

DER BLEI-ZINK-ERZBERGBAU AM SCHNEEBERG, SÜDTIROL

von

V. Mair¹, F. Vavtar², H. Schölzhorn³ & D. Schölzhorn³

¹ Ufficio Geologia e prove materiali
Provincia Autonoma di Bolzano, Via Val d'Ega 48, 39053 Cardano (Bolzano), Italy

² Institut für Mineralogie & Petrographie
Universität Innsbruck, Innrain 52, A-6020 Innsbruck, Austria

³ Südtiroler Bergbaumuseum Ridnaun-Schneeberg
Maiern 48, I-39040 Ridnaun (Bozen), Italy

volkmar.mair@provinz.bz.it
franz.vavtar@uibk.ac.at

1. Geographischer Überblick

Das Bergrevier Schneeberg liegt südlich des Alpenhauptkammes im Bereich zwischen dem hintersten Passeier- und dem Ridnauntal. Der Bergbau folgt einem etwa 1 km breiten Streifen, der zwischen dem Schneeberger Bach im Westen und dem Lazzacher Bach im Osten eine E-W-Erstreckung von etwa 4 km aufweist (Abb. 1). Die Knappensiedlung St. Martin liegt auf ca. 2.355 m auf Passeierer Seite. Sie ist von der Timmelsjochstraße auf Passeierer Seite und über das Kaindljoch (2.700 m) von Ridnaun aus zu Fuß erreichbar (Abb. 2).

2. Zur Geschichte des Bergbaus

Der Schneeberg ist eines der höchstgelegenen Bergwerke Europas und das am längsten fördernde Erzbergwerk im Alpenraum. Die eigentlichen Anfänge dieses mit mehreren Superlativen bedachten Bergbaus liegen im Dunkeln. Die erste schriftliche Erwähnung des „ARGENTUM BONUM DE SNEEBERCH“ reicht zurück auf das Jahr 1237 und bezeugt die bereits damalige Verwendung des Schneeberger Feinsilbers als Zahlungsmittel. Somit ist der Beginn des Erzabbaus sicher früher anzusetzen. Vermutungen lassen sogar auf prähistorischen Kupferabbau schließen.

Die größte Blüte erreichte der Schneeberg im „Silbernen Zeitalter Tirols“, also in der 2. Hälfte des 15. und Anfang des 16. Jahrhunderts. An die 1000 Knappen sollen damals in bereits 70 Stollen nach silberhaltigem Bleiglanz geschürft haben (Abb. 3).

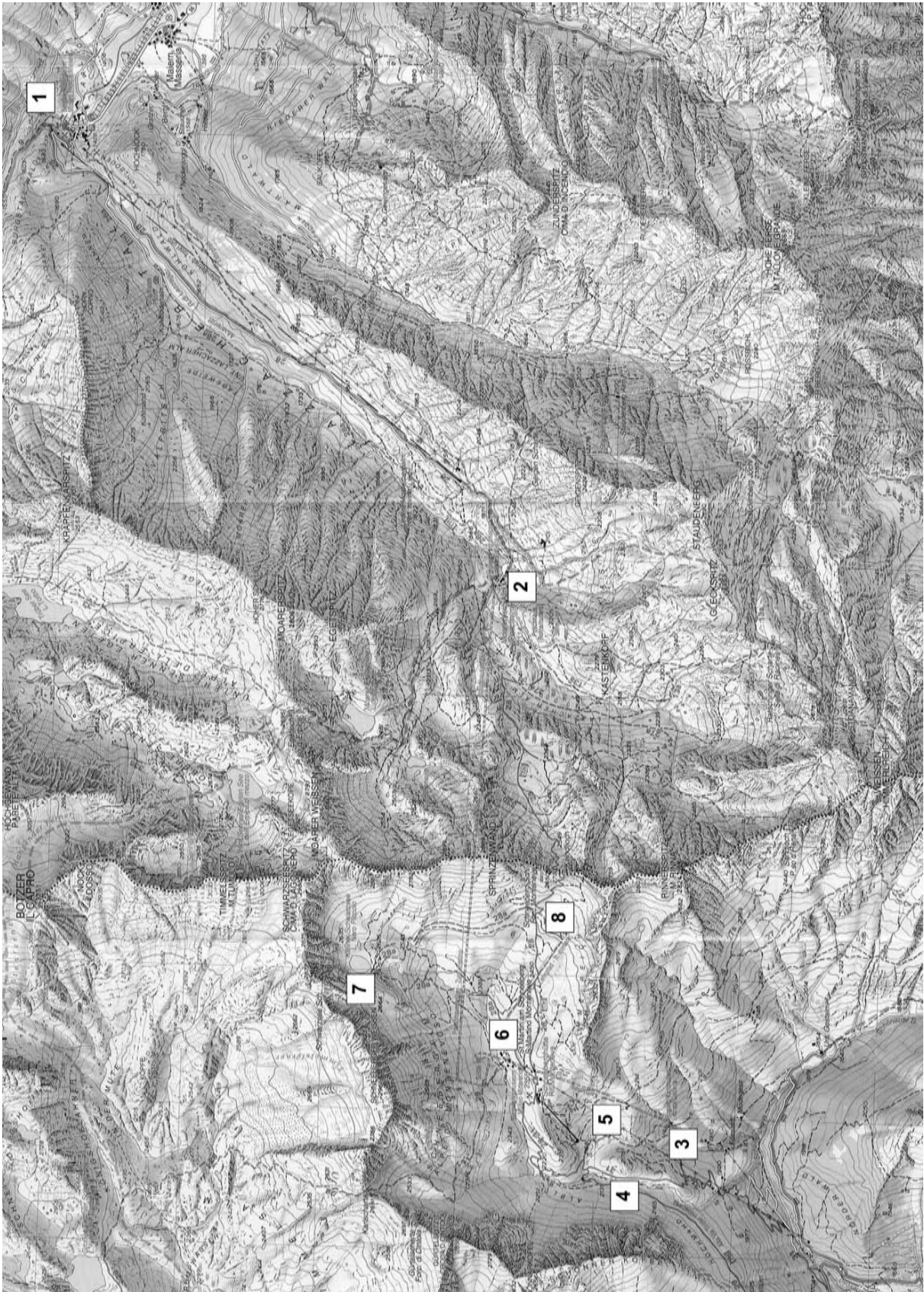


Abb . 1

Ausschnitt aus der topographischen Karte Blatt 039 Passeiertal. Verlag Tabacco, Tavagnacco (Udine), 1:25.000. Mit 1 bis 7 sind die Exkursions-Stopps markiert.



Abb. 2

Blick nach Norden auf die Bergbaureviere St. Martin mit Schutzhaus auf 2.355 m und Seemoos 2.187 m (rechts unten). Im Hintergrund das Kaindljoch (aus BAUMGARTEN et al., 1998).



Abb. 3

Darstellung des Schneeberg, Schwazer Bergbuch 1556.

Namhafte Handelsfamilien aus Tirol und dem süddeutschen Sprachraum, wie die Tänzl, Kaufmann, Baumgartner, Jöchel, Gänsbacher, Flam, Geizkofler und vor allem die Fugger aus Augsburg ließen sich in der Berggerichtsstadt Sterzing nieder und erzielten hohe Gewinne mit den Erträgen aus den Gruben am Schneeberg, in Gossensaß/Pflersch und am Telferberg. Auch die Bischöfe von Brixen besaßen zeitweise beachtliche Grubenanteile am Schneeberg.

Eine große Herausforderung für die Gewerken und Knappen war stets die Bewältigung der Probleme, die Arbeit und Leben in dieser extremen Gebirgsregion mit sich brachten. An die 1000 Menschen mussten das ganze Jahr über mit Werkzeugen, Arbeitsmaterialien, mit Kleidung und Lebensmitteln versorgt werden. Wir wissen, dass damals am Schneeberg z.B. bereits eine „Fleischpanck“ bestand, dass unter anderem Herden von bis zu 300 Ochsen aus Böhmen und Ungarn auf den Schneeberg getrieben und nach und nach geschlachtet wurden. Nicht zu vergessen sind die typischen Schneeberger Krankheiten wie Silikose und Rheumatismus, die vielen Unfälle, hervorgerufen durch die Gefahren unter Tage aber besonders auch durch Schnee, Kälte und Lawinen. Und trotz allem war der Bergmann stolz auf seinen privilegierten Stand. Dies brachte er durch das Tragen der höfischen Tracht bei Festen und anderen Anlässen zum Ausdruck, was seinen direkten Bezug zum Hofe des Landesfürsten hervorhob.



Abb. 4

Die Knappensiedlung St. Martin am Schneeberg auf 2.055 m.

Die Stadt Sterzing erzielte ihren wirtschaftlichen und kulturellen Höchststand. Zeugen aus jener Zeit sind z. B. die prunkvolle Häuserkulisse durch die Neustadt, der gewaltige Bau der Pfarrkirche „Maria im Moos“ und die Knappenkirche St. Magdalena in Ridnaun mit dem kunstvollen Flügelaltar. Somit brachte der Schneeberg einer ganzen Region Reichtum aber auch große Mühsal. Ab der Mitte des 16. Jahrhunderts kam es zum Niedergang des Bergbaus in Tirol.

Ursachen dafür waren die Erschöpfung der Erzlager, die durch das notwendige Vortreiben der Stollen in immer größere Tiefen bedingte Verteuerung des Erzabbaus und die Entdeckung Amerikas, von wo nun verbilligtes Silber in großen Mengen importiert wurde. Viele Bergwerke wurden in den darauf folgenden Jahrhunderten geschlossen. In den Jahren von 1789 bis 1870 wurde auch am Schneeberg der Bergbau nur von den sogenannten „*Freischürflern*“ während der Sommermonate weiter betrieben.

Mittlerweile gelang es aber, ein bisher nicht nutzbares Erz - die Zinkblende - zu verhütten. Das eigentliche Haupterz des Schneeberges und bisher in großen Mengen als lästiges Nebengestein auf Halden gelagert, verhalf dem Bergwerk zu einem zweiten Höhenflug. Der Schneeberg rückte jetzt zur bedeutendsten Blei-Zink-Erzlagerstätte Tirols auf, mit einem geschätzten Zinkvorkommen von 80 Mill. Gulden. Die K.K. Bergwerksverwaltung reaktivierte den Bergbau in großem Stil. Die Knappensiedlung St. Martin wuchs zu einem beachtlichen Dorf heran, mit mehreren Wohn- und Betriebsgebäuden, einem Gasthaus, einer Kirche, einem Krankenhaus und sogar einer Volksschule (Abb. 4). In Maiern erbaute man eine für die damalige Zeit moderne Erz-Aufbereitungsanlage, hinzu kamen auch dort Betriebs- und Wohngebäude, Magazine, Werkstätten und anderes mehr (Abb. 5). Zwischen dem Schneeberg und dem Bahnhof in Sterzing kam es zum Bau der weltweit größten Erz-Übertage-Förderanlage auf Schienen.



Abb. 5
Maiern um 1910.

Nach dem 1. Weltkrieg waren es dann die italienischen Firmen SAIMT, AMMI und SAMIN, die - abgesehen von einer 6-jährigen Unterbrechung in den 30-er Jahren - das Bergwerk bis zum Jahre 1985 weiter führten. Sie modernisierten den Erztransport und die Aufbereitung: eine Materialeilbahn wurde errichtet und die Erzaufbereitungsanlage auf das Flotationsverfahren umgestellt.

Eine entscheidende Wende führte die Firma Ammi mit dem in den Jahren von 1962 bis 1967 realisierten Projekt herbei, das den Erzabbau direkt und ausschließlich von der Ridnauner Seite aus ermöglichen sollte. Zunächst ließ sie im Lazzacher Tal auf Höhe 2000 den Poschhausstollen 3,5 km in westliche Richtung bis zum Erzlager vortreiben. In der Folge errichtete sie bei der Erzaufbereitungsanlage in Maiern ein neues großes Verwaltungs- und Arbeiterwohnhaus. Eine Kabinenbahn verband die Aufbereitung mit dem Poschhausstollen. Somit waren die Voraussetzungen für das geplante Vorhaben geschaffen. Der Brand des Arbeiterwohnhauses in St. Martin am Schneeberg am 21. Juni 1967 führte dazu, dass die Knappen und Bergarbeiter endgültig nach Maiern übersiedelten - die alte Knappensiedlung war dem Verfall Preis gegeben. Die Lebens- und Arbeitsbedingungen der Knappen verbesserten sich dadurch sehr. Sie konnten nun in Maiern wohnen. Mit der Kabinenbahn fuhren sie täglich durch das Lazzachertal zum Poschhausstollen, anschließend mit der Grubenbahn zur Bergmannschicht vor Ort und danach wieder zurück ins Tal.

Trotzdem kam es bald zur Krise des Bergwerkes. Grund dafür waren die zu hohen Betriebskosten. Zu Weihnachten 1979 wurde der Erzabbau eingestellt. In den darauffolgenden Jahren versuchte die neue Betreiberfirma SAMIN durch den Vortrieb mehrerer Strecken und umfangreicher Probebohrungen auf Niveau 2000 bis 2060 die Ausmaße des verbliebenen Erzkörpers zu erforschen. Die Ergebnisse waren zwar mehr als zufriedenstellend und weisen auf noch reiche Erzvorkommen im Schneeberg hin. Trotzdem kam es im Mai 1985 zur Schließung des Bergwerkes. Zurück blieben ein Labyrinth von etwa 150 km Stollen, Schächten und Strecken sowie fast die gesamten Bergwerksanlagen über und unter Tage (Abb. 6).



Bereits im gleichen Jahr wurden Stimmen laut, welche den Erhalt der Bergwerksstruktur und die Umwandlung in ein Bergbaumuseum forderten, denen auch bald erste konkrete Schritte und Aktionen folgten. Heute steht das Bergwerk Schneeberg ohne Zweifel als einzigartige Struktur eines Besucherbergwerkes in den Alpen dar. Unzählige Anlagen sind zum Großteil sogar funktionstüchtig erhalten geblieben. Bergbau und dessen Entwicklung im Laufe von 800 Jahren können authentisch und in seiner Gesamtheit erlebt und nachvollzogen werden (Abb. 7).

*Abb. 6
Große Kaverne auf Sohle 2.060 m*



Abb. 7

Das Bergwerksmuseum mit Bremsberg, Erzbunker, Pochwerk, Flotation und Schienerhaus.

3. Der Erztransport

a) Saumtier, Sackzug und Karren

Der Transport des Erzes von den Gruben am Schneeberg auf über 2.300m Höhe zu den weit entfernten Schmelzhütten im Tal stellte die Bergbaubetreiber immer wieder vor neue Herausforderungen. Anfangs wurden die silberhaltigen Bleierze sehr wahrscheinlich in Schlitten oder in aneinander gehängten Säcken aus Sauhäuten (Sackzug) während des Winters in Richtung Passeier gezogen, da das Schneeberger Feinsilber in der Münze von Meran zum Prägen der Tiroler Adlergroschen und der Meraner Zwanziger gebraucht wurde.

Ab Mitte des 15. Jahrhunderts wurde der Schneeberg zu einem der Hauptlieferanten für Blei, das man in den Schmelzhütten im Unterinntal zum Ausbringen des Silbers aus den Schwazer Fahlerzen benötigte. Damit begann am Schneeberg ein beschwerlicher und kostenintensiver Erztransport in Richtung Norden. Das angereicherte Bleierz wurde in Ledersäcke gefüllt und mit Saumtieren über die 2.700 m hohe Schneebergscharte ins Lazzacher Tal gesäumt. Ab der heutigen Ruine des Poschhauses erfolgte der Weitertransport mit Radschleifen oder - bei Schnee - auf Schlitten. Die tiefen Fahrriillen auf dem Pflasterweg weisen heute noch darauf hin. Ein Teil des Erzes wurde in Ridnaun bei der „Hütte“ unterhalb des heutigen Sonklarhofes und in den Schmelzhütten bei Sterzing geschmolzen.

Der größere Teil wurde aber von Pferden in schweren, vierrädrigen Wagen über den Brenner bis nach Matrei und dann weiter auf der alten Salzstraße über Ellbögen und Patsch bis nach Hall gezogen. Ab hier erfolgte der Weitertransport in floßähnlichen Schiffen auf dem Inn bis zu den Schmelzhütten bei Brixlegg, Jenbach und Rattenberg. Die Samer und Fuhrleute waren ausschließlich Bauern aus Ridnaun, Sterzing und Passeier. Sie schlossen mit den Gewerken Verträge auf meistens fünf Jahre und belieferten den Schneeberg auch mit dem nötigen Bau- und Grubenholz, mit Holzkohle und sonstigem Bedarf wie Beleuchtungsmaterial und Lebensmitteln.

b) Die Schiene

Die Eisenbahn leitete eine Revolution im gesamten Transportwesen ein. Ab 1867 fuhr sie erstmals über den Brenner und es lag nun nahe, ab Sterzing die Eisenbahn für den Transport zu nutzen. Im Zuge des beginnenden Zinkabbaus wagten sich kühne Fachleute 1871 an den Bau der weltweit größten Erz-Übertage-Förderanlage auf Schienen, welche vom Bahnhof in Sterzing (962 m) durch das Ridnaun- und Lazzachertal hinauf zum Kaindlstollen (2.530 m), hinüber ins Passeier und hinab bis zu den tiefsten Gruben in Seemoos am Schneeberg (2.187 m) reichte. Um die unterschiedlichsten Berg- und Talformen und Höhenunterschiede zu überwinden, baute man 8 sogenannte Bremsberge bzw. Wassertonnenaufzüge, auf denen das Erz über steilste Hänge nach oben gezogen bzw. nach unten gebremst wurde. Der Transport funktionierte nur mit Gegenfracht, wofür man Wasser oder die am Schneeberg benötigten Verbrauchsgüter auflud. Von einem Bremsberg zum anderen zogen Pferde auf ebenfalls 8 annähernd horizontalen Rollbahnen die Wagen über die Schienen. An strategisch günstig gelegenen Stellen entlang der Transportanlage wurden 8 massive Erzkästen zur Zwischenlagerung der Erze erbaut. Die gesamte Anlage war 27 km lang, überwand einen Höhenunterschied von rund 1900m und war zur Gänze in Trockenmauerwerk ausgeführt (Abb. 8). Ab Mareit ist die Erztransportanlage heute noch nahezu lückenlos nachvollziehbar. Ihr entlang führt ein Lehrpfad mit Informationstafeln. Die einzelnen Bremsberge und Pferdebahnstrecken werden zur Zeit in Zusammenarbeit mit der Forstbehörde saniert.

c) die Seilbahn

Nach dem ersten Weltkrieg übernahm die italienische Firma SAIMT das Bergwerk. Im Jahr 1926 stellte sie den Erztransport auf die Seilbahn um. Diese führte vom Schneeberg über die Schneebergscharte zur Aufbereitung nach Maiern und von dort weiter bis nach Mareit. Von da an war der Erztransport das ganze Jahr über möglich. Ab dem Jahr 1965 führte erstmals eine gut ausgebaute Straße bis nach Maiern, weshalb das Erzkonzentrat mit großen LKW's direkt von der Erzaufbereitung zum Bahnhof in Sterzing transportiert wurde. Der Seilbahnabschnitt Maiern-Mareit erübrigte sich damit und wurde abgetragen.

d) der Verbindungsstollen

Die letzte Phase des Erztransports begann zugleich mit der Übersiedelung der Knappenbelegschaft von St. Martin nach Maiern. 1967 hatte man das Erzlager durch den vom Lazzacher Tal aus vorgetriebenen Poschhausstollen erreicht. Somit erfolgte der Transport nicht mehr über den Berg, sondern unter Tage bis zu einer neu errichteten Brechanlage mit geräumigem Erzsilo auf Höhe 2.000 m im Lazzachertal. Von dort brachte die Materialeilbahn das Haufwerk zur Aufbereitung nach Maiern. Die Seilbahn über den Berg hatte ausgedient und endlich konnte der problematische und sehr anfällige Abschnitt über den 2.700 m hohen Berggrat vermieden werden.

Die beiden Seilbahnen, Material- und Kabinenbahn, sind als Zeugen des ehemaligen Material- und Personentransportes erhalten geblieben. Sie prägen zusammen mit der Schienenförderanlage das Erscheinungsbild des Lazzachertales. Dank der Initiative des Museums begegnet der aufmerksame Wanderer noch heute den unzähligen Resten und Spuren der Transportmethoden, vom Saumtier bis zur Seil- und Grubenbahn.



Abb. 8

Letztes Teilstück der Schienenanlage mit dem Bremsberg bei der Aufbereitungsanlage.

4. Das Grubengebäude: ein dreidimensionales Computermodell gibt Auskunft

Im Jahr 1999 wurden im Rahmen eines Projekts alle Stollen, Strecken, Schächte und Schrägaufbrüche, welche am Schneeberg im Laufe des 800 Jahre währenden Erzabbaues geschlagen wurden, in einem digitalen dreidimensionalen Computermodell erfasst und dargestellt. Der größte Teil dieses Labyrinths ist heute nicht mehr zugänglich und kann daher auch nicht mittels genauer Vermessungsmethoden lokalisiert werden. Um das Computermodell in AutoCAD 2000 zu erstellen, wurden daher etwa 320 Grubenkarten aus dem Archiv des Landesbergbaumuseums Ridnaun/Schneeberg verwendet. Die Stollenpläne wurden auf einem Digitizer (elektronisches Tablett oder Zeichenbrett) aufgespannt und Punkt für Punkt in den Rechner übertragen. Dadurch erhält man zunächst eine zweidimensionale Abbildung. Den einzelnen Grubenabschnitten wurde dann eine Höhe (Meereshöhe) und - falls vorhanden - ein Gefälle zugewiesen.

Das für das Modell verwendete Koordinatensystem ist in x- und y-Richtung identisch mit jenem, welches am Schneeberg ab dem 19. Jahrhundert verwendet wurde. Dabei ist der Nullpunkt jene Pyramide, welche noch heute vor dem ehemaligen Verwaltungsgebäude (heutiges Schutzhaus) in St. Martin am Schneeberg steht. In z-Richtung, das heißt in der Höhe, wurde aus Gründen der Kongruität die Meereshöhe verwendet.



Abb. 9
Situation der Baue am Schneeberg.

Die Stollen, Strecken, Schächte und Schrägaufbrüche sind im Computermodell nicht als Röhren vorhanden, es wurde lediglich die Achse der Stollen eingelesen. Da die verwendeten Grubenrisse teilweise aus dem 18. Jh. stammen und oftmals auch das Papier nicht mehr im besten Zustand ist, kann die Genauigkeit nicht allzu hoch angesetzt werden. Die Höhe (Meereshöhe) der verschiedenen Strecken ist in den Grubenrisse nur sehr ungenau beschrieben. Zum Teil sind sie auf Plänen aus unterschiedlichen Zeitperioden verschieden angegeben, wodurch die genaue Höhenlage und das Gefälle sehr schwer zugeordnet werden konnte. Die größten Ungenauigkeiten liegen daher in diesem Bereich (Abb. 9). Das 3D-Modell umfasst das ganze Schneeberger Grubengebäude und ermöglicht dadurch erstmals einen Gesamtüberblick über die Ausmaße dieses ausgedehnten und stark verzweigten Stollenlabyrinths. Bis dahin hatte man angenommen, dass etwa 100 Hauptstollen das Bergwerk Schneeberg erschließen. Die erstmalige Zusammenstellung aller Grubenrisse ergab ein Netz von ca. 400 bis 450 großen Stollen, Strecken und Schächten. Zählt man alle auch noch so kurzen Vortriebe – Verzweigungen ausgenommen – zusammen, so kommt man sogar auf 1000.

Insgesamt umfasst die dreidimensionale AutoCAD-Grafik ca. 400 horizontale Stollen und Strecken, ca. 400 Schrägaufbrüche, ca. 50 Schächte und um die 130 Stollenmundlöcher. Die Gesamtlänge der Stollen beläuft sich dabei auf 93,120 km. Für eine bessere Orientierung wurden 20 Gebäude sowie der Berggrat zwischen Ridnaun und Passeier mit dem Kaindljoch (Schneebergsscharte) und der Lehrpfad vom Poschhaus zum Mundloch des Karlstollens ebenfalls eingetragen (Abb. 10).

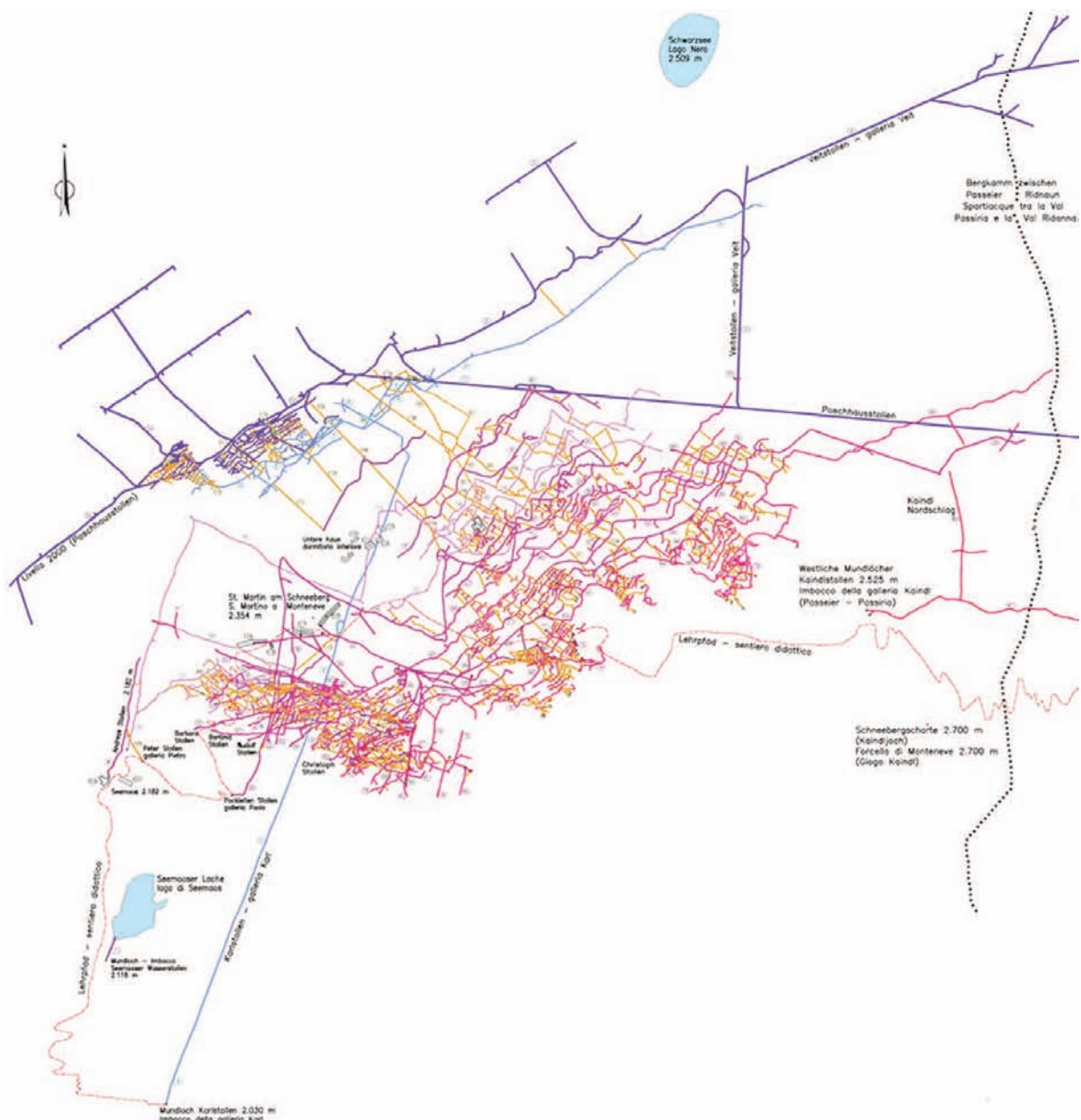


Abb. 10

Grubenriss des Bergbaues am Schneeberg. Die Förderstrecken sind violett und blau ausgehalten. Die blauen Grubenteile sind die tiefsten. Jene Strecken mit dem höchsten Rotanteil sind die höchsten und somit auch die ältesten. Die Schrägaufbrüche, welche den Erzkörpern folgen, sind orange.

Neben einer Gesamtübersicht der Stollen am Schneeberg sind durch dieses Projekt auch 182 teilweise schon in Vergessenheit geratene Stollennamen wieder entdeckt worden. Diese Informationen sind im Modell berücksichtigt, indem die betreffenden Gruben mit dem jeweiligen Namen auf verschiedenen Ebenen (layer) gespeichert wurden. Dies hat zudem den Vorteil, dass die einzelnen Baue isoliert betrachtet werden können. Darüber hinaus ist es möglich, Eigenschaften wie Längen, Höhenunterschiede, Überdeckung und Positionsbestimmung in Bezug auf die Oberfläche abzufragen (Abb. 11).

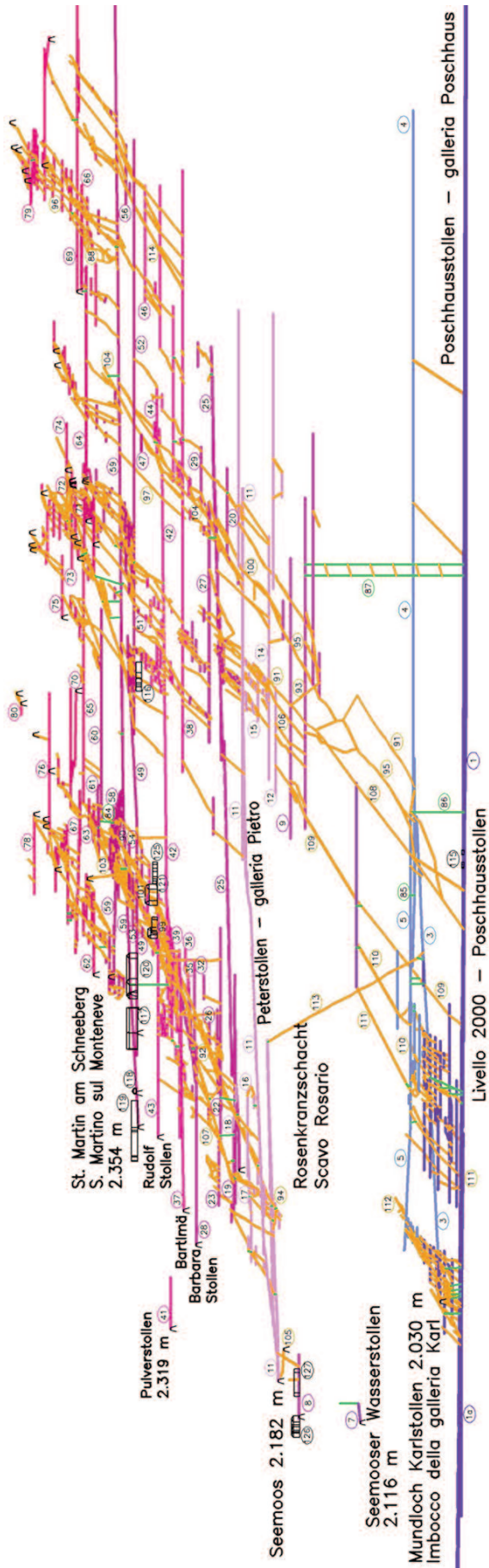


Abb. 11

Saigerschnitt durch den Schneeberger Grubenkörper. Die orangen Schrägaufbrüche vom höchsten zum tiefsten Abbau markieren das mit rund 30° mittelsteile Einfallen nach NNW der ENE-WSW streichenden Pb-Zn-Erzlager.

Auch wenn alle Grubenrisse aus dem Archiv des Südtiroler Bergbaumuseums Ridnaun/Schneeberg verwendet wurden, ist der dreidimensionale Grubenplan noch nicht komplett. Bei gefährlichen Begehungen schwer zugänglicher Bereiche, stößt man immer wieder auf Vortriebsstrecken, die auf keinem bisher bekannten Plan aufscheinen. Das weist darauf hin, dass der Schneeberg zwischen dem Ridnaun- und dem Passeiertal noch mehr, ja vielleicht noch sehr viel mehr, zu bieten hat. Schätzungen und mündliche Überlieferungen von ehemaligen Knappen lassen auf eine Gesamtlänge des Grubengebäudes von 130 bis 150 km schließen.

Durch dieses dreidimensionale Modell war es erstmals möglich, die Erzabbau und damit die Erzkörper detailliert zu rekonstruieren. Es wurden nämlich ca. 30° nach NNW fallende und ENE-WSW streichende, schieferungsparallele, z. T. verfaltete Erzlager abgebaut. Damit konnten die historisch belegten Begriffe Hangendgang, Liegendgang und Kreuztrum bestätigt und geometrisch und geographisch zugeordnet werden.

5. Geologischer Rahmen

Die lager- bis linsenförmigen Pb-Zn-Erzanreicherungen liegen großteils schichtgebunden sowie schieferungs- und stoffkonkordant z.T. aber auch diskordant in prävariszischen Metasedimenten des obersten Abschnittes des Ötztal-Stubaikristallins. Es wird im Liegenden tektonisch von der sog. „Bunten Randserie“ des Schneeberger Zuges, einer aus Granatglimmerschiefern, Quarziten, Marmoren, Amphiboliten und Hornblendeschiefern aufgebauten, rd. 100 m mächtigen Abfolge begrenzt. Im Hangenden liegen parautochthon Reste des Brenner Mesozoikums. Dieses besteht aus permischen Konglomeratgneisen (metamorpher Verrucano bzw. Äquivalente der Grödner Schichten) und auflagernden karbonatischen Sedimenten der mittleren Trias (Gürtelwand 2.836 m, Schneeberger Weissen 2.972 m, Schwarzsee Spitze 2.989 m und Moarer Weissen 2.792 m, Abb. 12).

Bei den variszisch und alpidisch metamorphen Erzträgergesteinen des Ötztal-Stubai-Kristallins, die im Bereich des Schneeberges mit 60 – 70° ENE-WSW streichen und mit 30 – 35° nach NNW einfallen, handelt es sich um eine monotone Metasedimentabfolge altpaläozoischen Alters aus Biotit-, Muskowit- und z.T. auch Granat-führenden Paragneisen und Glimmerschiefern (Biotitporphyroblastenschiefer). In konkordanter Wechsellagerung sind saure Metavulkanite - quarzitisches muskowitzische Augengneise - und mitunter auch basische Metavulkanite - Amphibolite - zwischengeschaltet (Abb. 12). Radiometrische Altersdatierungen an migmatitischen S-Typ Graniten des Ötztals ergaben Werte zwischen 470 und 420 Ma, die als Intrusionsalter gedeutet werden (HOINKES & THÖNI, 1993). Beim Metabasitkomplex im Abschnitt des mittleren Ötztals um Längenfeld handelt es sich nach MILLER & THÖNI (1995) um reliktsch erhaltene altpaläozoische Ophiolite mit einem Alter von ca. 530 Ma.

Aus den Gesteinsparagenesen des Ötztal-Stubai-Kristallins werden mehrere Metamorphosen abgeleitet. Die älteste wird dem kaledonischen Zyklus zugeschrieben und ist durch lokale Bildung von Migmatiten belegt.

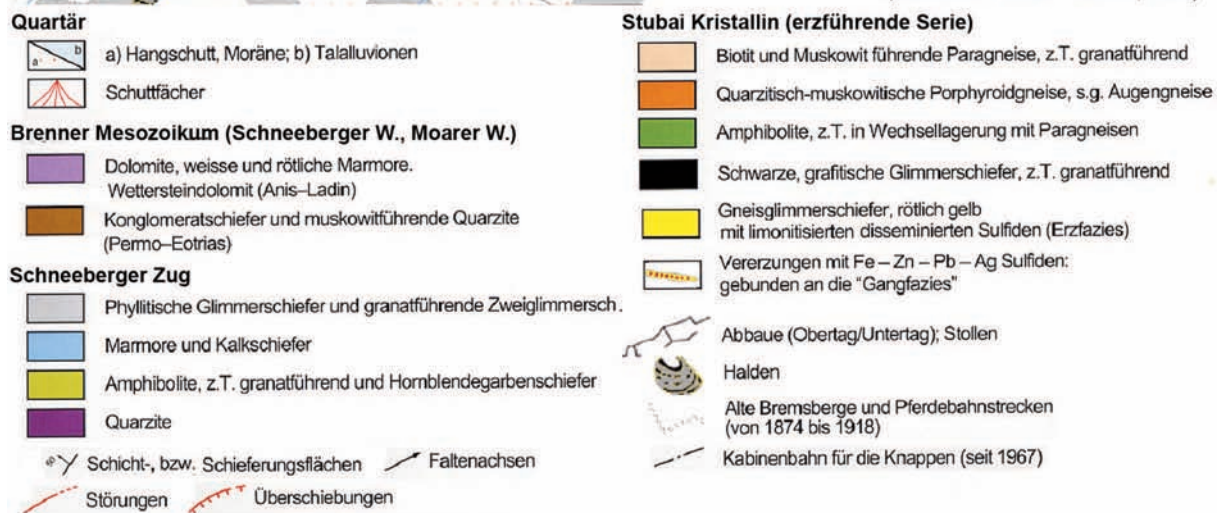
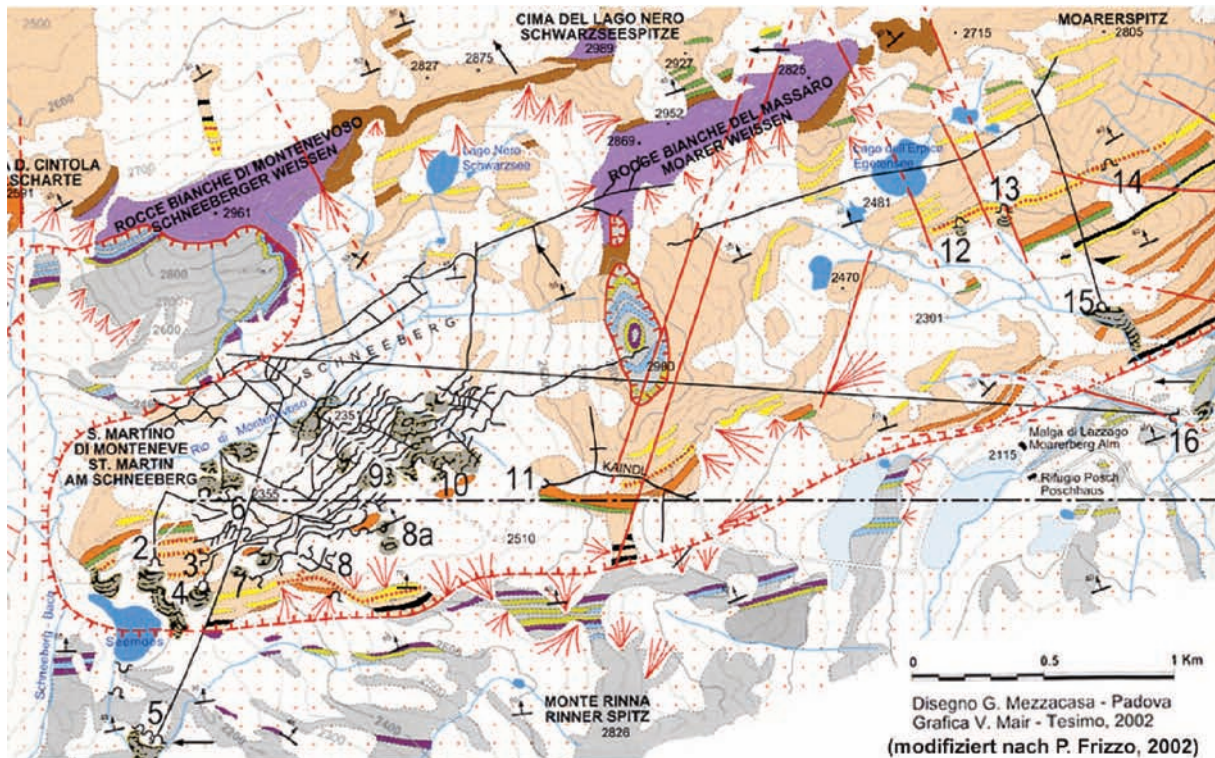
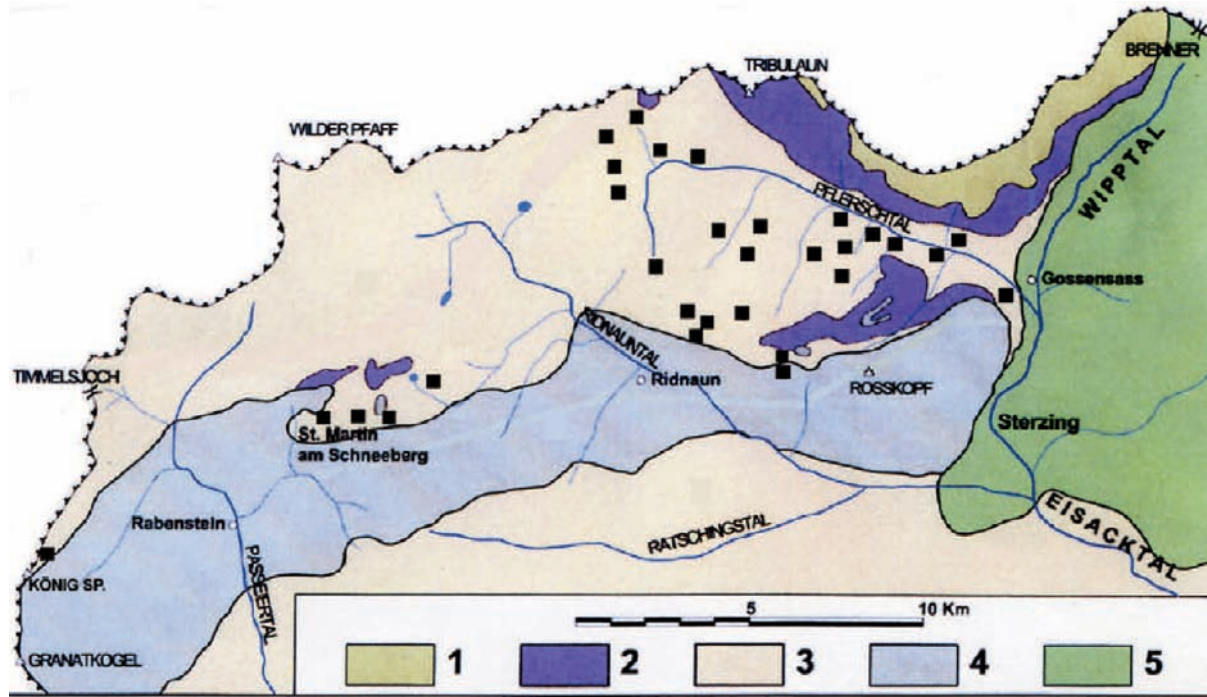


Abb. 12

Ausschnitt aus der Geologisch-Lagerstättenkundlichen Karte des Verzungsdistrikts St. Martin am Schneeberg – Pflersch (modifiziert nach FRIZZO, 2002).

Eine besonders im zentralen Bereich des Kristallins gut belegte, variszische, eklogitfazielle Hochdruck-Metamorphose bei 690°C und ≥ 14 kb (HOINKES et al., 1982; MOGESSIE et al., 1986; HOINKES & THÖNI, 1993; MILLER & THÖNI, 1995) prägte das gesamte zentrale und nördliche Ötztal-Stubai-Kristallin. Im südlichen Ötztal-Stubai-Kristallin ist das Temperaturmaximum dieser Metamorphose zwischen 360 und 340 Ma bestimmt, und zwar bei amphibolitfaziellen Bedingungen von rund 650°C und 7 kb.

Eine eo-alpine (kretazische) Metamorphose ist im gesamten Kristallin zwischen dem Inntal im Norden und dem Vinschgau im Süden nachgewiesen. Sie erreicht im Texel-Komplex, im süd-westlichen Schneeberger Zug und im angrenzenden Stubai-Kristallin mit 550° bis 600°C und ≥ 11 kb eklogitfaziale Bedingungen. Die Intensität dieser Metamorphose nimmt nach NW stetig ab und erreicht im Bereich der Ortler Gruppe $< 350^\circ$ C (HOINKES et al., 1986, 1991; THÖNI, 1981).



Ostalpin: 1 Steinacher Decke
 2 Schneeberger-, Moarer-, Telfer Weissen, Pflerscher Tribulaun
 3 Ötztal-Stubai-Kristallin, Meran-Mauls-Komplex
 4 Schneeberger Zug
 ■ ■ ■ Erzvorkommen
 Penninikum: 5 Tauernfenster

Abb. 13

Pb-Zn-Erzlagerstätten am Schneeberg und im Pflerschtal (modifiziert nach FRIZZO 2002).

In den Gesteinen des Schneeberger Zuges, direkt südlich an das Erzrevier angrenzend, gibt es bis jetzt nur Hinweise auf eine eo-alpidische Metamorphose. Daher wird auf eine postvariszische, jedoch präalpidische Platznahme des Schneeberger Zuges geschlossen.

Durch Obertageausbisse und untertägige Ausfahrungen sind die erzführenden Horizonte in einer streichenden Erstreckung auf rund 4 km vom Schneeberger Bach im Westen bis zum Lazzacher Bach im Osten nachgewiesen (Abb. 12). Allerdings nicht in Form eines zusammenhängenden, erzführenden Horizontes, sondern immer wieder unterbrochen durch Vertaubungen und versetzt im Meter- bis Meterzehnerbereich durch NNE-SSW-, NNW-SSE- sowie WNW-ESE-streichende Querstörungen.

Im mittelsteilen NNW Einfallen der Schichten ist die Pb-Zn-Vererzung vom Schneeberg von den höchst gelegenen Abbauen auf rund 2.500 m bis zu den tiefsten Abbauorten auf rund 2.000 m auf eine sog. flache Länge von ca. 900 m aufgeschlossen, wie am Verlauf der Schrägaufbrüche in Abb. 11 deutlich zu erkennen ist.

Durch Erkundungsbohrungen in den letzten Betriebsjahren des Bergbaues wurde die Erzführung bis ca. 200 m unter dem tiefsten Abbauniveau nachgewiesen, jedoch mit relativ geringen Metallgehalten (BAUMGARTEN et al., 1998). Beim Grubenrevier Schneeberg handelt es sich somit um das flächenmäßig größte Bergrevier von Tirol.

Auf lithostratigraphisch und auch genetisch sehr wahrscheinlich äquivalente Pb-Zn-Erzanreicherungen, wie wir sie vom Schneeberg kennen, trifft man dann wieder im Ridnauntal, so etwa am Südhang der Telfer Weissen (2.588 m) oder am N- und S-Gehänge des Pflerschtals (Abb. 13). Auch dort wurde vermutlich schon seit dem Ende des 13. Jahrhunderts mit Unterbrechungen bis zur endgültigen Schliessung im Jahr 1971 Pb-Zn-Erzbergbau betrieben.

6. Erzparagenese, Erzträgergestein, Makro- und Mikrogefüge der Vererzung

Von den Haupt- und Nebengemengteilen, Akzessorien, Oxidations- sowie Gangartmineralen, die am Aufbau der mineralogisch sehr umfangreichen Erzparagenese (Tab. 1) beteiligt sind, existieren zahlreiche Beschreibungen sowie z.T. ausführliche auflichtmikroskopische Untersuchungen. So u.a. von v. SPERGES (1821), v. BEUST (1870), POSEPNY (1879), BREZINA (1880), v. ELTERLEIN (1891), GRANIGG (1908), GASSER (1913), CLAR (1931), FÖRSTER (1963, 1969), BRIGO (1965), SCHMITZ (1971), PAGEL (1975), FRIZZO et al. (1982), FRIZZO (1983).

Die Hauptgemengteile Sphalerit, Galenit, Pyrrhotin und Chalkopyrit sind in der anstehenden Vererzung bzw. auf Halden auch makroskopisch zu bestimmen. Dies gilt in seltenen Fällen auch für die Nebengemengteile Pyrit, Arsenopyrit und Magnetit. Alle anderen Erzminerale sei es Sulfide, Sulfosalze, Oxide oder ged. Elemente sind nur als Akzessorien oder in Spuren vertreten und deshalb auch nur mikroskopisch oder diffraktometrisch nachweisbar. Davon wurden von SCHMITZ (1971) und PAGEL (1975) u.a. Ag-Tetraedrit, Dyskrasit, Polybasit, Pyrargyrit, Gudmundit, Ullmannit, Linneit, ged. Wismut, Boulangerit und Jamesonit mineralchemisch mit der Mikrosonde bestimmt. Meneghinit, Schneebergit bzw. Romeit und einige, z.T. seltene Sekundärminerale wie z.B. die Cu-Sulphate Brochantit, Copiapit, Devellin, Linarit, Posnjakit und Wroewolfeit wurden von MAIR (1996) sowie MAIR & BAUMGARTEN (1997) röntgenographisch nachgewiesen bzw. bestätigt. Auch die Gangartparagenese ist auf Grund metamorpher Um- und Neukristallisationen sehr umfangreich. Sie setzt sich u.a. zusammen aus Quarz, Kalzit, Siderit, Dolomit, Ankerit, Magnesit, Grossular, Andradit, Tremolit-Ferroaktinolith Mischgliedern, Anthophyllit, Hornblende, Plagioklasen, Biotit, Manganophyllit, Muskowit, Pennin, Chrysotil, Antigorit und Turmalin.

Die Erzführung ist im Wesentlichen an zwei Horizonte in den vormals sandig-tonigen, grob- bis feinklastischen, alt- bis mittelpaläozoischen Metasedimenten des Ötztal-Stubai-Kristallins gebunden. Sie tritt sowohl im Liegenden als auch im Hangenden von quarzitisches-muskowitischen Augengneisen (Porphyroidgneisen auct.) und Amphiboliten auf (Abb. 12). Als charakteristische Zwischenschaltungen in dieser rund 100 m mächtigen erzführenden Serie werden am Schneeberg immer wieder grafitische und z.T. granatführende Glimmerschiefer (Abb. 14) erwähnt, die an der Schneeberg Scharte, südlich vom Kaindl Stollen, eine Mächtigkeit von über 20 m erreichen (Abb. 12).

Erzminerale			
Elemente	Sulfide	Sulfosalze	Oxide/Hydroxide
Gold	Sphalerit ZnS	Dyskrasit Ag ₃ Sb	Gahnit ZnAl ₂ O ₃
Silber	Galena PbS	Greenockit CdS	Ilmenit FeTiO ₃
Wismut	Pyrrhotin FeS	Gudmundit FeSbS	Magnetit Fe ₃ O ₄
	Chalkopyrit Cu FeS ₂	Mackinawit (Fe,Ni,Co)S	<i>Massicotit</i> PbO
	Antimonit Sb ₂ S ₃	Markasit FeS ₂	Rutil/Anatas TiO ₂
	Arsenopyrit FeAsS	Molybdänit MoS ₂	<i>Goethit</i> FeOOH
	Bornit Cu ₅ FeS ₄	Pyrit FeS ₂	<i>Lepidokrokit</i> FeOOH
	Breithauptit NiSb	Siegenit (Co,Ni) ₃ S ₄	Pyrochroit Mn(OH) ₂
	Chalkosin Cu ₂ S	Skutterudit (Co,Ni)As ₃	
	Cobaltin CoAsS	Stannin Cu ₂ FeSnS ₄	
	Covellin CuS	Ullmannit NiSbS	
	Cubanit CuFe ₂ S ₃	Vallerit CuFeS ₂	
Nichterzminerale			
Elemente	Oxide und Hydroxide	Sulfate	Silikate
Graphit C	Quarz SiO ₂	<i>Anglesit</i> PbSO ₄	Albit Na[AlSi ₃ O ₈]
	Schneebergit (Ca,Fe,Mn,Na) ₂ (Sb,Ti) ₂ O ₆ (O,OH,F)	Anhydrit CaSO ₄	Tremolit - Aktinolith Ca ₂ (Mg,Fe) ₅ [(OH) ₂ /Si ₈ O ₂₂]
	Karbonate	Baryt BaSO ₄	(Mg,Fe) ₇ [(OH) ₂ /Si ₈ O ₂₂]
	Ankerit Ca(Fe,Mg,Mn)(CO ₃) ₂	<i>Brochantit</i> Cu ₄ (SO ₄)(OH) ₆	Biotit K(Mg,Fe) ₃ [(OH,F) ₂ /(Al,Fe)Si ₃ O ₁₀]
	<i>Aurichalcit</i> (Zn,Cu) ₅ (CO ₃) ₂ (OH) ₆	<i>Copiapit</i> Fe ₅ (SO ₄)(OH) ₂ ·20H ₂ O	Muskowit Fe ₃ Al ₂ (OH,F) ₂ /AlSi ₃ O ₁₀]
	<i>Azurit</i> Cu ₃ (CO ₃) ₂ (OH) ₂	<i>Devellin</i> CaCu ₄ (SO ₄) ₂ (OH) ₆ ·3H ₂ O	Almandin Fe ₃ Al ₂ (SiO ₄) ₃
	Calcit CaCO ₃	<i>Gips</i> CaSO ₄ ·2H ₂ O	Andradit Ca ₃ Fe ₂ (SiO ₄) ₃
	<i>Cerrusit</i> PbCO ₃	<i>Linarit</i> PbCu(SO ₄)(OH) ₂	Grossular Ca ₃ Al ₂ (SiO ₄) ₃
	Dolomit CaMg(CO ₃) ₂	<i>Melanterit</i> FeSO ₄ ·7H ₂ O	Pennin (Mg,Fe) ₃ Al[(OH) ₈ /AlSi ₃ O ₁₀]
	<i>Hydrozinkit</i> Zn ₅ (CO ₃) ₂ (OH) ₆	<i>Posnjakit</i> Cu(SO ₄)(OH) ₆ ·H ₂ O	Mg ₄ [(OH) ₂ /Si ₆ O ₁₅]·6H ₂ O
	Magnesit MgCO ₃	<i>Wroewolffit</i> Cu ₄ (SO ₄)(OH) ₆ ·2H ₂ O	Mg ₆ [(OH) ₈ /Si ₄ O ₁₀]
	<i>Malachit</i> Cu(CO ₃)(OH) ₂	Phosphate und Arsenate	(Mg,Fe) ₆ [(OH) ₈ /Si ₄ O ₁₀]
	Siderit FeCO ₃	Apatit Ca ₅ (PO ₄)(OH)	NaFe ₃ Al ₆ [(OH) ₄ /(BO ₃) ₃ /Si ₆ O ₁₈]
	<i>Smithonit</i> ZnCO ₃	<i>Vivianit</i> Fe ₃ (PO ₄) ₂ ·8H ₂ O	CuSiO ₃ +aq.
		<i>Klinoklas</i> Cu ₃ (AsO ₄)(OH) ₃	Zn ₄ [(OH) ₂ /Si ₂ O ₇]·H ₂ O

Tab. 1

Tabellarische Übersicht der Erzparagenese vom Schneeberg: Hauptgemengteile (fett), Nebengemengteile, Akzessorien und Gangartminerale (normal), Oxidationsminerale (kursiv).



Abb. 14

Graphitischer Granat-Glimmerschiefer mit alpidisch-metamorphogenen Quarz-Karbonat-Granat-Kristalloblasten = Gangfazies („filone“-fazies) als typischer Leithorizont der massiven Sulfidierzörper (aus BAUMGARTEN et al. 1998).

Diese vulkano-sedimentäre Abfolge aus Metapsammiten, Metapeliten und sauren z.T. auch basischen Metavulkaniten soll während einer intensiven, altpaläozoischen, geodynamischen Aktivität mit Krustenextension abgelagert worden sein. Diese Aktivität könnte mit den von MILLER & THÖNI (1995) für die tholeiitischen Protolithe der Eklogite des zentralen Ötztals propagierten Alter um 530 Ma korreliert werden. In mittelbarem Zusammenhang mit diesem ausgedehnten prävariszischen magmatischen Geschehen (BORSI et al., 1973; SASSI et al., 1980) soll es zu einer submarinen, hydrothermal-sedimentären Metallzufuhr in den damaligen Meeresboden gekommen sein und damit sowohl zur Bildung massiver, zwischen einem bis max. sechs Meter mächtiger Pb-Zn±Cu-Sulfidierzkörper, als auch zur Bildung disseminierter Pb-Zn±Cu-Sulfidvererzungen im Dezimeter- bis Meter-Bereich (FRIZZO, 1983). Die disseminierten Vererzungen treten teils begleitend um die massiven Sulfidierzkörper teils auch ohne diese auf (Abb. 12).

Die massiven Sulfidierzkörper wurden von den Bergleuten als „Gänge“ bezeichnet. So werden mehrere „Gänge“ beschrieben, wobei die drei wichtigsten, der sog. Hangengang, der sog. Liegendgang und das spitzwinkelig zu beiden verlaufende sog. Kreuztrum sind. Beim Hangengang mit Mächtigkeiten bis zu 6 m handelt es in sich Wirklichkeit um zwei voneinander durch eine Vertaubungszone getrennte Erzlager. Der westliche Erzkörper tritt im Liegenden, der östliche im Hangenden des Augengneises auf (Abb. 12). Der bis zu 4 m mächtige Liegendgang soll hingegen öfter diskordant zum stofflichen Lagenbau verlaufen (BAUMGARTEN et al., 1998).

Das sog. Kreuztrum, welches zwischen Hangend- und Liegendgang in E-W-Richtung streicht, soll nach den Beschreibungen aus zwei linealförmigen Reicherzonen bestehen, welche den Hangend- und Liegendgang verbinden. Unklar ist nach wie vor, ob es sich bei den „Gängen“ um ein und dasselbe steilachsigt verfaltete, oder ob es sich um drei separate übereinander liegende Erz-lager handelt. Die Bezeichnung „Gang“ (italienisch „filone“) als rein formale Beschreibung von diskordanten Mineralisationen, ist für die großteils schieferungskonkordanten Erz-Lager und -Linsen vom Schneeberg irreführend.

Im Zusammenhang mit den variszischen und alpidischen, tektono-metamorphen, paragenetischen und strukturellen gemeinsamen Überprägungen von Erz und Erzträgergestein kam es zu isochemischen Umkristallisationen und Mineralneubildungen sowie zu lokal begrenzten Stoffumlagerungen in jetzt z.T. schieferungsdiskordante Positionen. Dabei wurden die Primärgefüge weitgehend, aber nicht völlig zerstört. Aussagekräftige Beispiele für metamorphogene Abbildungskristallisationen primärer Gefügerelikte, die trotz isochemischer Umkristallisation, Mineralneubildung und mechanischer Durchbewegung einen gemeinsamen primären Schichtaufbau von Sediment- und Erz-Mineralen erkennen lassen, beschreibt PAGEL (1975). So etwa aus dem Revier SW (2000 m) einen Feinlagenbau bestehend aus Arsenopyrit- und Quarz-reichen Laminae, oder auch aus dem sog. Alten Lager (2060-m-Sole), wo Pyrit- und Quarz-reiche Millimeterrhythmite möglicherweise eine kristalline Nachbildung der primären Schichtung darstellen (PAGEL, 1975). In der Regel kommt Pyrit jedoch nur akzessorisch, mitunter auch als Verdrängungsrest in anderen Sulfiden wie z.B. im Chalkopyrit vor (Abb. 15). Das weitgehende Fehlen von Pyrit in der Erzparagenese könnte u.a. mit seiner metamorphen Umbildung zu Pyrrhotin und weiter zu Magnetit zusammenhängen. Auf einen prämetamorphen, ursprünglich sedimentären Schichtaufbau weisen auch postkristallin überprägte Sphalerit- und Galenit-Gefüge mit ihrem feinflaminaren Wechsel von Erz und erzfreien Lagen hin (Abb. 16 a, b, c).

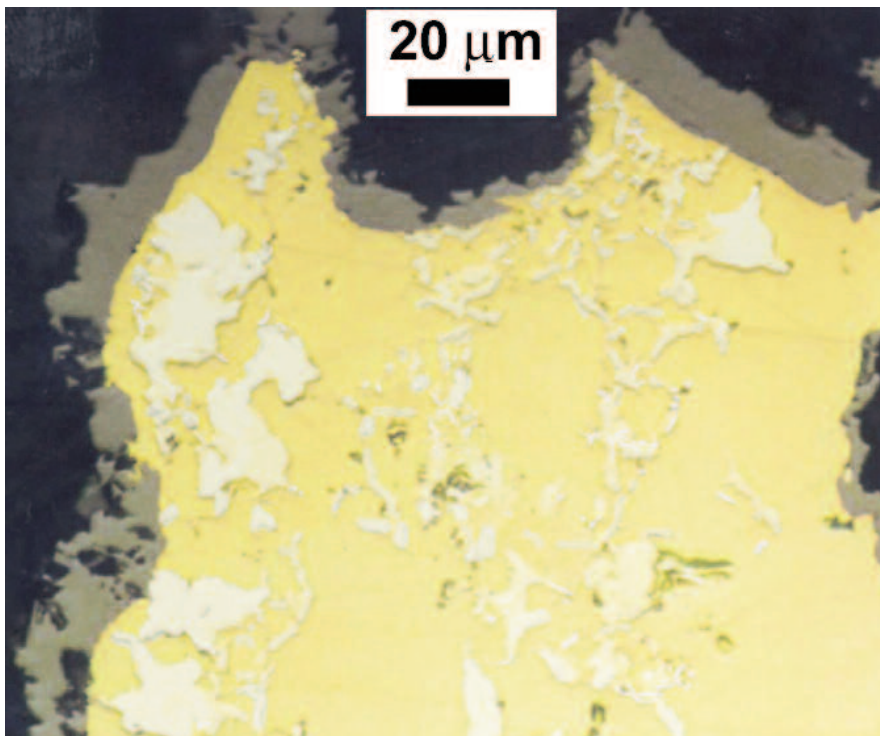


Abb. 15

Chalkopyrit (gelb) mit Pyrit-Verdrängungsresten (weißgelb) wird umkrustet von Magnetit (grau). Pol. Anschl., Ölimersion, 1 Nic.

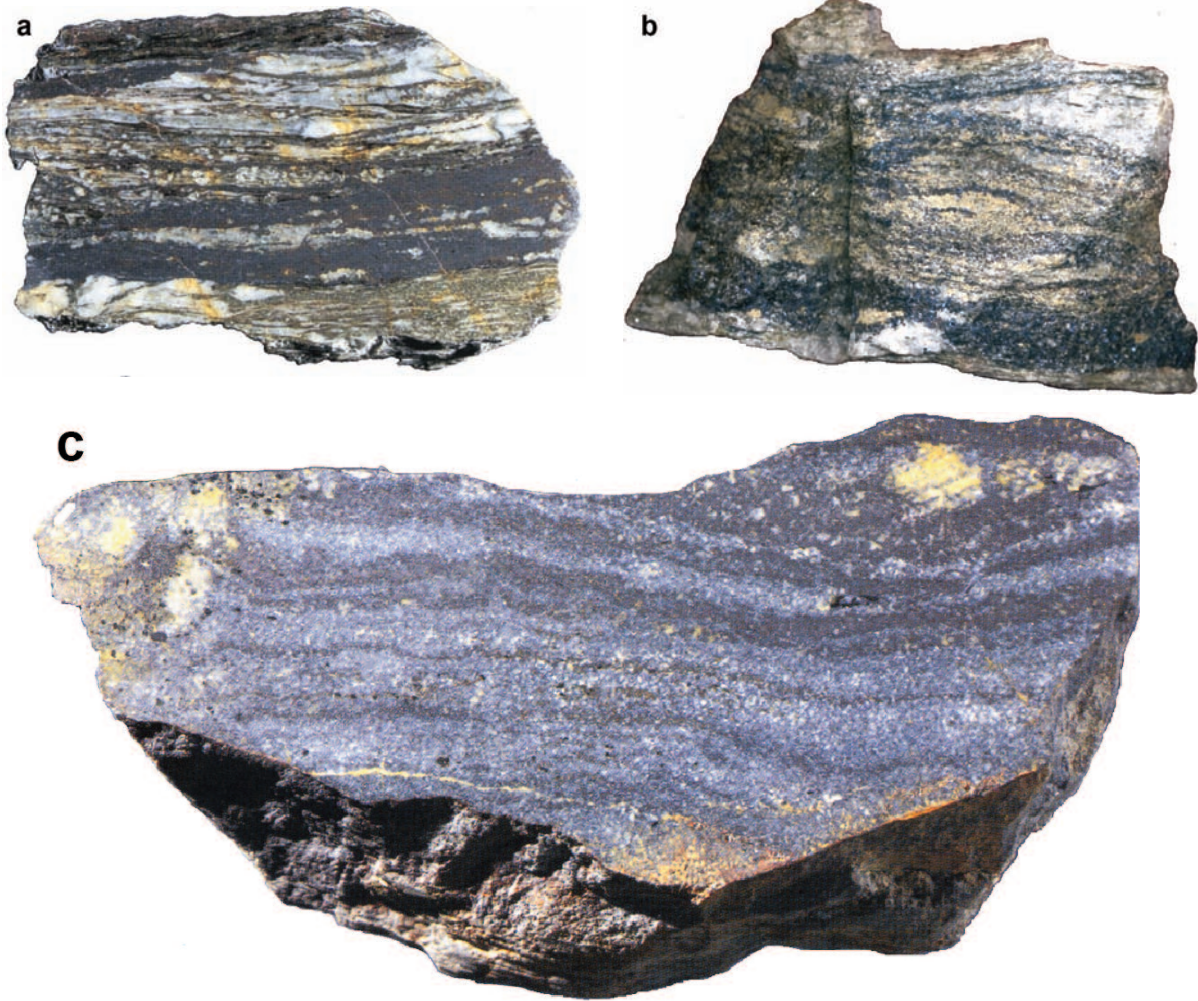


Abb. 16a

Durchbewegte Galenitfeilagen (dunkelgrau) in Wechsellagerung mit ausgewalzten quarzitischen Knauern und Lagen aus der sog. „filone“-Fazies. Polierter Anschliff, Länge ca. 30 cm (aus BAUMGARTEN et al., 1998).

Abb. 16b

Verschieferte, wenige Millimeter bis Zentimeter dicke Sphaleritfeilagen (blau angelaufen) in Wechsellagerung mit karbonatischer Gangart (gelbbraun) und Quarzitknauern (weiß). Handstück, Länge ca. 14 cm. Lagerstätten-sammlung, Institut f. Mineralogie und Petrographie, Universität Innsbruck.

Abb. 16c

Wellig verbogener Millimeterrhythmit aus Galenitfeilagen (bläulich) und Sphaleritfeilagen (bräunlich) z.T. mit feinen Granatidioblasten. Gangartminerale (gelbweiß). Polierter Anschliff, Länge ca 18 cm (aus BAUMGARTEN et al., 1998).

Nachdem die variszische, in diesem Bereich amphibolitfazielle Metamorphose eine pervasive Überprägung der Gesteine des Ötztal-Stubai-Kristallins zur Folge hatte, ist anzunehmen, dass viele Strukturen und Paragenesen sowohl der Trägergesteine als auch der Vererzung darauf zurückgehen. Falten und Deformationsstrukturen, welche diskordant zu jenen der direkt überlagernden permotriassischen Sedimentauflage verlaufen, müssen dieser Metamorphose zugeordnet werden (GREGANIN et al., 1995; GREGNANIN & VALLE, 1995).

Dafür, daß die Vererzung variszisch metamorphosiert worden ist, sprechen auch die im Vergleich mit dem geologischen Alter zu jungen $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Modellalter (Abb. 17). Die Modellalter von Schneeberg-Pflersch (Werte von NIGGLI, 1987) variieren nämlich zwischen 420 und 300 Ma und decken sich weitgehend mit jenen von Pb-Zn-Cu-Erzlagerstätten im Nordtiroler Abschnitt des Stubai-Ötztalkristallins (Werte von KÖPPEL, 1997), die zwischen 400 und 200 Ma liegen. Die letzteren lassen jedoch einen größeren Einfluss der alpidischen Metamorphose durch eine Verjüngung bis etwa 200 Ma erkennen.

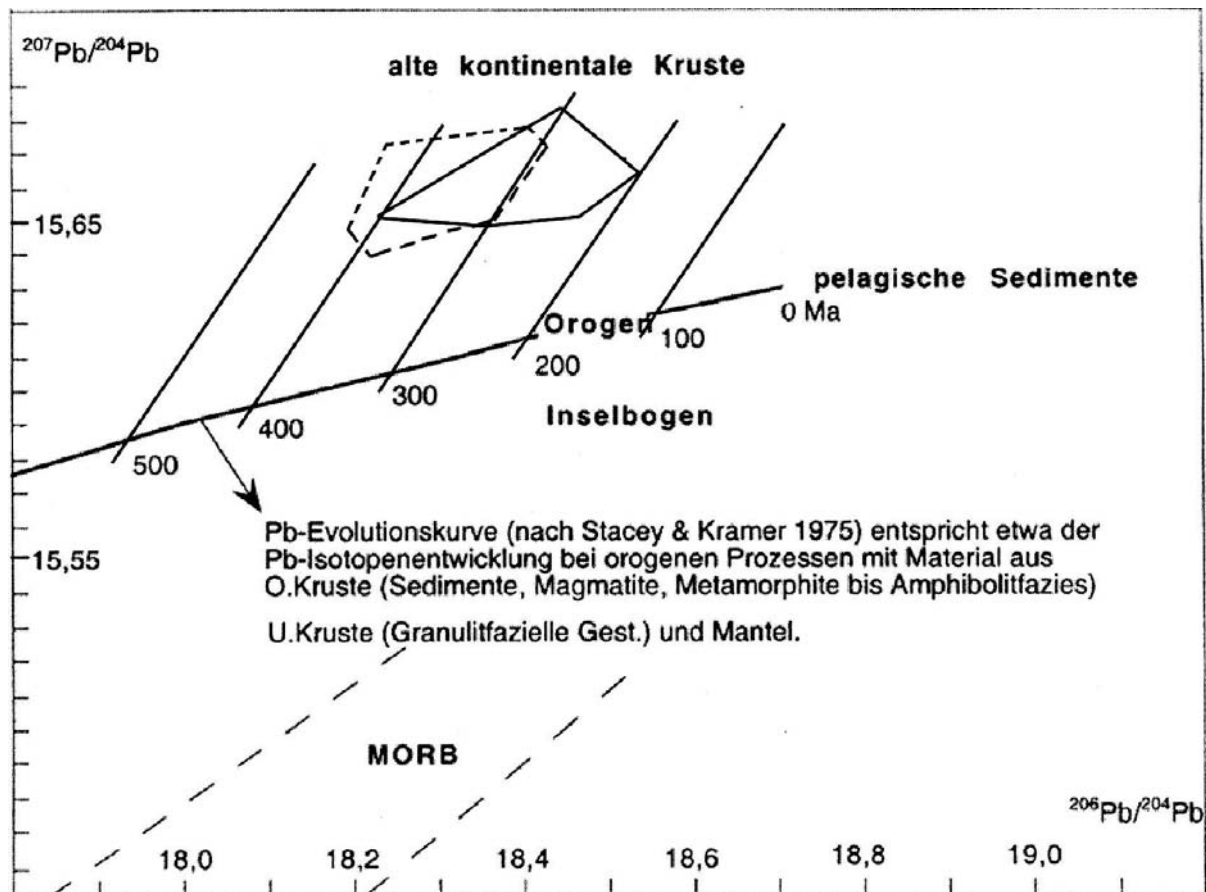


Abb. 17

$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Modellalter von Pb-Zn-Cu-Erzlagerstätten im Ötztal-Stubai-Kristallin. Schneeberg-Pflersch strichliert, Nordtiroler Kristallinanteil ausgezogen (modifiziert nach KÖPPEL, 1997).

Während der eo-alpidischen Metamorphose wurden die Erz- und Nebengesteine wiederum überprägt. Dabei wurden ihre präalpidischen Gefügemerkmale weitgehend zerstört. Nach FRIZZO (1983) kam es während der eo-alpidischen Metamorphose u.a. neben einer Abnahme des Fe-Gehaltes im Sphalerit auch zu diskordanten Stoffmobilisationen um die massiven Sulfiderzkörper und damit verbunden zur Neukristallisation von Quarz, Granat, Tremolit, Manganophyllit mit Rb-Sr-Mischalter von 81 ± 3 Ma (FÖRSTER, 1966) und Muskowit in der sog. Gangfazies, italienisch „filone“-Fazies (Abb. 14). In diesem Zusammenhang seien auch die Erzmobilisate südlich der Telfer Weissen zu verstehen, welche die dort kataklastischen Marmore des Schneeberger Komplexes zementierend verheilen. Die mobilisierte Erzparagenese soll hier im Vergleich zur Primärparagenese im Ötztal-Stubai-Kristallin reicher an Cu-, Pb-, Ag-, As- und Sb-Sulfiden und -Sulfosalzen, jedoch ärmer an Fe sein (FRIZZO, 1983).

Die tektonischen Verformungen, von denen Nebengestein und Erz während der alpidischen Orogenese gemeinsam erfasst worden sind, kommen sowohl in Fältelungen und Faltungen als auch in einer intensiven Schieferung verbunden mit schieferungsparallelen Kornlängen und -auswülbungen sowie schieferungsparalleler Einregelung formanisotroper bzw. Rotation formisotroper Komponenten zum Ausdruck. Sie führten zuletzt zu Zerschneidungen, Boudinagebildungen und Brekzierung größerer Gesteinspartien.

Nicht nur im Makro- sondern auch im Mikrobereich einzelner Paragenesemineralien gibt es zahlreiche Beispiele für metamorphogene Strukturen und Texturen, wobei eine Zuordnung zu einem der beiden Metamorphoseereignisse, die unter mehr oder weniger gleichen P-T-Bedingungen stattgefunden haben, äußerst schwierig und in vielen Fällen nicht möglich ist. Selten gibt es Gefügebilder, die eindeutig als Relikte einer präalpidischen Metamorphose zu interpretieren sind.

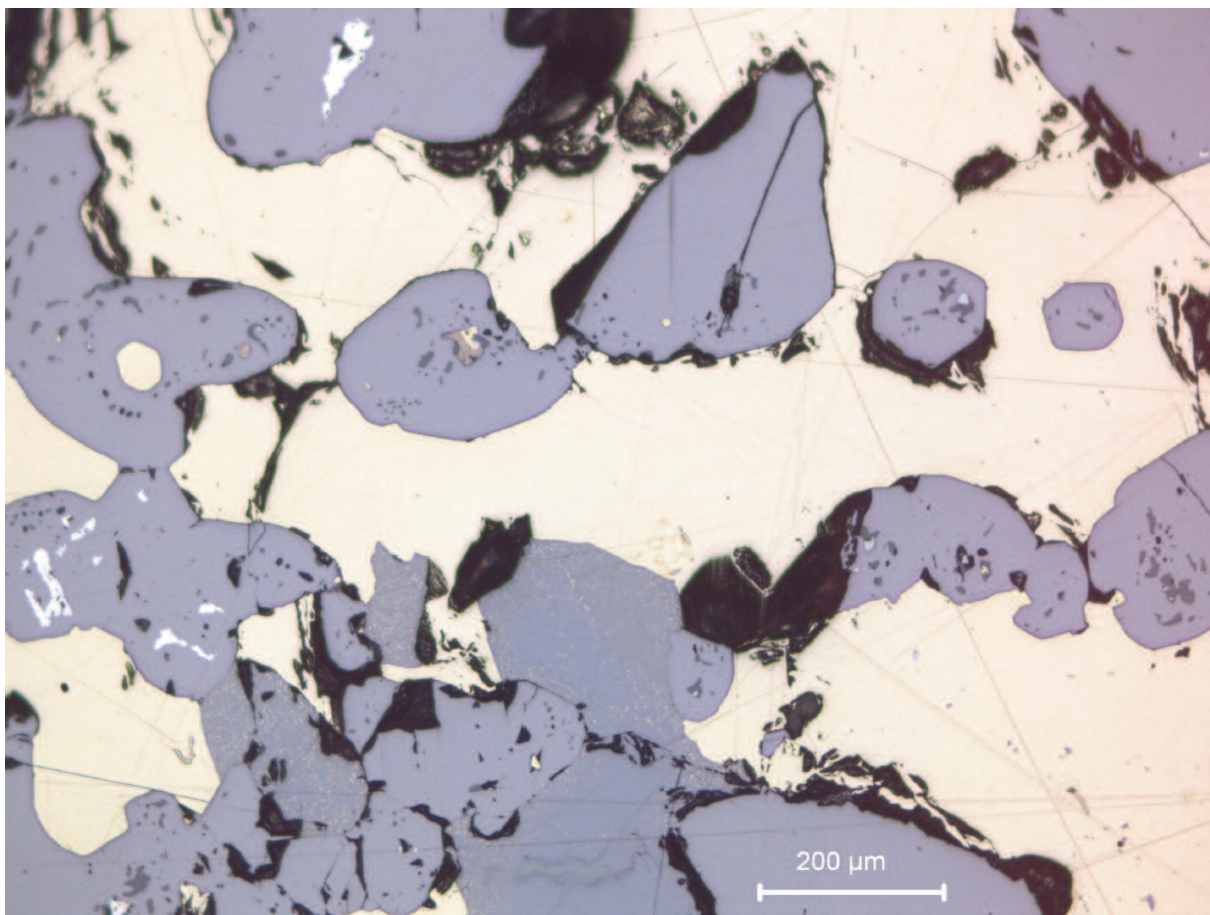


Abb. 18

Idiomorphe bis hypidiomorphe Magnetitkristalle (grau mit schwarzen Ausbrüchen) und xenomorpher Sphalerit (2 graue Körner von Mitte des unteren Bildrandes nach oben) in einer Chalkopyritmatrix (gelb). In den poikiloblastischen Magnetiten feine Einschlüsse von Gangart (grau), Arsenopyrit (weiß), Chalkopyrit (gelb) und Bornit (braun). Ausbrüche (schwarz). Pol. Anschl., 1 Nic.

Zu den variszischen Mineralneubildungen werden von FRIZZO et al. (1982) und FRIZZO (1983) u.a. granoblastisch umkristallisierte Fe-reiche Sphaleritaggregate sowie die Silikate Staurolith, Granat und Tremolit gerechnet, die eine präexistente Sulfidparagenese eingeschlossen haben.

Auch poikiloblastische Magnetite mit Einschlüssen der verschiedensten Paragenesemineralen, können als metamorphe Neuspaltungen interpretiert werden. Als Einschlüsse sind außer Gangartmineralen noch Arsenopyrit, Sphalerit mit Chalkopyrit-Entmischungen, Chalkopyrit, Chalkopyrit-Bornit-Verwachsungen, Chalkopyrit-Bornit-Galenit-Tetraedrit-Verwachsungen, und als Besonderheit ged. Gold zu erwähnen (Abb. 18, 19 a, b, c, d; 20). PAGEL (1965) konnte an sog. Einschluss-Sieben solcher Magnetite eine teilweise Rotation der Idioblasten feststellen. Ebenso dürften diablastische Gudmundit-Pyrrhotin-Chalkopyrit-Sphalerit-Galenit Kristallisate mit myrmekitähnlichen Texturen (Abb. 21) auf räumlich begrenzte metamorphogene Stofftauschprozesse zurückzuführen sein.

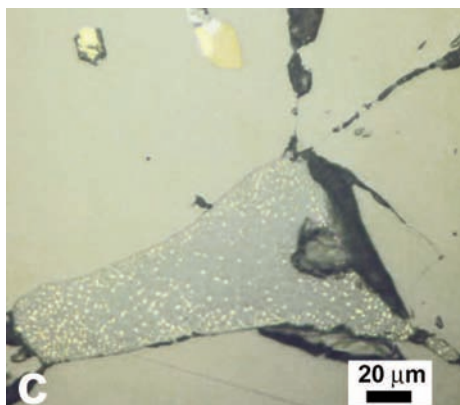
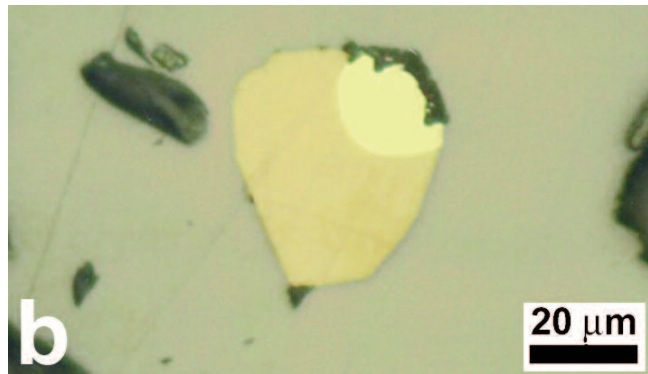
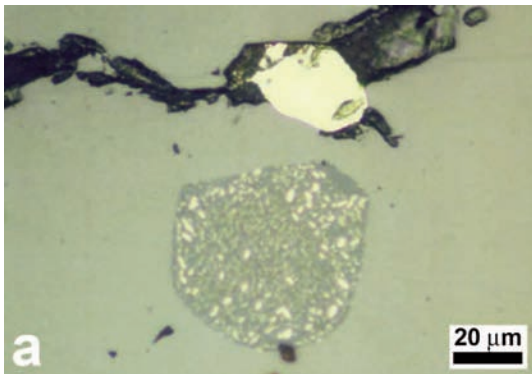


Abb. 19a

Sphalerit (dunkelgrau) mit zonierter Chalkopyrit-Entmischung (gelb, Kern feinkörnig, Rand gröberkörnig) und Chalkopyrit (gelb) als Einschlüsse in poikiloblastischem Magnetit (grau). Pol. Anschl., Ölimmersion, 1 Nic.

Abb. 19b

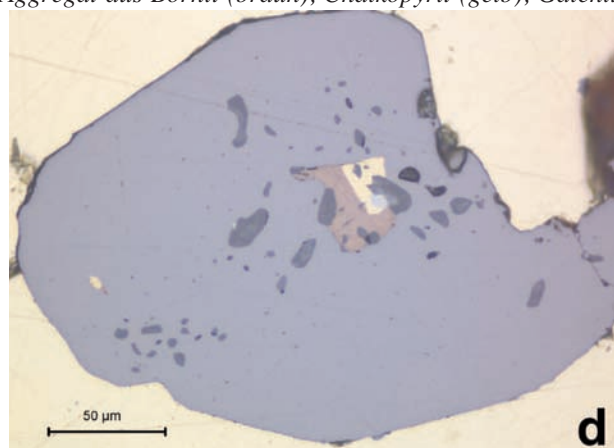
Chalkopyrit (gelb) und Bornit (braun) in poikiloblastischem Magnetit (grau). Pol. Anschl., Ölimmersion, 1 Nic.

Abb. 19c

Sphalerit (dunkelgrau) mit feinen Chalkopyrit-Entmischungen (gelb) und poikiloblastischer Magnetit (grau). In diesem Einschlüsse von Chalkopyrit (gelb) und einem Aggregat aus Bornit (braun), Chalkopyrit (gelb), Galenit (weißgrau) und Ag-Tetraedrit (etwas dunkler als Galenit). Pol. Anschl., Ölimmersion, 1 Nic.

Abb. 19d

Ausschnitt aus Abb. 38. Poikiloblastischer Magnetit (grau) in Chalkopyrit (gelb). Im Magnetit eingeschlossen Gangart (grau), Bornit (braun), Chalkopyrit (gelb), Galenit (weißgrau). Pol. Anschl., 1 Nic.



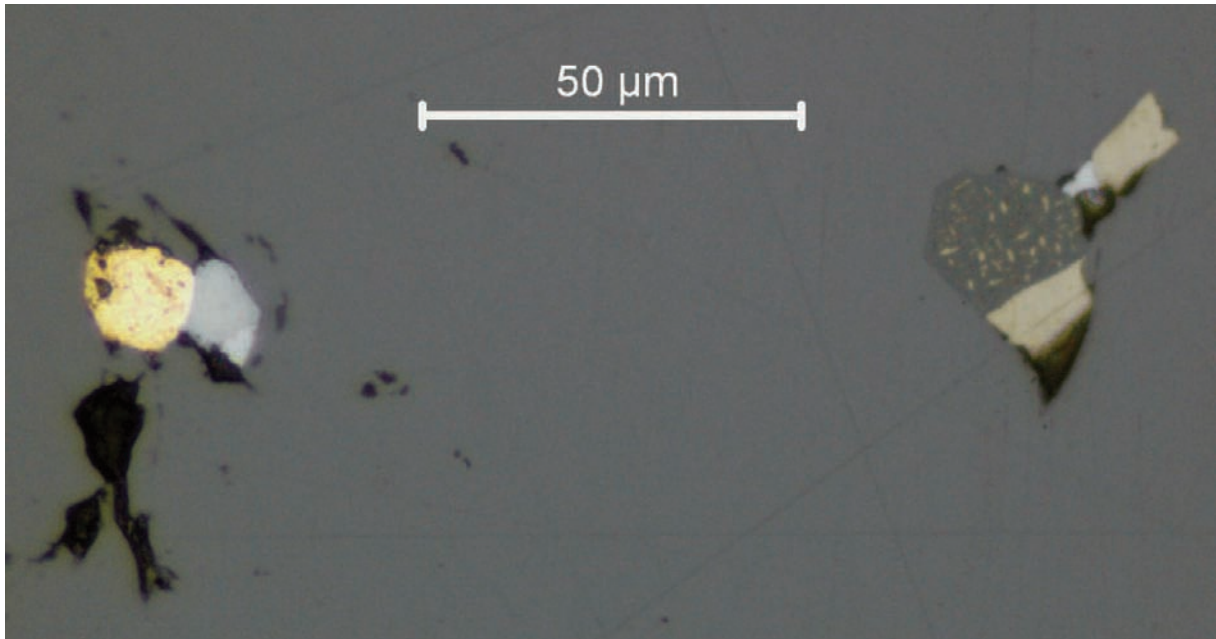


Abb. 20

Poikiloblastischer Magnetit (grau) hat ged. Gold (gelb), Ag-Tetraedrit (hellgrau) und Galenit (weißgrau) sowie am rechten Bildrand Sphalerit (dunkelgrau) mit Chalkopyrit-Entmischungen, Chalkopyrit (gelbgrau) und Galenit (weißgrau) eingeschlossen. Pol. Anschl., 1 Nic.

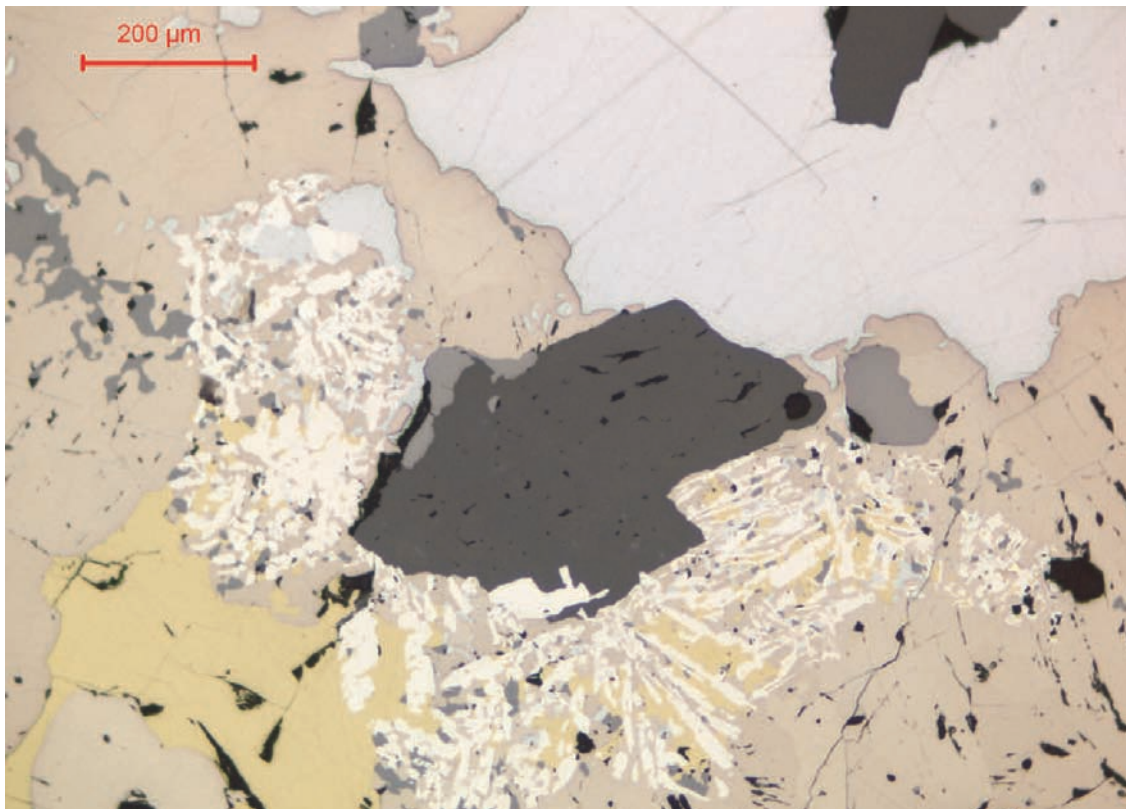
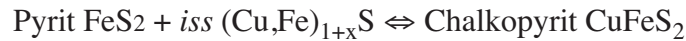


Abb. 21

Diablastisches Kornaggregat aus idiomorphem Gudmundit (weißgelb), Chalkopyrit (gelb), Pyrrhotin (cremebraun) und Sphalerit (grau) um karbonatisches Gangartmineral (dunkelgrau). Im Bild rechts oben Galenit (weißgrau). Pol. Anschl., 1 Nic.

Umwandlungslamellen im Chalkopyrit, die schon BRIGO (1965) beschreibt, liefern uns besonders schöne Hinweise auf hohe Bildungs- bzw. Umbildungstemperaturen. Es handelt sich dabei um lanzettartigen α - β Umwandlungslamellen (Abb. 22a) von der Hochtemperaturform (intermediate solid solution = *iss*) mit statistischer Kationenverteilung und einem kub. Sphaleritgitter hin zur tetragonalen Tieftemperaturform mit geordneter Kationenverteilung, die nach YUND & KULLERUD (1966) je nach paragenetischer Zusammensetzung entweder auf ein Umwandlungsintervall von $547^\circ \pm 5^\circ\text{C}$ hinweisen:



wobei sich die Inversionstemperatur mit zunehmendem Druck um $4^\circ/1 \text{ kb}$ erniedrigt; oder auf ein Intervall von $334^\circ \pm 17^\circ\text{C}$:



Ist Bornit an der Paragenese beteiligt, wie in manchen Einschlüssen poikiloblastischer Magnetite zu beobachten ist, kann nach BARTON (1973) auf eine Inversionstemperatur von $532^\circ \pm 10^\circ\text{C}$ geschlossen werden:

$\text{Pyrit FeS}_2 + \textit{iss} (\text{Cu,Fe})_{1+x}\text{S} \Leftrightarrow \text{Chalkopyrit CuFeS}_2 + \text{Hoch-Bornit } (\text{Cu}_2\text{S})_{5+x} \cdot (\text{Fe}_2\text{S}_3)_{1\pm x}$
Der kubische Hoch-Bornit geht $< 228^\circ\text{C}$ in den tetragonalen Tief-Bornit über.

Sternchenförmige Sphalerit-Entmischungen (Abb. 22b) treten nach MOH (1975) gleichfalls nur in hochtemperierten Chalkopyriten bei $500^\circ \pm 10^\circ\text{C}$ auf:



Cubanit - am Schneeberg erstmals von CLAR (1931) beschrieben - entmischt im Chalkopyrit (Abb. 22c) bei wesentlich niedrigeren Temperaturen, nach CABRI et al. (1973) bei $205^\circ \pm 5^\circ\text{C}$:



Die eher selten festzustellenden flitterförmigen Mackinawit-Entmischungen in ehemaligem Hochtemperatur-Chalkopyrit (Abb. 22d) weisen entsprechend der oberen Stabilitätsgrenze von Mackinawit auf Entmischungstemperaturen von $< 135^\circ \pm 5^\circ\text{C}$ hin (CLARK & CLARK, 1968). Schöne Beispiele für metamorphogene Strukturen liefert auch Sphalerit mit seinen sehr häufigen z.T. zonar angeordneten Chalkopyrit-„Entmischungen“. Sie sind nicht nur dort besonders zahlreich entwickelt, wo Sphalerit mit Chalkopyrit Berührungsparagenesen bildet (Abb. 23a) und wo es sich auch um Verdrängungsgefüge handeln könnte, sondern sie sind auch in Sphaleriten ohne Chalkopyrit in der näheren Umgebung ebenso wie in tropfenförmigen Sphalerit-Einschlüssen poikiloblastischer Magnetite zu beobachten (Abb. 19a, 19c, 23a) und in diesen Fällen sicher als Entmischungen zu interpretieren.

In engem genetischem Zusammenhang mit solchen lokal begrenzten, metamorphen Umlagerungen des primären Stoffbestandes sind auch Umkrustungen von Chalkopyrit, Sphalerit und älterem Magnetit durch idiomorphen bis hypidomorphen Magnetit und Arsenopyrit zu verstehen (Abb. 15, 23a, 23b), ohne sogleich an eine spätere weitreichende Fluidzirkulation bzw. Stoffzufuhr zu denken.

Die jungen, alpidischen Deformationen sind im Mikrobereich mitunter an Deformationszwillingen und Zwillingsgleitungen etwa im Chalkopyrit und im Sphalerit festzustellen. Besonders auffällig sind diese intragranularen Korndeformationen im Pyrrhotin an seinen wellig verbogenen und undulös auslöschenden Translationslamellen und Druckschattenbildungen um härtere Gangartminerale zu beobachten (Abb. 24).

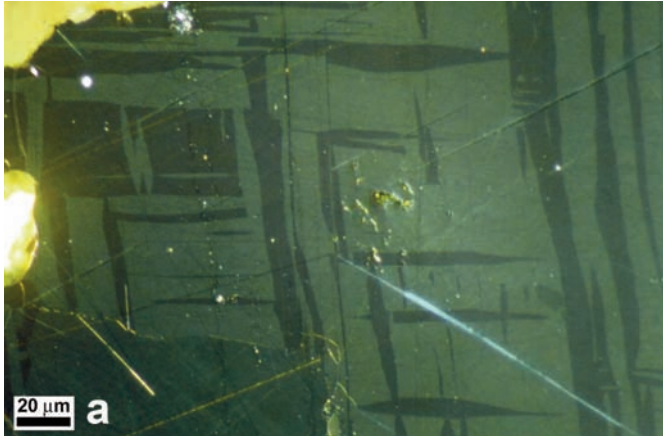


Abb. 22a

Ehemaliger Hochtemperatur-Chalkopyrit mit lanzettartigen α - β -Umwandlungslamellen und feiner, deutlich anisotroper Cubanitlamelle (Bildmitte nach rechts unten). Gangart durch Innenreflexe aufgehell. Pol. Anschl., Ölimmersion, Nic. X.



Abb. 22b

Chalkopyrit (gelb) mit z.T. sternchenförmigen Sphalerit-Entmischungen (grau). Pol. Anschl., Ölimmersion, 1 Nic.

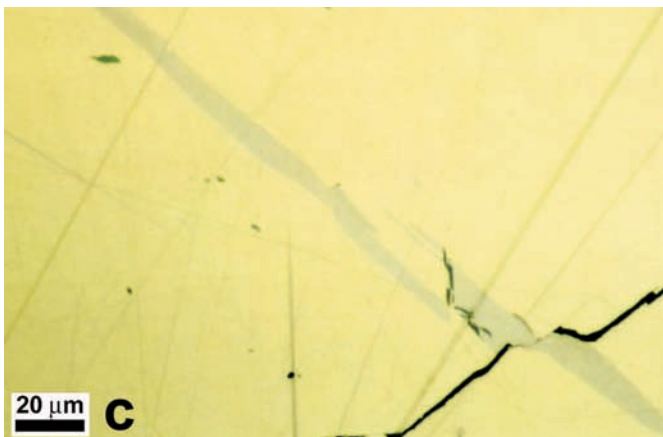


Abb. 22c

Chalkopyrit (gelb) mit diagonal verlaufender, zerscherter Cubanitlamelle (hellgrau). Pol. Anschl., Ölimmersion, 1 Nic.



Abb. 22d

Ehemaliger Hochtemperatur-Chalkopyrit mit α - β -Umwandlungslamellen, feinen Cubanitlamellen (je nach optischer Orientierung hellblau von oben nach unten bzw. fast schwarz von links nach rechts) und extrem anisotropen Mackinawit-Flitterchen (weiß), die z.T. in Richtung der Cubanitlamellen ausgerichtet sind. Pol. Anschl., Ölimmersion, Nic X.

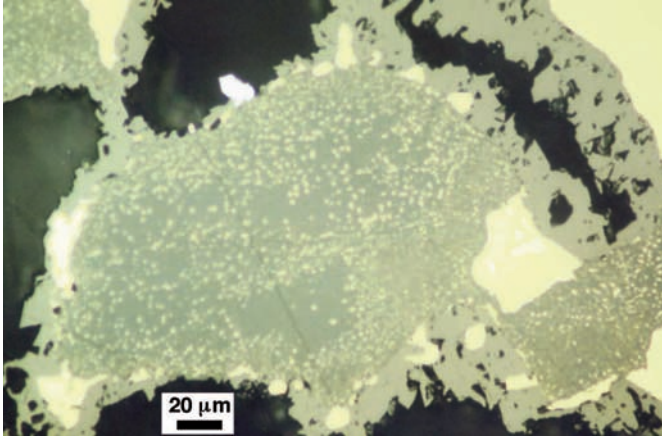


Abb. 23a
Spalerit (grau) mit feinen Chalkopyrit-Entmischungen und Chalkopyrit (gelb) werden umkrustet von hypidiomorphem Magnetit (grau). Gangart schwarz. Pol. Anschl., Ölimmersion, 1 Nic.

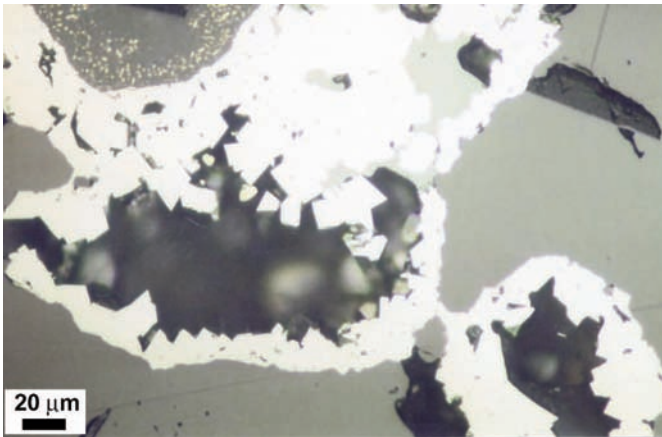


Abb. 23b
Magnetit (grau) und Sphalerit (grau, im Bild oben) mit feinen Chalkopyrit-Entmischungen, werden umkrustet von idiomorphem Arsenopyrit (weiß). In diesem Ag-Tetraedrit (hellgrau). Gangart schwarz durch Innenreflexe aufgehellt. Pol. Anschl., Ölimmersion, 1 Nic.

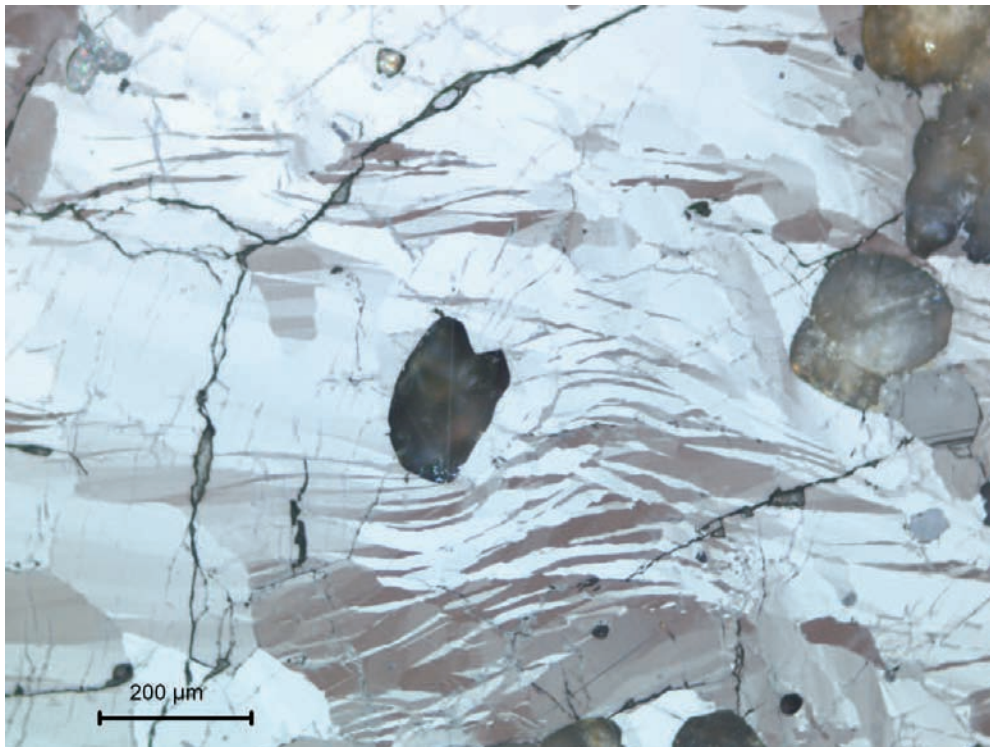


Abb. 24
Pyrrhotin mit Translationslamellen und Stauchwirbelbildungen um härtere, durch Innenreflexe aufgehellte Gangartminerale. Pol. Anschl., Nic X.

7. Ansichten zur Genese

Seit Anfang des 20. Jahrhunderts wird nach Erklärungen über die Entstehung dieser Lagerstätte gesucht und es wurden je nach Kenntnisstand über die Lagerstätte, je nach herrschender Lehrmeinung über lagerstättenbildende Prozesse und natürlich auch entsprechend dem technischen Fortschritt in den analytischen Methoden z.T. sehr divergierende genetische Modelle angeboten, wobei bis in die späten 60-er Jahre die Vorstellungen einer epigenetischen Metallanreicherung vorherrschten. Allerdings wurde von Billek und Stelzner (in STELZNER, 1904-1906) schon 1900 auf die Möglichkeit einer synsedimentären Genese hingewiesen. Eine für die damalige Zeit wohl sehr moderne und vermutlich der gängigen Lehrmeinung nicht entsprechende Vorstellung, die deshalb auch nicht stimmen konnte. So heisst es bei GRANIGG (1908): wenn „ ... *die Lagerstätten in den Glimmerschiefern bereits gebildet waren, als diese letzteren selbst noch ein normales klastisches Sediment waren, (müsste) die Umwandlung der Lagerstätte in der soeben angedeuteten Richtung eine äußerst intensive gewesen sein, da dann die Lagerstätten naturgemäß denselben Einflüssen unterworfen gewesen wären, die aus einem normalen klastischen Sediment einen Glimmerschiefer erzeugten.*“

Nach COLBERTALDO (1957) sind die mit dem Nebengestein konkordant verfalteten Pb-Zn-Erzgänge prämetamorph in Bezug auf die alpidische Metamorphose entstanden. Auch KARL (1959) spricht von verfalteten, über eine weite Erstreckung horizontgebundenen, epigenetischen Lagergängen. Für O.M. FRIEDRICH (1962) handelt es sich um heisshydrothermale, lagergangförmige Sulfidvererzungen, die von der Überschiebungsfläche am N-Rand des Schneeberger Zuges kontrolliert werden, mittelbar mit der sog. Tauernkristallisation in Zusammenhang stehen und isometamorph mit dem Nebengestein sind. BRIGO (1965), ein exzellenter Kenner der Lagerstätte, stellt zwei genetische Modelle zu Diskussion. Seiner Ansicht nach liegt am Schneeberg entweder eine spätvariszisch postorogene oder eine frühalpidisch synorogene Metallisation vor. Für FÖRSTER (1966 a, S 837) machen „*Die gleichbleibende Ausbildung der Lagerstätte über eine riesige zusammenhängend vererzte Fläche*“ eine syngenetische, vortriadische Metallanreicherung wahrscheinlich, obwohl die meisten Befunde für eine epigenetische sprechen. So sei eine Unterscheidung zwischen einer primärhydrothermalen und einer unter den gleichen Bedingungen metamorphosierten pseudohydrothermalen Vererzung auch geochemisch nicht möglich.

Ab den 70-er Jahren wurden von verschiedenen Bearbeitern u.a. von SCHMITZ (1971, 1974), KLIX (1974), PAGEL (1975), FRIZZO (1976, 1983, 2002a), BRIGO & OMENETTO (1979) und FRIZZO et al. (1982) auch als Folge von Neuaufschliessungen in der Lagerstätte immer mehr Befunde von strukturellen und texturellen Gefügerelikten angeführt, die für eine prävariszische, synsedimentäre Metallanreicherung sprechen und die im Folgenden kurz zusammengefasst werden:

- Horizontbeständigkeit der Metallisationen über eine streichende Erstreckung von mehreren Kilometern im altpaläozoischen Gesteinsverband.
- Schichtgebundene, konkordant zum stofflichen Lagenbau und zur Schieferung der polymetamorphen, metapelitischen bis metapsammitischen Nebengesteine verlaufende massive und disseminierte Sulfidvererzungen.
- Schichtförmige Erzkörper z.T. mit feinlaminaer Wechsellagerung zwischen Erz und erzfreien Lagen.

- Gemeinsame metamorphe und tektonische Überprägung von Erz und Nebengestein sowie symmetrische Übereinstimmung hinsichtlich Faltung, Schieferung und Zerschering.
- Korngefüge der Erzparagenese, die eine präalpidische Thermodynamometamorphose belegen.
- Graphitschiefer und Metavulkanite, die als charakteristische Leitschichten im Nahbereich der Erzanreicherungen auftreten und auf eine mittelbar mit der Metallisation in Zusammenhang stehende vulkanische Aktivität hinweisen.
- Fehlen von vererzten Gang- und Spaltenbildungen, die als Zufuhrwege für eine epigenetische Metallisation in Frage kommen könnten.

Auf Grund der mineralogisch-petrologischen und geochemischen sowie der strukturellen und textuellen Charakteristik im Makro- und Mikrobereich der Vererzung ist davon auszugehen, dass es sich bei der Pb-Zn±Cu-Erzlagerstätte St. Martin am Schneeberg um eine mit altpaläozoischen Krustenextensionen mittelbar in Zusammenhang stehende, submarine, hydrothermal-sedimentäre Metallanreicherung handelt, die ihre heutige paragenetische Zusammensetzung sowie ihr jetziges Gefüge durch variszische und alpidische, thermo- und dynamometamorphe Prozesse aufgeprägt bekommen hat.

8. Geländeexkursion

Stopp 1 - Das Bergbaumuseum Ridnaun-Schneeberg

Das Bergbaumuseum im hintersten Ridnauntal umfasst das Gelände der ehemaligen Aufbereitungs-, Verwaltungs- und Wohngebäude und wurde im Jahre 1993 eröffnet. Die Originalgebäude sind saniert, die Anlagen original erhalten und allesamt funktionstüchtig, sodass ein Überblick über die gesamte Aufbereitungstechnik vom Brechen, Mahlen bis zur Erzscheidung mittels Flotation gegeben werden kann (Abb. 25). Weitere didaktisch aufbereitete Themen sind der Erztransport, das Vermessungswesen (Markscheiderei) und die Geologie, Mineralogie und Petrographie der Lagerstätte. Die Abbautechniken vom Mittelalter bis in das späte 20. Jahrhundert werden in einem eigens dafür angelegten Besucherstollen präsentiert.

Stopp 2 – Befahrung des Grubengebäudes

Die Einfahrt in den Poschhausstollen erfolgt auf 2.000 m Seehöhe im Lazzachertal mit einer originalen Grubenbahn. Der Stollen wurde 1965/1966 angeschlagen und zeigt die Bergbautechnik der sechziger Jahre des letzten Jahrhunderts. Nach ca. 3.5 km ist der Abbaubereich erreicht. Hier sind die konkordanten Erzlager in einmaliger Weise aufgefahren (Abb. 26). Das Grubengebäude spiegelt die geologischen Verhältnisse: die mit 30° NW fallenden Erzlager wurden durch Schrägschächte aufgefahren und in vielen übereinander liegenden und entsprechend der Neigung versetzten querschlägigen Sohlen abgebaut. Diese Abbaumethode geht auf die Wiedergewältigung der Lagerstätte um 1860 bis 1874 zurück, wo erstmals eine moderne Erforschung des Erzkörpers und damit ein systematischer Abbau im großen Stil erfolgte. Im Bereich des sogenannten 60-er Stollens sind große Kavernen erhalten, welche während der letzten Abbauphase in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts herausgeschossen wurden. Der Abbau erfolgte hier zwar großangelegt aber nicht mehr an die kleinräumigen Strukturen der Lagerstätte angepasst.



Abb. 25

Flotationszellen in der Erzaufbereitung von Maiern zur Trennung von Galenit und Sphalerit. Durch Zugabe von Reagenzien sowie Einblasen und Einrühren von Luft steigt im einen Fall Galenit mit den Luftblasen an die Oberfläche und wird abgeschöpft, im anderen Fall Sphalerit.



Abb. 26

Konkordante Erzlager bei 3700 Meter im Poschhausstollen.

Nach einem kurzen Abstieg und einem Schwenk nach Süden durchörtert der Karlstollen mit einer Länge von 2.144 m die Lagerstätte. Er führt auf die Passeirer Seite und wurde als Erbstollen in den Jahren 1660 bis 1750 angelegt. Anfangs in Schrämentechnik aufgeföhren, wurde er ab 1680 mittels Sprengtechnik weiter vorgetrieben. Er ist großteils original erhalten, jedoch einseitig aufgeweitet. Die Grenze zwischen Ötztal-Stubai-Kristallin und Schneeberger Zug ist im Stollen durch eine versicherte Störungszone und den lithologischen Wechsel von monotonen Glimmerschiefern/Paragneisen zu Quarziten und granatreichen Glimmerschiefern deutlich erkennbar.

Stopp 3 – Mundloch Karlstollen

In der Umgebung des Karlstollens sind die grauen, granatreichen Glimmerschiefer der Monotonen Serie des Schneeberger Zuges aufgeschlossen. Die phyllitischen Schiefer sind durch unzählige kleine Granat- und syn- bis postdeformative Biotit-Blasten gekennzeichnet. Der Blick nach Süden zeigt die südliche Bunte Randserie des Schneebergerzuges, die mächtigen weißen Marmore der Laaser Serie (Hohe Wilde) am Top des Altkristallins und die altkristallinen Metapelite des Texel Komplexes.

Stopp 4 – Bunte Randserie des Schneeberger Zuges

Am Weg zum Seemoos auf Quote 2125 ca. ist auf etwa 50 m die bunte Randserie des Schneeberger Zuges und der Kontakt zum Ötztal-Stubai-Kristallin aufgeschlossen. Die Randserie ist charakterisiert durch eine Abfolge von gelblichen Quarziten, Amphiboliten, Hornblendegneisen, karbonatreichen Hornblendegarbenschiefen und gelbgrauen gebänderten Marmoren, die im Meterbereich wechsellagern. Die stark mylonitisch deformierten Gesteine sind allesamt durch syn- bis postdeformatives Riesenwachstum der Minerale, insbesondere der Granate, Biotite und Hornblenden (mehrere cm) gekennzeichnet. Nach Norden stößt die Serie konkordant an die Paragneise des Ötztal-Stubai-Kristallins.

Stopp 5 – Revier Seemoos

Im Bereich Seemoos (2.187 m) (Abb. 2), benannt nach dem See und den Resten eines Hochmoores befinden sich ein wieder Instand gesetztes Elektrizitätswerk und die Reste eines Pochwerks sowie des Seemooser Wassertonnenaufzuges. Mit diesem Wassertonnenaufzug beginnt der Übertage Förderstrang auf Geleisen, der über das Kaindljoch (2.700 m) bis zur Erzaufbereitung in Maiern (1.477 m) führt. Mehrere Stollen und eine große Halde zeugen von der regen Abbautätigkeit. Erwähnenswert sind Funde von Silexwerkzeugen, die am kleinen See zutage traten und die auf eine sehr lange Präsenz des Menschen an diesem Ort verweisen.

Stopp 6 – Knappendorf St. Martin am Schneeberg

Das Schutzhaus Schneeberg ist im Herrenhaus der Siedlung untergebracht. Das Dorf auf 2.355 m Seehöhe war bis in das Jahr 1967 ganzjährig bewohnt. Alle noch erhaltenen Gebäude des Dorfes wurden saniert und in das Museum am Schneeberg integriert: so finden sich noch eine Kirche, eine Schmiede, die Reste eines Spitals und andere mehr oder weniger gut erhaltene Gebäude.

Die Landschaft ist geprägt von der jahrhundertelangen Abbautätigkeit in dieser kargen Gebirgsregion: Halden, Stollenmundlöcher, Bremsberge, Pferdebahnstrecken, Waale und Schneekragen, Mauern und Maschinenteile sind noch so wie sie vor über 40 Jahren zurückgelassen wurden.

Auf den Halden lassen sich die meisten Erz- und Gangartminerale finden, sodass die Paragenese und Strukturen der Vererzung gut dokumentiert sind. Besonders erwähnenswert sind die Aufschlüsse der „Filone Fazies“: Granat-Anthophyllit-Tremolit-Sphalerit-Felse, charakterisiert durch gut ausgebildete Granate und wirrstrahlige Amphibole, die ein postdeformatives Wachstum belegen.

Ein Blick nach Norden zeigt die permotriassischen Sedimente im Gipfelbereich der Schneeberger und Moarer Weissen. An der Schneeberger Weissen treffen permotriassische Sedimente, Altkristallin und Schneeberger Zug auf engstem Raum aufeinander; die Isoklinalfaltung mit E-W-streichenden Achsen belegt die penetrative und gemeinsame Deformation der drei tektonischen Einheiten während der eo-alpinen Metamorphose (Abb. 12, Abb. 27).



Abb. 27

Die Gürtelspitze (2.858 m) links und die Schneeberger Weisse (2.961 m), rechts dahinter, von Westen gesehen. Was von der Schneeberger Hütte aus gesehen als mächtiges Dolomit-Marmorband im Kristallin der Gürtelwand erscheint, ist eigentlich eine nach Norden abtauchende Isoklinalfalte, wie dieses Bild belegt. Selbiges gilt für die Sedimentauflage der Schwarzseespitze und der Moarer Weissen.

Stopp 7 – Schwarzsee

Der Schwarzsee auf Quote 2635 ist ein kleiner Stausee der für den Betrieb der Wassertonnenaufzüge und verschiedener wasserbetriebener Werkstätten angelegt wurde. Direkt am See und nördlich davon sind die Konglomeratgneise des metamorphen Verruccano an der Basis der permotriassischen Sedimentbedeckung (Brenner Mesozoikum) des Ötztal-Stubai-Kristallins aufgeschlossen. Die Konglomeratgneise sind charakterisiert durch eine trotz der metamorphen Überprägung gut erhaltenen Gradierung sowie anderer Sedimentstrukturen (Tonschmitzen).

Die Neubildung von Granat, Biotit, Staurolith und sehr selten auch Disthen belegt die amphibolitfazielle Metamorphose der Metakonglomerate und -sandsteine. Während einige Blöcke von schneeweißem Wettersteindolomit und anderer Kalke an der Basis der Moarer Weisse Krinoidenschutt enthalten, finden sich in anderen die Neubildungen von Tremolit und Talk, Zeugen der eo-alpinen Metamorphose dieser Sedimente (Abb. 28).

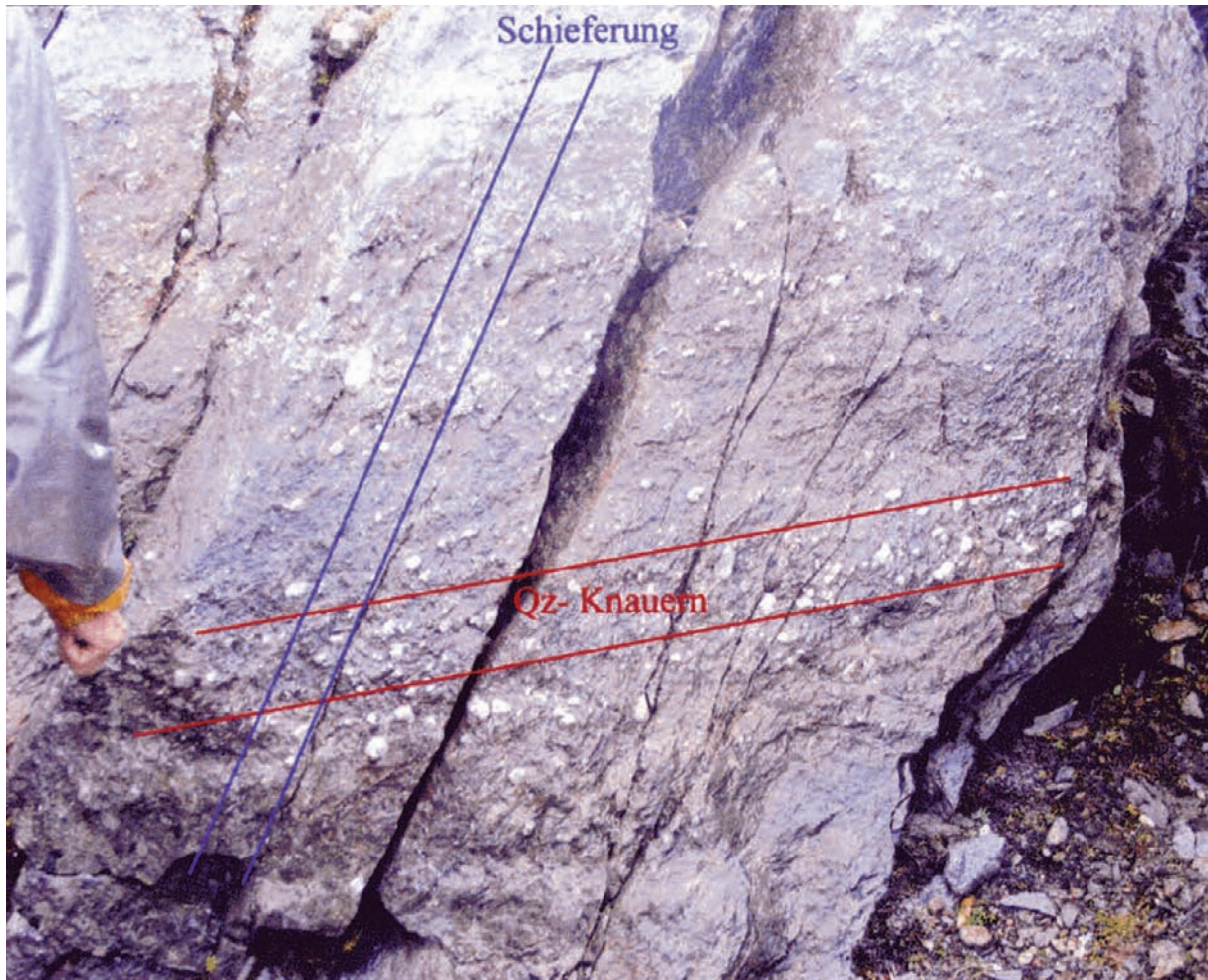


Abb. 28

Metamorpher Verrucano mit erhaltenen Sedimentstrukturen (Gradierung) und intensiver pervasiver eo-alpiner Schieferung.

Stopp 8 – Weg zum Kaindljoch (2.700 m)

Am Weg zum Kaindljoch in etwa auf Höhe 2550 sind die Augengneise und Amphibolite im Liegenden der Vererbung aufgeschlossen. Daneben finden sich große Blöcke von dunklen granatreichen Graphitschiefern, die vom Grat südlich des Kaindljoches stammen. Die Abfolge von grobkörnigen Augengneisen, granatreichen Amphiboliten Erzlagern und Graphitschiefern lässt eine synsedimentär hydrothermale Entstehung der Erze in einem anoxischen Becken durchaus plausibel erscheinen. Die Konkordanz der Strukturen und Metamorphose belegt eine über weite Strecken parallel verlaufene Entstehungsgeschichte der unterschiedlichen Lithologien.

Literaturverzeichnis

- BARTON, P. B. Jr. (1973): Solid solutions in the system Cu-Fe-S Part I: The Cu-S and Cu-Fe-S Joins. – *Econ. Geol.*, 68, 455-465.
- BAUMGARTEN, B. FOLIE, K. & STEDINGK, K. (1998): Auf den Spuren der Knappen, Bergbau und Mineralien in Südtirol. – 288 S., Tapeiner Athesia
- BEUST, F. C. (1870): Über die Erzlagerstätte von Schneeberg bei Sterzing in Tirol. – *Österr. Zeitschr. Berg- u. Hüttenwesen*, 20 505-510, Wien.
- BORSI, S., DEL MORO, A., SASSI, F. P., ZANFERRARI, A. & ZIRPOLI, G. (1973): Newgeopetrologic and radiometric data an the Alpine history of the Austridic continental margin south of the Tauern Window (Eastern alps). – *Cons. Naz. Ric.*, 32, 3-17.
- BREZINA, A. (1880): Über ein neues Mineral, den Schneebergit. – *Verh. k. k. Geol. R.-A.*, 17, 313-314, Wien.
- BRIGO, L. (1965): Il giacimento a Pb-Zn di S. Martino Monteneve in Alto Adige. – *Economia Trentina*, 5-6, 63-117, Trento.
- BRIGO, L. & OMENETTO, P. (1979): Metallogenese der italienischen Ostalpen. – *Verh. Geol. B-A.*, 3, 249-266., Wien
- CABRI, L. J., HALL, S. R., SZYMANSKI, J. T. & STEWART, J. M. (1973): On the transformation of cubanite. – In: *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*, Barnes ed. (1979).
- CLAR, E. (1931): Schneeberg in Tirol: einige Beobachtungen zur Kennzeichnung des Lagerstättentypus. – *Zentralbl. Min. Geol. Pal.*, 105-124, Stuttgart.
- CLARK, A. H. & CLARK, A. M. (1968): Electron microprobe analysis of mackinawite from the Ylöjärvi deposit, Finland. – *N. Jb. Min. Mh.*, 259-268.
- COLBERTALDO, D. di (1957): Corso giacimenti minerali. – Bd. 1, CEDAM Padova, 320 S.
- ELERTLEIN, A. v. (1891): Beiträge zur Kenntnis der Erzlagerstätten des Schneeberges bei Mayern in Südtirol. – *Jb. k. k. geol. R.-A.*, 41, 289-347, Wien.
- FRIEDRICH, O. M. (1962): Neue Betrachtungen zur zur ostalpinen Vererzung. – *Karinthin*, 45/46, 210-228.
- FÖRSTER, H. G. (1963): Die Blei-Zinkerzlagerstätte Schneeberg in Südtirol. – *Diss. TH Aachen*, 126 S., Aachen.
- FÖRSTER, H. G. (1966 a): Alter und Entstehung der Blei-Zink-Erze von Schneeberg in Südtirol. – *Symposium internazionale sui giacimenti minerali delle Alpi, Trento-Mendola, Vol 3°*, 835-838.
- FÖRSTER, H. G. (1966): Die Genese der Blei-Zink-Erzlagerstätte Schneeberg in Südtirol und die geologische Stellung des Schneeberger Gesteinszuges. – *N. Jb. Abh.*, 105, 262-291.
- FÖRSTER, H. G. (1969): Petrographische und tektonische Untersuchungen in den südlichen Stubai- und westlichen Zillertaler Alpen. Ein Beitrag zur Kennzeichnung der Metamorphose in den Ostalpen. – *Habil.-Schrift, TH Aachen*, 185 S., Aachen.
- FRIZZO, P. (1976): La serie metallifera delle Breonie affioranti nelle Valli Ridnanna e Fleres in Alto Adige. Mineralizzazioni a Pb e Zn „primarie“ e loro mobilizzazione nei marmi del complesso die Monteneve a sud delle Cime Bianche di Telves. – *Studi Trentini Sci. Nat.*, 53, 75-106, Trento.
- FRIZZO, P. (1983): Pre-metamorphic Paleozoic mineralization in Austroalpine and Southalpine Basements of the Eastern Alps. Relationship between paleogeodynamics, stratigraphie and metallogenesis. – In *IGCP Newsletter*, 5, 41-48, Sassi and Szederkenyi eds., Budapest.
- RIZZO, P. (2002): Il distretto metallifero dell'Ötztal-Breonie e i giacimenti piombo-zinco-argentiferi di S. Martino di Monteneve e della val di Fleres (Alto Adige). – *5. Bergbau-Workshop in Ridnaun/Schneeberg (Südtirol)*, 70-72,
- FRIZZO, P. (2002): Geologisch Lagerstättenkundliche Karte des Verzugsdistrikts St. Martin am Schneeberg – Pflersch, Maßstab 1:25.000. – *Disegno G. Mezzacasa Padova, Grafica V. Mair.*

- FRIZZO, P., MILLS, J. & VISONA, D. (1982): Ore petrology and metamorphic history of Pb-Zn ores, Monteneve, Tyrol, N. Italy. – *Mineral. Deposita* 17, 333-347.
- GASSER, G. (1913): Die Mineralien Triols einschließlich Vorarlberg und der Hohen Tauern. – Innsbruck, 548 S.
- GRANIGG, B. (1908): Die stoffliche Zusammensetzung der Schneeberger Lagerstätte. – *Österr. Zeitschr. f. d. Berg- u. Hüttenwesen*, 56, 329-334, 341-345, 359-362, 374-378, 389-391, 398-400.
- GREGNANIN, A. & PICCIRILLO, E. M. (1972): Litostratigrafia, tettonica e petrologia degli scisti austridici di alta e bassa pressione dell'area Passiria-Venosta (Alto Adige). *Mem. Ist. Geol. Min. Univ. Padova*, 28, 1-55.
- GREGNANIN, A. & PICCIRILLO, E. M. (1972): Hercynian metamorphism in the Austridic crystalline basement of the Passiria and Venosta Alps. *Mem. Soc. Geol. It.*, 13, 241-255.
- GREGNANIN, A., BARATTIERI, M., CORONA, P. & VALLE, M. (1995): Deformation and metamorphism in the Austroalpine Ötztal-Stubai Complex (Part I): the basement. – *Boll. Soc. Geol. It.*, 114, 373-392.
- GREGNANIN, A. & VALLE, M. (1995): Deformation and metamorphism in the Austroalpine Ötztal-Stubai Complex (Part II): Early-alpine evolution in basement and cover. – *Boll. Soc. Geol. It.*, 114, 393-409.
- HOINKES, G. (1986): Eoalpine metamorphism of the Austroalpine Schneeberg-complex and the adjacent Ötztal crystalline basement (summary). – *Schweiz. Min. Petr. Mitt.*, 66, 1/2, 135-138, Zürich.
- HOINKES, G. & THÖNI, M. (1993): Evolution of the Ötztal-Stubai, Scarl-Campo and Ulten Basement Units. – In: RAUMER, R. F. & NEUBAUER, F. eds.: *Pre-Mesozoic Geology in the Alps*, 485-494, Springer, Wein.
- HOINKES, G., KOSTNER, A. & THÖNI, M. (1991): Petrologic constraints for the Eo-alpine eclogite facies metamorphism in the Austro-Alpine Ötztal basement. – *Mineral. Petrol.*, 43, 237-354, Heidelberg.
- HOINKES, G., PURTSCHELLER, F. & TESSADRI, R. (1982): Polymetamorphose im Ostalpin westlich der Tauern (Ötztaler Masse, Schneeberger zug, Brenner Mesozoikum). – *Geol. Paläont. Mitt.* 12, 5, 95-113, Innsbruck.
- KARL, F. (1959): Lagerstättenkundliche und geologische Untersuchungen in Monteneve, Lazzacher- und Pflerschthal. – Unveröff. Ber., A.M.M.I. s.p.a. Rom.
- KLIX, V. (1974): Lagerungsverband und tektonische Prägung der Blei-Zinkerzlagerstätte Schneeberg/Monteneve in Südtirol/Alto Adige (N-Italien). – Diss. FU Berlin, 165 S, Berlin.
- KÖPPEL, V. (1997): Bleiisotope. – In: *Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs*, WEBER, L. ed., 485-495. – Archiv f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., Wien.
- MAIR, V. (1996): Die Kupferbergbaue von Stilfs, Eysrs und Klausen. – *Der Stoansuacher*, 1, 38-44, Bozen.
- MAIR, V. & BAUMGARTEN, B. (1997): Chemisch-mineralogisch-genetische Charakterisierung der Granate aller historischen und neueren Fundstellen Südtirols. – Unveröff. Zwischenbericht zum Projekt, Naturmuseum Südtirol, Bozen.
- MILLER, CH. & THÖNI, M. (1995): Origin of eclogites from the Austroalpine Ötztal basement (Tirol, Austria): geochemistry and Sm-Nd vs. Rb-Sr isotope systematics. – *Chem. Geol.*, 122, 199-225.
- MOGESSIE, A., PURTSCHELLER, F. & TESSADRI, R. (1986): High alumina calcic amphibolites (aluminopargasite magnesio sadanagite) from metabasites and metacarbonates of the central Ötztal, Eastern Alps (north Tyrol/Austria). – *N. Jb. Miner. Abh.*, 154, 21-39, Stuttgart.
- MOH, G. H. (1975): Tin-containing mineral systems. Part II: Phase relations and mineral assemblages in the Cu-Fe-Zn-Sn-S system. – *Chem Erde*, 34, 1-64.
- NIGGLI, M. (1987): Geochemische Untersuchungen metamorpher Pb-Zn Lagerstätten und ihrer Nebengesteine. – Diss. ETH Zürich, 190 S., Zürich.
- PAGEL, H. (1975): Zur Erzführung und Geochemie in den neuerschlossenen Teilen der Blei-Zinkerzlagerstätte Schneeberg/Monteneve in Südtirol/Alto Adige (N. Italien). – Diss. Erl. Dokt. der freien Universität Berlin, 166 S.

- POSEPNY, F. (1879): Über die Erzlagerstätte am Schneeberg in Tirol. – Österr. Z. f. Berg- u. Hüttenw., 27, 106 S.
- PURTSCHELLER, F. & RAMMLMAIR, D. (1982): Alpine metamorphism of diabase dikes in the Ötztal-Stubai Metamorphic Complex. – *Tschermaks Mineral. Petrol. Mitt.*, 29, 205–221.
- PURTSCHELLER, F., HAAS, R. HOINKES, G., MOGESSIE, A., TESSADRI, R. & VELTMAN, CH. (1987): Eoalpinemetamorphism in the crystalline basement. – In: FLÜGEL, H. W. & FAUPL, P. (Eds.), *Geodynamics of the Eastern Alps*. Deuticke, Wien, 185–190.
- SASSI, F. P., ZANETTI, B. & ZIRPOLI, G. (1980): Quadro della storia termica alpina nelle Alpi orientali. – *Rend. Soc. Min. Petr.*, 36, 19-33.
- SCHMITZ, N. (1971): Die Blei-Zinkerzlagerstätten des Pflerschtals bei Gossensass in Südtirol/Italien. Zur genetischen Kennzeichnung eines ostalpinen Erzvorkommens. – Diss. TH Aachen, 243 S.
- SCHMITZ, N. (1974): Die Blei-Zinkerzlagerstätten des Pflerschtals. Zur Genese eines metamorphen schichtgebundenen Erzvorkommens aus den Ostalpen. – *Geol. Rundsch.*, 63, 148-165.
- SPERGES, J. v. (1821): *Tyrolische Bergwerkgeschichte, mit alten Urkunden, und einem Anhang worin das Bergwerk zu Schwaz beschrieben wird*. Wien.
- STELZNER, A. W. (1904 – 1906): *Die Erzlagerstätten*. Unter Zugrundelegung der hinterlassenen Vorlesungsmanuskrifte und Aufzeichnungen bearbeitet von A. BERGEAT. 1. Hälfte, 2. Hälfte, 1330 S, Leipzig A. Felix.
- THÖNI, M. (1986): The Rb-Sr thin slab isochron method – an unreliable method for dating geologic events in polymetamorphic terrains?. – *Mem. Sci. Geol.*, 38, 283-352.
- YUND, R. A. & KULLERUD, G. (1966): Thermal stability of assemblages in the Cu-Fe-S system. – *Journal of Petrology*, 7/3, 454-488.