluftflächen im Siderit in der nächsten Umgebung der Fahlerzpartien gefunden werden. Dann sind sie oft von einer brauen Limonitschicht überzogen, so daß die intensiv rote Farbe und der hohe Glanz nur an den Bruchflächen zu erkennen ist.

Belege für die von Nöh untertage mit bloßem Auge beobachteten Anflüge konnten auf der Halde nicht mehr nachgewiesen werden. Sämtliche Proben sind sehr klein

gewachsen auf. Der Sphalerit erinnert unter dem Mikroskop an die sog. „Verglaste Blende“ der Freiberger Erzgänge, die ein wichtiges Silbererz war. Der Silbergehalt der Freiberger Blende ist auf mechanische Beimengung von Silber auf den Kornobergrenzen der Zinkblende zurückzuführen. Angesichts der kleinen Probenmenge und der damit unrepräsentativen Aussagekraft wurden keine Analysen zum Ag-Gehalt der ZnS-Proben von der Alten Zeche durchgeführt.

Tetraedrit (Fahlerz) – (Cu,Ag)₁₀(Fe,Hg)₂(Sb,As)₄S₁₃

GRUNDMANN & MARTINEK, sowie ARLT haben anhand alten Sammlungsmaterials das Fahlerz der Alten Zeche analysiert und arsenhaltigen Tetraedrit mit z.T. hohen Silbergehalten (um 2 Gew.-%) festgestellt. Dies entspricht auch den Angaben von ERLACH, wonach der Silbergehalt im Vergleich zu Erzen des Falkensteins mehr als viermal so hoch war. Für den Schwazer Eisenstein und Zapfenschuh wurde einen Silberanteil von nur 0,04 bis 0,33 Gew.% ermittelt (ARLT & DIAMOND 1998). Die Fahlerze in den Kellerjochgneisen weisen damit höchst unterschiedliche Silbergehalte auf. Nach ARLT & DIAMOND 1999 treten an der

durch Verwitterung (Limonitisierung) konnte der Eisengehalt um etwa 25% erhöht werden, die Förderung war aber im ausgehenden 19. Jahrhundert nicht mehr recht lohnend. Der Eisenbergbau am Arzberg wurde 1883 beendet, der am Schwader Eisenstein um 1909.

SULFATE

Baryt (Schwerspat) – Ba[SO₄]

War vor allem zusammen mit Bleiglanz häufig zu finden. Er bildet feinkristalline oft verquarzte Lagen. Im frischen Anbruch erinnern diese oft an Marmor.

Baryt erscheint als dünne wasserklare, hochglänzende, quadratische Tafeln oder linealförmige Kristalle mit spitz zulaufenden Endflächen in Hohlräumen des Siderits. Auch treten dicke meißelförmige Kristalle auf.



Links: **Malachit-Büschele** (BB=1,7 mm). Sammlung Hanneberg, Foto: Poeverlein. – Rechts: **Betpakdalit als feinkristalline Krusten auf Molybdänit** (BB=4 mm). Sammlung & Foto: Poeverlein.

von Sekundärmineralien erwarten. Die Funde beschränkten sich meist auf unansehnliche Krusten und Anflüge und blieben weit hinter den Erwartungen zurück.

An Kupfersekundärmineralien konnten **Azurit** Cu₄[OH]CO₃₂ in winzigen Kristallen, **Malachit** Cu₂[(OH)₂]CO₃ in Anflügen, Locken und in nadeligen Kristallbüscheln von ca. 1 mm Größe, sowie Krusten von **Brochantit** Cu₄[OH]₆[SO₄] und hellblau silbrig glänzende Schuppen von **Devillin** CaCu₄[OH₄]SO₄₂ • 3 H₂O auf Siderit nachgewiesen werden.

Cerussit (Weißbleierz) – Pb[CO₃] und Wulfenit (Gelbbleierz) – Pb[MoO₄]

Cerussit tritt in kleinen tafeligen und nadeligen Kristallen zusammen mit Bleiglanz auf.



ratur von der Bertagrube beschrieben. Er ist durch seine intensive rosa Färbung das auffälligste Sekundärmineral und überzieht als typische Haldenbildung in Anflügen und fein auskristallisierten Krusten Schiefer, Gangarten und Erze. Sein Nickelpendant Annabergit sitzt in kugeligen bis warzenförmigen Aggregaten von apfelgrüner Farbe auf mit Galenit und Chalkopyrit vererztem Quarz. Auch auf Gersdorffit kann er in kleinsten Kristallanflügen gefunden werden. Ab 500-facher Vergrößerung sind die charakteristischen schrägen Endflächen zu erkennen.

Betpakdalit – MgCa₂Fe₃³⁺[Mo₈⁶⁺O₂₈(OH)(AsO₄)₂] • 23 H₂O

War die interessanteste Neuentdeckung unter den Sekundärmineralien. Blaß gelbgrüne Krusten mit Seidenglanz auf

PHOSPHATE

Fluorapatit – Ca₅[F|PO₄]₃

Erscheint als unscheinbare derbe weiße Masse in der Co-Ni-Paragenese. Er verkittet hier neben Karbonaten und Quarz den zerbrochenen Arsenopyrit und Cobaltit. In den Schliffen beträgt sein Anteil ca. 12-15 Vol.% (!). Die Analyse mit der Mikrosonde ergab einen **reinen Fluorapatit** ohne Chlor-, Hydroxyl- oder Carbonat-Komponente.

Einmal konnte auch ein winziger orangefarbener Wulfenit-Kristall auf einem kleinen Quarzklüftchen im Bleiglanzmaterial beobachtet werden.

Schwefel, ged. – S

Sitzt auf verwittertem Galenit als winzige gerundete Kristalle von blaßgelber Farbe und hohem Glanz.

Gips – Ca[SO₄] • H₂O

Ist als kleine Kristalle auf verwittertem Pyrit zu finden.

Molybdänit wurden wegen ihrer Ausbildung zuerst für Ferrimolybdit gehalten. Erhebliche Gehalte an Arsen und Calcium schlossen dieses Mineral aus. Vielmehr stimmten die mittels REM-EDX ermittelten Daten sowie die Ausbildung der Kristalle am besten mit Betpakdalit überein, wie er aus Sadisdorf im Erzgebirge von WITZKE & MÜNCH beschrieben wurde. Benannt ist das Mineral nach seiner Typlokalität, der Bet-Pak-Dal-Wüste in Kasachstan. Es ist neben Gersdorffit, Molybdänit und Fluorapatit das vierte für das Schwaz-Brixlegger Revier neu beschriebene Mineral.

Sekundärmineralien

Ein Vorkommen mit Arsen, Blei, Kobalt, Kupfer, Molybdän, Nickel und Silbererzen lässt auf eine reichhaltige Paragenese

Erythrin (Kobaltblüte) – Co₃[AsO₄]₂ • 8 H₂O und Annabergit – Ni₃[AsO₄]₂ • 8 H₂O

Erythrin wird schon in der älteren Lite-

Schuster u.a.: Alte Zeche, Schwaz

- Anonymous* (1874): Gangaufschluß am Danlerstollen in Schwaz. – Österr. Zeitschrift für Berg- u. Hüttenwesen, S. 334, Wien.
- ARLT, T. & DIAMOND, L.W. (1998): Composition of tetrahedrite, tennantite and „schwazite“ in the Schwaz silver mines, North Tyrol, Austria. – Mineral. Magazine **62**, S. 810-820.
- ARLT, T. & DIAMOND, L.W. (1999): Gab es je Schwazit in Schwaz? – LAPIS **24**/H. 12, S. 45-46.
- ARLT, T. & MARTINEK, K.-P. (2000): Arsenpolybasit und Stephanit vom Silberberg, Tirol. – Mitt. Österr. Miner. Ges. **145**, S. 7 (Nachtrag zur DMG-Tagung 1999, Wien)
- EGG, E. (1986): Schwaz vom Anfang bis 1850. – Stadtbuch Schwaz, S. 78-216, Schwaz.
- ERLACH (1787): Vorbericht. – Handschrift, Archiv Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum Innsbruck, Sign. **FB 2686 Nr.7**.
- GASSER, G. (1913): Die Mineralien Tirols einschließlich Vorarlbergs und der Hohen Tauern. – Innsbruck (Wagner).
- GOLDENBERG, G. & RIESER, B. (1995): Late bronze age fahlore-mining and extractive metallurgy in the area of Schwaz/Brixlegg in North-Tyrol, Austria. – Abstracts zum Int. Workshop „Urgeschichtliche Kupfergewinnung im Alpenraum“, Universität Innsbruck, 4.-8. Okt. 1995.
- GRUNDMANN, G. & MARTINEK, K.-P. (1994): Erz-Minerale und Gangarten des Bergbaubietes Schwaz-Brixlegg. – LAPIS **19**/H. 7-8, S. 28-37.
- GSTREIN, P. (1989): Die Silberkammern von Schwaz, Tirol. – Emser Hefte **10**/Nr.3, S. 2-56, Haltern.
- HEM, S.R. & MAKOVICKY, E. (2004): The system Fe-Co-Ni-As-S. – I. Phase relations in the $(\text{Fe},\text{Co},\text{Ni})\text{As}_{0.5}\text{S}_{1.5}$ section at 650° and 500°C. – Canadian Mineralogist **42**, S. 43-62.
- ISSER, M.v. (1905): Schwazer Bergwerks-Geschichte – Eine Monographie über die Schwazer Erzbergbaue. – Unveröffentl. Manuscript, 354 S.
- LUKAS, W. (1971): Die Siderit-Fahlerz-Kupferkies-Lagerstätte des Arzberges bei Schwaz in Tirol. – Veröffentl. Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum **51**, S. 111-118, Innsbruck.

- MARSIK, W. (1914): Kurze Geschichte des Bergbaues Altzech-Zapfenschuh und Arzberg in Schwaz. – Beilage zum Befahrungsprotokoll zur Betriebsschließung 1913. Archiv Montanbehörde/Berghauptmannschaft Innsbruck, Sign. Z.1412/13.
- MARTINEK, K.-P. (1995): Archäometallurgische Untersuchungen zur frühbronzezeitlichen Kupferproduktion und -verarbeitung auf dem Buchberg bei Wiesing, Tirol. – Fundber. aus Österr. 34, S. 575-584.
- NEUNINGER, H.; PITTONI, R. & PREUSCHEN, E. (1960): Das Kupfer der Nordtiroler Urnenfelderkultur. Ein weiterer Beitrag zur Relation Lagerstätte – Fertigobjekt. – Archaeologia Austriaca, Beiheft 5.
- NÖH, A. (1951): Bergbau Alte Zeche und Zapfenschuh. – Schlern-Schriften 85, S. 126-135, Innsbruck.
- PIKEL, H. (1961): Geologie des Triasstreifens und des Schwazer Dolomits südlich des Inns zwischen Schwaz und Wörgl (Tirol). – Jb. Geol. Bundesanstalt 104, S. 1-150, Wien.
- PÖBL, W. (1880): Metallbergbau in Schwaz. – Handschrift, Tiroler Landesarchiv, Sign. Montanistika, Karton Nr. 893.
- RIESER, B. & SCHRATTENTHALER, H. (2002): Prähistorischer Bergbau im Raum Schwaz-Brixlegg. – 125 S., Verlag Edition Tirol.
- ROTH, R. (1983): Petrographie und Tektonik der mittelostalpinen Kellerjochgneis-Decke und angrenzender Gebiete zwischen Schwaz und Märlengrund. – Unveröff. Diss., Westfäl. Wilhelms-Univ. Münster, 196 S.
- SCHMIDT, A.R. (1868): Geognostisch-bergmännische Skizzen über die Erzlagerstätten Tyrols. – Berg- u. hüttenmänn. Z. 27, S. 97-99, Leipzig.
- SPERGES, J.v. (1765): Tyrolische Bergwerksgeschichte. – 336 S., Wien.
- WENGER, H. (1979): Diskordante und konkordante Kupferkies- und Eisenspatvererzung im Bereich des Kaunzalm-Hochlegers im Öxeltal (Tuxer Voralpen). – Veröff. Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum 59, S. 85-98, Innsbruck.
- WENGER, H. (1983): Die Eisenkarbonat-Kupferkiesvererzungen im Raume Schwaz, Tirol. – Veröff. Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum 63, S. 185-200, Innsbruck.
- WITZKE, T. & MÜNCH, U. (1991): Betpakdalit von Sadisdorf/Erzgebirge. – LAPIS 16/H. 11 (neue Formel für Betpakdalit 1999: L 24/H.12, S. 46)
- Heinrich Schuster, Kientalstr. 19, 82211 Herrsching**
Rolf Poeverlein, Wartberghöhe 19, 83278 Traunstein
Armin Hanneberg, Dianastr. 2, 85540 Haar
Jürgen Salomon, Jägerstr. 25, 83308 Trostberg
**Dr. Rupert Hochleitner, Mineralogische Staatssammlung,
Theresienstr. 41, 80333 München**
**Dr. Günter Grundmann, Lehrstuhl für Ingenieurgeologie, Abt.
Mineralogie, TU München, Arcisstraße 21, 80290 München**