Geo.Alp, Vol. 9, S. 30–47, 2012

DER SCHNEEBERGER GRUBENKÖRPER IN 3D: EIN BEITRAG ZUR GENESE UND NEUE ERKENNTNISSE ZUR LAGERUNG DER PB-ZN LAGERSTÄTTE SCHNEEBERG (ÖTZTAL-STUBAI-KRISTALLIN, SÜDTIROL, ITALIEN)

Daniel Ungerank[1,2], Dieter Schölzhorn[2], Peter Tropper[1]

Mit 27 Abbildungen

[1] Institut für Mineralogie und Petrographie, Universität Innsbruck, Innrain 52f, A-6020 Innsbruck, Österreich
[2] Bergbauwelt Ridnaun Schneeberg, Ridnaun – Schneeberg, Maiern 48, I-39040 Ridnaun, Italien

Zusammenfassung

Die Pb-Zn Lagerstätte Schneeberg/Ridnaun stellt eine der historisch bedeutendsten Lagerstätten in den Ostalpen dar. Die Lagerstätte liegt im nördlichsten Teil von Südtirol im östlichen Bereich des polymetamorphen Ötztal-Stubai Kristallins (ÖSC). Die Haupterzminerale, die hier auftreten, sind Sphalerit, Galenit, Pyrrhotin und Chalkopyrit, welche größtenteils schieferungskonkordant in die polymetamorphen Paragneise und Glimmerschiefer eingeschaltet sind. Eines der Ziele, die im Zuge dieser Arbeit verfolgt wurden, war einerseits die Frage, ob in den beiden Bergbaugebieten am Schneeberg (Passeiertal) und im Pflerschtal ein und derselbe Erzkörper angefahren bzw. abgebaut wurde. Weiters wurde versucht, die bergmännischen Bergriffe Hangendgang, Liegendgang und Kreuztrum auf ihre tatsächliche Existenz zu prüfen. Dazu wurden sowohl obertägige als auch untertägige Kartierungen durchgeführt und ein 3D Modell des Schneeberger Grubenkörpers (SCHÖLZHORN, 2001) hinzugezogen, um sich Untertage besser zurechtzufinden.

Schlüsselwörter: Pb-Zn-Lagerstätte, Lagerstättengenese, Ötztal-Stubai-Kristallin, Schneeberg, Südtirol

Abstract

The Pb-Zn ore deposit Schneeberg/Ridnaun is historically one of the most important ore deposits in the Eastern Alps. The ore deposit is situated in the northernmost part of the Ötztal-Stubai Crystalline Complex (ÖSC). Main ore minerals are sphalerite, galena, pyrrhotite and chalkopyrite. This assemblage occurs parallel to the foliation within paragneisses and micaschists. One of the aims of this investigation was whether in both mining areas Schneeberg and Pflerschtal the same ore body was mined and if the terms Hangendgang, Liegendgang and Kreuztrum truly describe the spatial situation of mining operations in the ore districts. This was based on geological surface as well as mining mappings in conjunction with a 3D model of the mining operations (SCHÖLZHORN, 2001).

Einleitung

Das Bergbaurevier Pflersch-Schneeberg stellte über Jahrhunderte hindurch eine der bedeutendsten Erzlagerstätten des ostalpinen Raums dar. Bis in die jüngste Vergangenheit in 1985 wurden Blei- und Zinkerze in großindustriellem Maßstab abgebaut und prägten die gesamte Region nachhaltig (BAUMGARTEN et al., 1998; HALLER & SCHÖLZHORN, 2000).

Obwohl viele montangeologische Arbeiten über das Gebiet (v.A. über den Bergbau am Schneeberg) existieren (BAUMGARTEN et al. 1998), gibt es bis heute noch viele Ungereimtheiten bzw. ungelöste Fragestellungen vor allem im Hinblick auf die Bildung, Form und Ausdehnung der Erzlagerstätte.

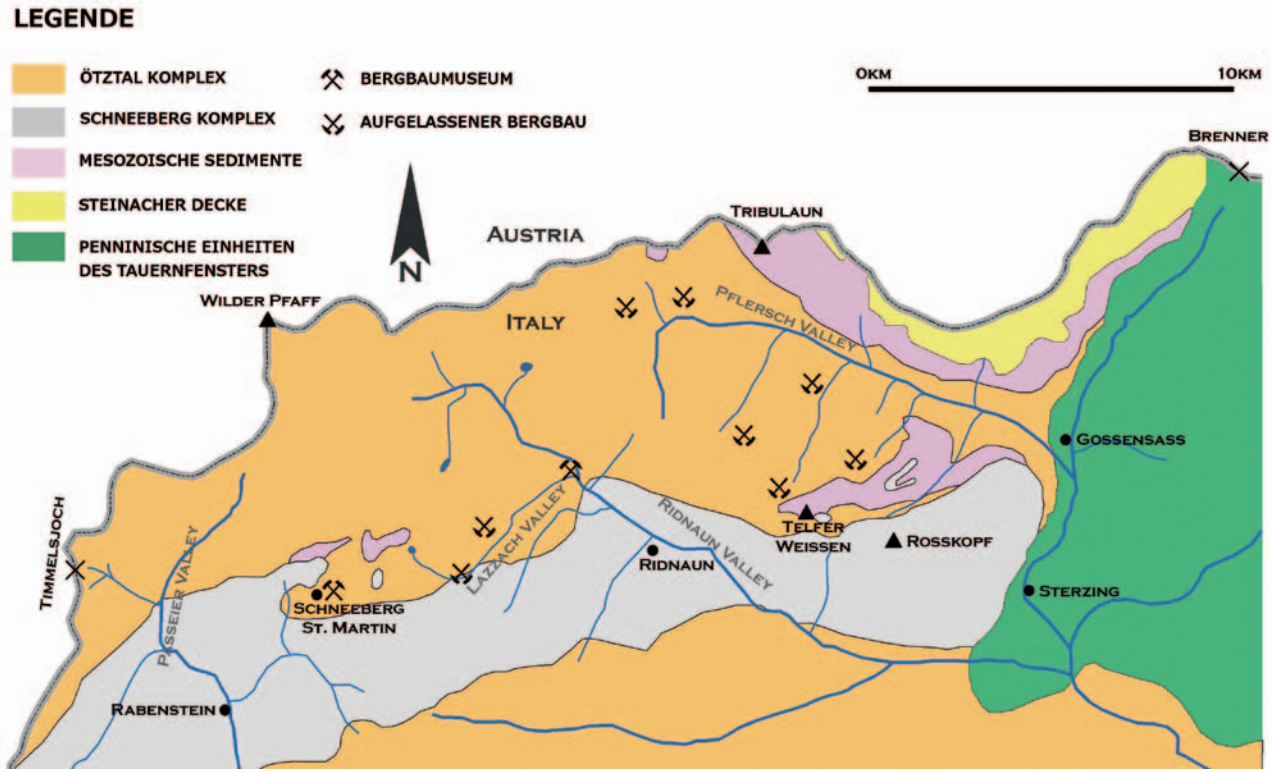


Abb. 2: Geologische Übersichtskarte des einstigen Bergbaureviers. Eingetragen sind die aufgelassenen Bergbaue sowie die Museumsbereiche des Südtiroler Bergbaumuseums (modifiziert nach FRIZZO, 2002).

Geographischer Überblick

Das Bergbaurevier Pflersch-Schneeberg liegt im zentralen Norden von Südtirol in der Nähe des Alpenhauptkammes und erstreckt sich vom Schneeberg im hintersten Passeiertal bis in das Pflerschtal. Die bergmännischen Aufschlüsse beschränken sich dabei im Allgemeinen auf den Schneeberg, die Nordseite des Lazzachertales (hinteres Ridnauntal), den Talschluss des Pflerschtales sowie dessen südliche Talflanken. Weitere Ausbisse und Abbaue treten im Ridnauntal unterhalb der Telfer Weißen auf (Abb. 2).

Geologischer und petrographischer Überblick

Die Pb-Zn Lagerstätte Pflersch-Schneeberg liegt im östlichen Bereich des polymetamorphen Ötztal-Stubai-Kristallins [ÖSC] (Abb. 2). Das ÖSC wird ganz allgemein aus einer Abfolge von metamorphen, sandigen bis tonigen Sedimenten altpaläozoischer Herkunft aufgebaut. Diese Sedimente liegen heute in Form polymetamorpher Paragneise und Glimmerschiefer vor. Darin eingeschaltet finden sich immer wieder z.T. relativ mächtige Orthogneiszüge und Amphibolite, welche meist schieferungs-

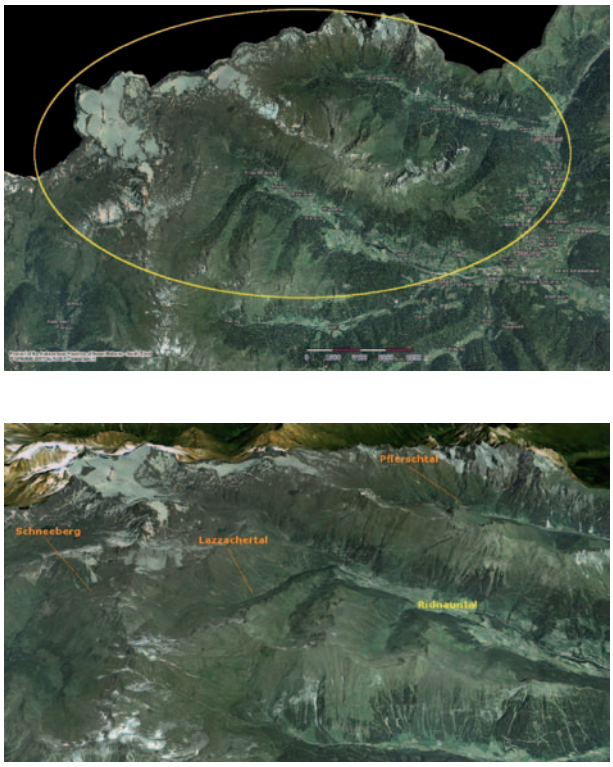


Abb. 1: Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes (Geobrowser, Autonome Provinz Bozen – Südtirol).

Abb. 3: Typisches Erscheinungsbild von Sphalerit und Galenit der Lagerstätte Pflersch-Schneeberg. Die Erze sind schieferungskonkordant in das Nebengestein eingelagert.

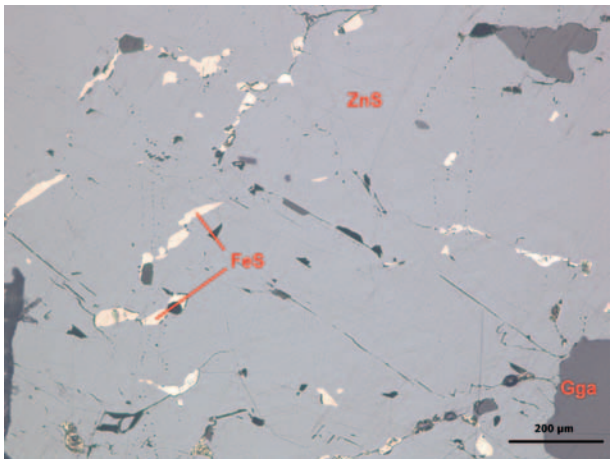


Abb. 4: Auflichtaufnahme von Sphalerit bei parallelen Nicols [pN]. Sphalerit (ZnS) mit Pyrrhotinentmischungen (FeS, gelb) und Gangart (Gga, dunkelgrau).

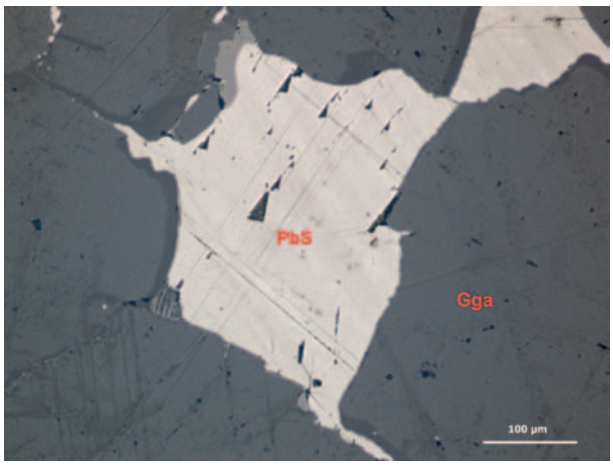


Abb. 5: Auflichtaufnahme bei pN. Typisch für Galenit (PbS) sind zudem Schleifkratzer und dreieckige Spaltausbrüche. Die Gangart (Gga) ist dunkelgrau.

konkordant auftreten. Die Hauptgefügeelemente sind im Großteil des ÖSC der variszischen bzw. der südliche Anteil der eo-alpidischen Orogenese zuzuordnen. Schieferungskonkordant eingeschaltet in das ÖSC liegt auch der Erzkörper. Dieser lässt sich teils sogar an der Oberfläche verfolgen und aufgrund neuester Untersuchungen (Texturen, Mineralparagenese) kann davon ausgegangen werden, dass sämtliche Abbaue vom Schneeberg bis in das Pflerschtal ein und denselben Erzkörper anfuhren. Die Haupterzparagenese der Lagerstätte beinhaltet neben Galenit + Sphalerit (Abb. 3) noch Pyrrhotin (Magnetkies) und Chalkopyrit (Kupferkies).

Sphalerit (Zinkblende, ZnS)

Sphalerit ist das am häufigsten anzutreffende Mineral in der Erzparagenese vom Schneeberg bis in das Pflerschtal. Sphalerit ist in dieser Gegend sehr Fe-reich und besitzt hohe Cd-Gehalte. Im Schnitt baut Sphalerit zwischen 6.8 und 8.7 Gew.% Fe in das Kristallgitter ein. Häufig finden sich in der Zinkblende auch Entmischungen bzw. engständige Verwachsungen von Pyrrhotin (Abb. 6) und Chalkopyrit, die meist orientiert, vermutlich an Spaltflächen ausgerichtet sind. Teilweise dringt Chalkopyrit auch in kataklastische Risse von Granat, wodurch sog. Granatsiebe entstehen. Die Haupterzparagenese der Lagerstätte beinhaltet neben Galenit + Sphalerit (Abb. 3) noch Pyrrhotin (Magnetkies) und Chalkopyrit (Kupferkies).

Galenit (Bleiglanz, PbS)

Neben Sphalerit ist Galenit (Abb. 5) eine kennzeichnende Komponente der Lagerstätte. Dieser ist allerdings sehr inhomogen verteilt. Galenit besitzt eine große Neigung zu Idiomorphie und wegen der hohen Plastizität zeigt er meist bruchlose Verformungen und keine Kataklase. Häufig zeigt er auch Verwachsungen bzw. Einschlüsse von verschiedenen Mineralen wie Bournonit ($PbCuSbS_3$), Boulangerit ($Pb_5Sb_4S_{11}$) oder Fahlerz ($Cu_{10}(Fe,Zn)_2(Sb,As)_4S_{13}$). Bleiglanz ist wie Zinkblende ein Durchläufermineral und meist eine späte Bildung in der Paragenese.

Pyrrhotin (Magnetkies, FeS)

Pyrrhotin kann im Gelände häufig ohne Lupe identifiziert werden und bildet ebenfalls einen Hauptge-

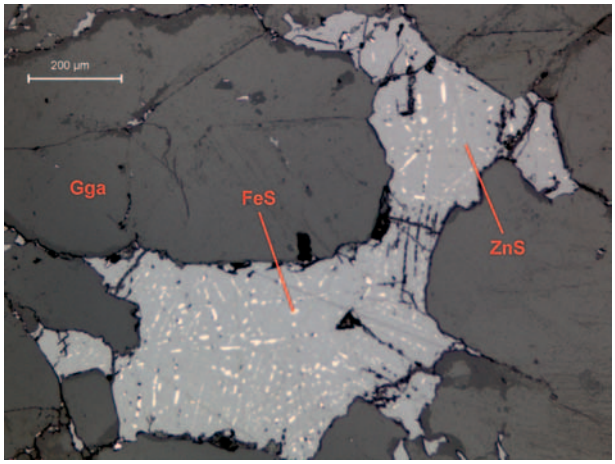


Abb. 6: Auflichtaufnahme bei pN. Orientierte Entmischungen von Pyrrhotin (FeS) in Sphalerit (ZnS).

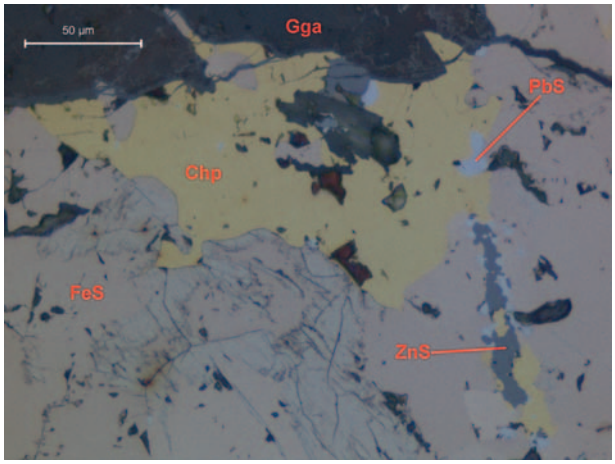


Abb. 8: Auflichtaufnahme bei pN. Chalkopyrit (Chp) mit Pyrrhotin (FeS), der durch Sphalerit (ZnS) und Galenit (PbS) verdrängt wird.

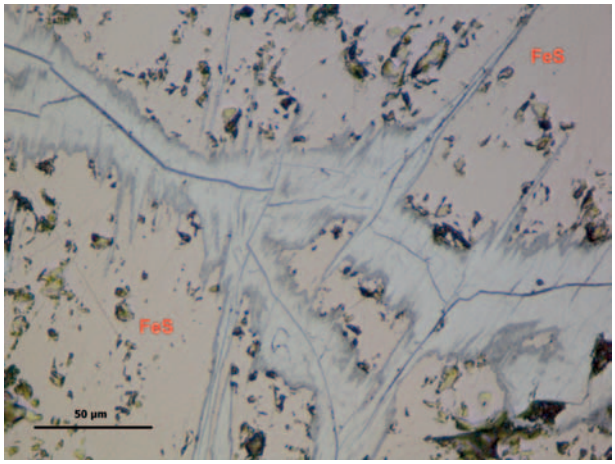


Abb. 7: Auflichtaufnahme (pN) von zwei Pyrrhotinkörnern (FeS), die entlang von Rissen verdrängt werden, wobei die Eigenschaften bei xN ähnlich denen von anisotropem Markasit sind. Die Analysen der Verdrängungserscheinugen zeigten, dass es sich hier um ursprünglichen Pyrrhotin handelt, der sich zu Markasit und Eisenhydroxiden wie Lepidokrokit und Goethit umgewandelt hat.

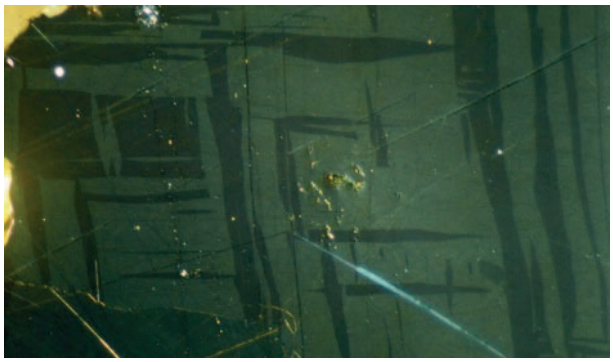


Abb. 9: Auflichtaufnahme von Chalkopyrit bei xN in Öl. Deutlich sind die oleanderblattförmigen α-β Umwandlungslamellen sichtbar (MAIR et al., 2007).

mengteil der Erzparagenese. Unter dem Auflichtmikroskop zeigt Pyrrhotin deutliche cremebraune Farben. Bei gekreuzten Nicols zeigt Pyrrhotin graubraune bis zartgrüne Anisotropieeffekte. Entmischungen von Pyrrhotin (Abb. 4) und Chalkopyrit in der Zinkblende (Abb. 6) sind typisch für den hochtemperierten Charakter der Lagerstätte (PAGEL, 1975). Eine Besonderheit des Pyrrhotins der Lagerstätte sind Verdrängungserscheinungen (Abb. 7). Diese scheinen von feinen Rissen auszugehen und sind vermutlich parallel zu den Spaltbarkeiten des Pyrrhotins entwickelt.

Chalkopyrit (Kupferkies, CuFeS2)

Das Durchläufermineral Chalkopyrit kann man im Gelände makroskopisch erkennen. Chalkopyrit tritt demnach in größeren Kornaggregaten auf (Abb. 8), bildet allerdings auch feinste Entmischungen in der Zinkblende gemeinsam mit Pyrrhotin. Anzutreffen ist er jedoch auch als Rissfüllung.

Chalkopyrit der Lagerstätte Pflersch-Schneeberg besteht i.A. aus 30.55% Fe, 33.82% Cu sowie 34.74% S. Umwandlungslamellen (lanzettartige α-β Umwandlungslamellen) im Chalkopyrit, die bereits BRIGO (1965) beschreibt, liefern Hinweise auf eine hohe Bildungs- bzw. Umwandlungstemperatur. Kubisch gebildete Kupferkiese (>500°C) mit Schwefeldefizt gehen bei Abkühlung in die tetragonale Tieftemperaturmodifikation, erkennbar an den Umwandlungslamellen (Abb. 9), über.

Metamorphoseentwicklung

Die variszische Orogenese ist beinahe in allen Basementeinheiten des Austroalpins westlich des Tauernfensters nachweisbar, wobei es sich aller Wahrscheinlichkeit nach um ein mehrstufiges Ereignis handelt. Im westlichen ÖSC ist die Hauptgefügeprägung im nordwestlichen und zentralen Teil hauptsächlich der variszischen Orogenese zuzuordnen. Interessant ist allerdings, dass in anderen Einheiten, wie beispielsweise im Schneeberger Zug, bis dato noch keine variszische Metamorphose nachweisbar ist.

Anfänglich ist die variszische Orogenese von einem Hochdruckereignis geprägt. Dies belegen Eklogite aus dem zentralen ÖSC, welche von MILLER & THÖNI (1995) auf 350 ± 10 Ma datiert wurden. Die P-T Bedingungen von ca. 700°C und 2 GPa wurden für diese Gesteine ermittelt. KAPFERER & TROPPER (2005) haben für den Metamorphosehöhepunkt P-T Bedingungen von 620-650°C und 1.7-2.3 GPa für Eklogite im nördlichen ÖSC ermittelt. Nach dem initialen Hochdruckstadium kommt es zur prägenden amphibolitfaziellen Metamorphose. Für das ÖSC wurden für den Metamorphosehöhepunkt der variszischen Orogenese amphibolitfazielle Bedingungen von 570-650°C und 0.6-0.8 GPa bestimmt (HOINKES & THÖNI, 1993; TROPPER & RECHEIS, 2003; KAPFERER & TROPPER, 2005).

Bei der alpidischen Orogenese müssen zwei Metamorphoseereignisse voneinander getrennt werden nämlich die kretazische (eoalpine) Metamorphose vor rund 100-80 Ma und die känozoische (neoalpine) Metamorphose vor ca. 40-20 Ma.

Die austroalpinen Einheiten sind dabei hauptsächlich durch das kretazische Event geprägt. Vor allem das ÖSC zeigt ein interessantes Erscheinungsbild bezüglich des räumlichen Verlaufs der eo-alpidischen Metamorphose (Abb. 10). Charakteristisch für das ÖSC ist nämlich eine deutliche Metamorphosezonierung von NW nach SE. Während in den Gesteinen des Kaunertales die eo-alpidischen Metamorphose kaum über die mittlere Grünschieferfazies hinausreicht, erreicht diese südlich des Schneeberger Zuges im Texelkomplex eklogitfazielle Bedingungen. Dort lagen die P-T Bedingungen bei 600°C und >1.3 GPa. Das Alter des Metamorphosehöhepunktes wurde mit 85 ± 5 Ma datiert (HABLER et al., 2005). Die neoalpine Metamorphose ist nur sehr lokal nachweisbar, wie etwa im Meran-Mauls-Basement nahe der Periadriatischen Naht.

Die Lagerstätte

Form der Lagerstätte

Grundsätzlich kann man im Bergbaurevier Pflersch-Schneeberg von drei Lagerstättenbereichen sprechen:

- Lagerstättenbereich *Schneeberg-St. Martin*

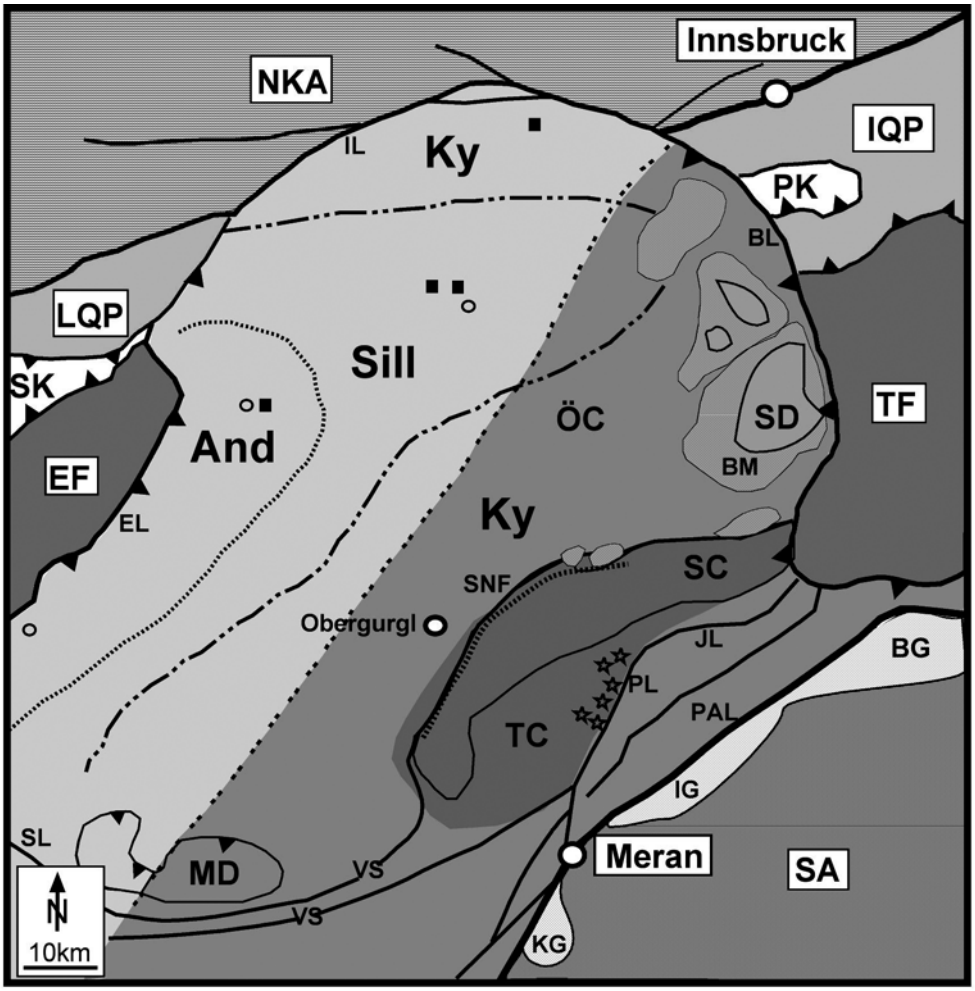
- Lagerstättenbereich *Lazzachertal*

- Lagerstättenbereich *Pflerschtal*

Betrachtet man die erzführenden Horizonte der drei Lagerstättenbereiche, so fällt auf, dass diese größtenteils schieferungskonkordant auftreten. Die Schieferung der Nebengesteine taucht zusammen mit dem Erzlager mit etwa 30° bis 35° nach N bzw. NW ab. Im Wesentlichen spricht man aus bergmännischer Sicht von zwei größeren, schieferungskonkordanten erzführenden Strukturen: einem hangenden Erzhorizont, dem *Hangendgang* und einem liegenden Erzhorizont, dem *Liegendgang*. Das geringmächtigere *Kreuztrum* verbindet die beiden vorhin genannten Strukturen in geringem Winkel. Die Mächtigkeit der Erzhorizonte schwankt zwischen 1 und 6 m (MAIR et al., 2007). Typisch für die Vererzungen ist das Auftreten in der Nähe von Orthogneisbändern des ÖSC. Weiters werden die Vererzungen von charakteristischen Graphitschieferhorizonten begleitet. Laut BAUMGARTEN et al. (1998) erstreckt sich der Schwerpunkt der Vererzung am Schneeberg auf einer Fläche von etwa 2 km^2. Für das Pflerschtal finden sich in der Literatur keine derartigen Zahlen, da die Vererzungen im dortigen Revier zu weitläufig verteilt auftreten.

Genese

Das konkordante, schieferungsparallele Auftreten der geringmächtigen Vererzungen lässt für das Bergbaurevier Pflersch-Schneeberg eine submarin-hydrothermal (exhalativ) sedimentäre Lagerstättenbildung als wahrscheinlich erscheinen (MAIR et al., 2007). Die im Schichtverband auftretenden Orthogneislinsen weisen auf aktiven Magmatismus während der Erzanlagerung hin. Eine weitere Möglichkeit stellt die Bildung der Lagerstätte aus ehemaligen Faulschlämmen dar. Wie es sich auch rezent z.B. im Schwarzen Meer beobachten lässt, dürften damals in einem anoxischen Milieu (sulfidreiche Faulschlämme) entstanden sein.



Austroalpin

- Nördliche Kalkalpen NKA
- Mesozoische Bedeckung BM: Brenner Mesozoikum
- Quarzphyllite; IQP: Innsbrucker- LQP: Landecker Quarzphyllit
- Basementeinheiten SK: Silvretta Kristallin PK: Patscherkofelkristallin SD: Steinacher Decke MD: Matscher Decke ÖC: Ötztal Komplex TC: Texel Komplex SC: Schneeberg Komplex

Penninikum, Südalpin

- Penninikum TF: Tauern Fenster EF: Engadiner Fenster
- Südalpines Basement SA
- Permische Plutone BG: Brixener Granit IG: Ifinger Granit KG: Kreuzberg Granit

Prä-variszische Metamorphose

- Migmatit

Variszische Metamorphose

- Grenze Andalusit/Sillimanit
- Grenze Sillimanit/Kyanit
- **Ky:** Kyanitzone
- **Sill:** Sillimanitzone
- **And:** Andalusitzone
- Variszischer Eklogit

Eo-alpine Metamorphose

- Sub-Grünschieferfazies
- Grünschieferfazies
- Amphibolitfazies
- Chloritoid-in Isograde
- Staurolite-in Isograde
- Eo-alpiner Eklogit

Störungen

SL: Schlinig Linie
VS: Vinschgau Scherzone
PL: Passeier Linie
JL: Jaufen Linie
EL: Engadiner Linie
IL: Inntal Linie
BL: Brenner Linie
PAL: Periadriatisches Lineament

Abb. 10: Eo-alpidische Metamorphosezonierung im ÖSC (nach TROPPER & RECHEIS, 2003).

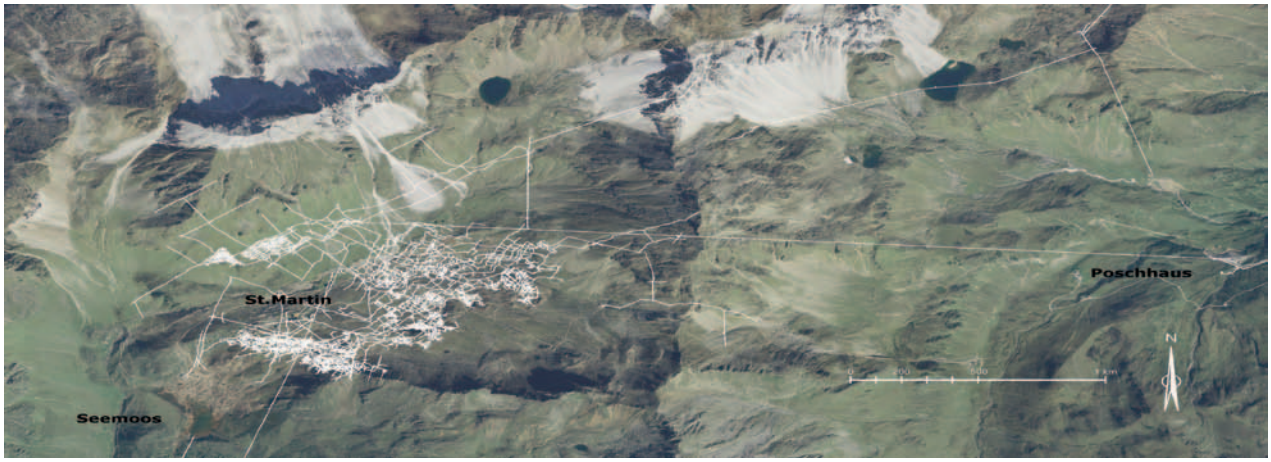


Abb. 11: Neu digitalisierter Grubenriss des Bergwerks Schneeberg mit Orthofoto aus dem Jahr 2006 (Autonome Provinz Bozen).

In der Literatur wird hierfür der Begriff Erzschlämme geprägt. Die in unmittelbarer stratigraphischer Nähe zu den Erzen auftretenden Graphitschiefer stützen die These eines gering durchlüfteten Sedimentationsraumes. Die abgelagerten Erze wurden zusammen mit den umgebenden tonig-sandigen Sedimenten diagenetisch verfestigt und im Zuge der anschließenden variszischen Orogenese amphibolitfaziell zu Paragneisen, Glimmerschiefern und Graphitschiefern umgewandelt. Im schichtkonkordanten Erzkörper kam es während dieser Metamorphose zu Umlagerungen, Sammelkristallisation und Rekristallisation. Im Zuge der eo-alpidischen Orogenese wurden die Erze remobilisiert und es kam zu diskordanten, aszendenten Mineralisationen im hangenden des primären Erzkörpers.

Lagerstätte und Grubengebäude

Die ständige Diskussion: Liegend- oder doch Hangendgang?

Wie bereits beschrieben, gibt es im Bergbaurevier Pflersch-Schneeberg drei unterschiedliche Gänge die von den Bergleuten über Jahrhunderte abgebaut wurden. Aufgrund der Tatsache, dass es jedoch keine Detailprofile mit der Lage der drei Gänge zueinander gibt, kommt es immer wieder zu heftigen Diskussionen unter Fachleuten und Kennern der Lagerstätte bezüglich Form und Lage der drei Erzhorizonte. Auch in der sehr umfangreichen Literatur finden sich sehr konträre Meinungen bezüglich Form, Lage und Entstehung des Erzkörpers. Manche Autoren betrachten die Erzgänge als eine einheitliche Vererzung, die ihr heutiges Bild einer komplizierten Faltung mit anschließender Mineralmobilisation verdankt, während andere die drei Erzkörper als separate, übereinander liegende Bereiche ansehen. Heute ist es aufgrund der Unzugänglichkeit der alten Lagerstätte (Seemoos) und der Einsturzgefahr alter Stollen nicht mehr bzw. nur mehr begrenzt möglich, die von früheren Autoren (z.B. FÖRSTER, 1963; BRIGO, 1965) gemachten Beobachtungen bezüglich des Hangend-, Liegend- und Querganges nachzuvollziehen und eventuell neu zu bearbeiten. Es besteht heute allerdings die Möglichkeit, sich mithilfe eines dreidimensionalen Computermodels im Schneeberger Grubengebäude zu bewegen.

Das Grubengebäude in 3D

Im Jahr 1999 wurden von Dieter Schölzhorn im Rahmen eines Projektes der Autonomen Provinz Bozen alle Stollen, Strecken, Schrägaufbrüche und Schächte, die im Laufe der über 800-jährigen Bergbautätigkeit am Schneeberg aufgefahren wurden, erstmals digital erfasst und in einer dreidimensionalen Computergrafik dargestellt (SCHÖLZHORN, 2001). Insgesamt wurden so an die 400 horizontal verlaufenden Stollen und Strecken, rund 400 Schrägaufbrüche, ca. 50 Schächte und weitere 130 Stollenmundlöcher erfasst. Die Gesamtlänge der Stollen, die dabei digital erfasst wurden, beträgt rund 93 km.

Bis zum Zeitpunkt der Digitalisierung wurde angenommen, dass an die 100 Stollen das Erzlager erschließen. Die erstmalige Zusammenstellung aller Grubenrisse ergab ein Netz von ca. 400 bis 450 Stollen, Strecken und Schächten (Abb. 11). Zählt man alle auch noch so kurzen Vortriebe – Verzweigungen ausgenommen – zusammen, so kommt man auf eine Zahl um die 1000 (SCHÖLZHORN, 2001).

Die erzführenden Horizonte des Bergbaureviers Pflersch-Schneeberg treten größtenteils schieferungskonkordant auf. Die Schieferung wie auch das Erzlager streicht etwa ENE-WSW und taucht mit einem Winkel um die 30° nach N bzw. NW ab. Eine äquivalente Situation findet sich im Pflerschtal sowie an den Südhängen der Telfer Weißen. Dass den Bergleuten schon relativ früh ein Zusammenhang der beiden Lagerstättenbereiche wahrscheinlich war, davon zeugen eine Vielzahl von Versuchstollen und Schürfen in dieser Gegend (BAUMGARTEN et al., 1998).

Bisheriger Forschungsstand

Die Erzgänge

Abgebaut wurden im Wesentlichen zwei parallele, erzführende Körper bzw. Bereiche. Die Bergleute bezeichneten diese massiven Sulfiderzkörper schlicht und einfach als „Gänge", die größtenteils konkordant in das Nebengestein eingelagert sind. Der Bergmann spricht in diesem Zusammenhang von drei Gängen. Dem sog. Hangendgang (filone tetto), dem Liegendgang (filone letto) und dem Quergang oder Kreuztrum (incrociatore bzw. filone intermedio). Beim Hangendgang handelt es sich laut BRIGO (1965) um den Haupterzkörper, der intensiv abgebaut wurde. Sein Verlauf ist auf einer Länge von ca. 1.5 km, von der Zone SW (Seemoos) bis zur Veitstörung im Erminiastollen bekannt; aufgrund des Einfallswinkels erstreckt er sich von den möglicherweise prähistorischen Abbauen des Karlstollens (2060 m) bis zu den Aufschlüssen in der Nähe von 2470 m Seehöhe auf einer Länge von ca. 1 km. Es gibt allerdings zwei Ausläufer bzw. Fortsetzungen, die nicht in direktem Zusammenhang mit der Lagerstätte stehen. Einer erstreckt sich auf einer Länge von 2.6 km in ENE Richtung (Homanstollen, 2200 m SH). Weitere Schürfe finden sich auf ca. 2610 m Meereshöhe, unmittelbar östlich des Kaindljoches im Ridnauntal, bei welchen es sich um die topografisch höchsten handelt. Der Hangendgang hat eine Mächtigkeit zwischen 1.5 und 2 m, erreicht allerdings in einzelnen Bereichen (z.B. Abbaue Paolo, 2260 m SH, laut BRIGO, 1965) 6-8 m. Der Hangendgang war es auch, der durch den Poschhausstollen (Niveau 2000) in den 1960er Jahren in einer Tiefe von ca. 3 km erschlossen und abgebaut wurde.

Der Liegendgang, der so bezeichnet wird, weil er im Liegenden des Hangendganges angetroffen wird, erstreckt sich vom Niveau Peter (2206 m) bis zu den Ausbissen auf 2483 m Meereshöhe (BRIGO, 1965). FÖRSTER (1963) weist darauf hin, dass der Liegendgang auf den höheren Sohlen die Form eines Wellblechs besitzt und in diesem Abschnitt deutlich diskordant im Nebengestein liegt. Mit zunehmender Tiefe verläuft er allerdings wieder konkordant zum Hangendgang. Auch BRIGO (1965) schreibt, dass in den höheren Bereichen (Niveau Nr. 2, Niveau Rudolf) der Erzkörper eine wellige Form zeigt. Nach GRANIGG (1908) handelt es sich hier um eine Monoklinalverfaltung, während CLAR (1931) die Form des Liegendganges auf Scherfaltung zurückführt. Laut FÖRSTER (1963) kann in diesem Zusammenhang allerdings nicht von Verfaltung gesprochen werden, da sich eine derartige Verfaltung auch auf den Hangendgang ausgewirkt haben müsste und Deformationserscheinungen auch in der Vererzung und im Nebengestein zu finden sein müssten. Weiters soll der Liegendgang auf mehreren Sohlen an den Hangendgang anscharen, wobei an der Scharung weder eine Erzkonzentration noch eine Änderung der Mächtigkeit und der Mineralführung der Gänge eintritt. Die Mächtigkeit dieses Erzkörpers beträgt maximal 4 m, im Schnitt allerdings an die 1.5 m.

Der Quergang oder das Kreuztrum verbindet Hangend- und Liegendgang. Er wurde vom Niveau Peter bis kurz unter die Oberfläche abgebaut und hat im Schnitt eine Mächtigkeit von 1 bis 2 m. Der Einfallswinkel liegt zwischen 60 bis 90° (BRIGO, 1965). Der Erzkörper hat die Form einer ausgelängten Linse, die sich zwischen Hangend- und Liegendgang erstreckt. FÖRSTER (1963) vergleicht die Form des Querganges mit einem Lineal, da der Quergang parallel der Schieferung und in linearer Erstreckung liegt. Lokal setzt er sich auch einige Meter diskordant durch das Nebengestein fort. Diese Tatsache rechtfertigt die Annahme, dass der gegenwärtige Erzkörper in einer ursprünglichen Scherzone gebildet wurde. Die gesamte Zone um den Bereich SW (Seemoos) der Lagerstätte zwischen Hangend- und Liegendgang, wurde wahrscheinlich durch komplexe Scherbewegungen beeinflusst, die durch Extensionstektonik ausgelöst wurden (BRIGO, 1965).

In der Literatur werden Liegendgang und Quergang teilweise als sehr reiche Erzgänge beschrieben. In moderner Zeit wurde durch den Vortrieb des Poschhausstollens in den 1960er Jahren dann nur mehr der Hangendgang abgebaut, der wie bereits oben erwähnt, hier angetroffen wurde. Sondierungsarbeiten zwischen 1974 und 1979 bestätigten die

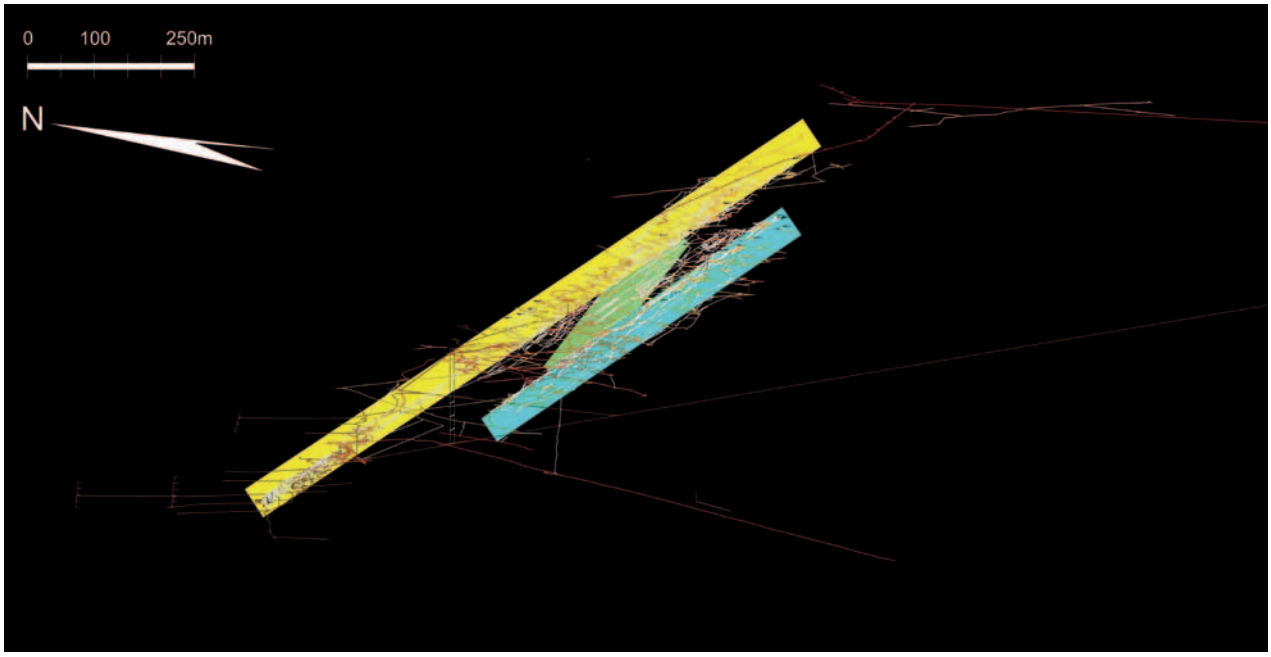


Abb. 12: 3D Südansicht des Schneeberger Grubenkörpers. In hellblau ausgehalten die vermutete Lage des Liegendganges, in gelb die des Hangendganges und in grün die Lage des Querganges.

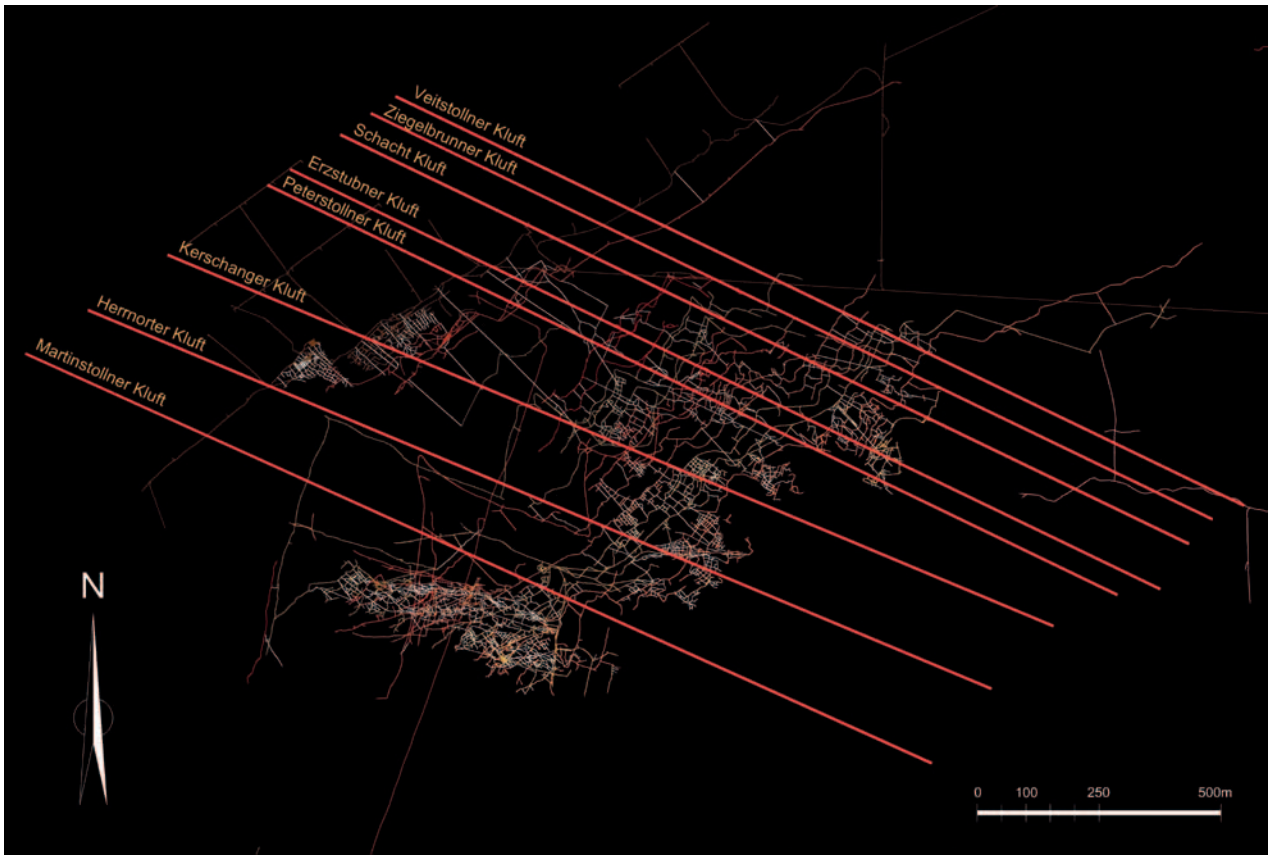


Abb. 13: Lageplan mit der Störungsfamilie vom Typ Martin (Namen entnommen aus der geognostischen Karte Tirols von 1849).

Teufenfortsetzung des Hangendganges bis ca. 300 m unter Niveau 2000. Liegend- und Quergang wurden in diesem Lagerstättenbereich trotz Bohrungen und Querschlägen nie angetroffen (PAGEL, 1975). Die ungefähre Lage dieser 3 beschriebenen Gänge zueinander wird versucht in Abbildung 12 graphisch wiederzugeben. Zu erwähnen sei hier allerdings nochmals, dass es sich hier um die Interpretation handelt, die bisher angenommen wurde.

Störungssysteme

Der Verlauf der Gänge im Schneeberger Grubenkörper wird durch zahlreiche Störungen versetzt. Es gibt insgesamt drei Hauptgruppen von Störungen:

1. E-W streichende Störungen vom Typ Aloisi mit einem Einfallen nach N (~55°).

2. N-S streichende Störungen vom Typ Paul mit einem Einfallen nach W (~60°).

3. WNW-ESE streichende Störungen vom Typ Martin mit einem Einfallen nach NNE (~65°).

Bei allen drei Störungsfamilien handelt es sich um Abschiebungen, die durch Extensionstektonik entstanden sind. Störungen vom Typ Aloisi haben die Lagerstätte am frühesten beeinflusst, gefolgt von den Störungen vom Typ Paul und Martin, die vermutlich gleich alt sind (wahrscheinlich im Miozän entstanden). Der Unterschied in der Einfallsrichtung und des Streichens der Störung führt bei den Erzgängen zwischen zwei Störungen zur Ausbildung von rotationalen Versätzen (BRIGO, 1965). Laut FÖRSTER (1963) gehören dem Typ Martin die wichtigsten Störungen des Grubengebäudes an, wie beispielsweise die Franz-, Martin-, Herrenorterstörung, Herrenorterkluft, Kerschanger-, Peterstollen-, Erzstubner-, Schacht- und Veitstörung. Letztere ist auch Übertage deutlich kartierbar. Sie startet am Kaindljoch und verläuft Richtung NW bis zu den Schneeberger Weißen wo sie den Dolomit durchsetzen (Abb. 13).

Aktuelle Ansicht

Im nachfolgenden Kapitel wird versucht, einen aktuellen und detaillierten Einblick in die Form der Lagerstätte und des Schneeberger Grubengebäudes zu geben. Die Ergebnisse und Schlussfolgerungen stützen sich auf Literaturdaten, Stollenbegehungen, Übertagekartierungen und Auswertungen der 3D Computersimulation. Das 3D Modell wurde so verwendet, dass aufgrund der derzeitigen Daten und Kenntnisse, Rückschlüsse auf Abbau, Erzführung und Lagerung gemacht wurden. Zudem konnten beispielsweise mithilfe einiger Stollenbezeichnungen Rückschlüsse auf die Vererzung gezogen werden, die in bestimmten Stollen abgebaut wurde. So scheint immer wieder die Bezeichnung „Letto" und „Tetto" hinter dem Namen des Abbaustollens auf, wie z.B. Paolo Tetto oder Paolo Letto. Ein Hinweis, dass in Ersterem der vermeintliche Hangendgang, im Zweiten der Liegengang abgebaut wurde. Weiters finden sich immer wieder Bezeichnungen wie Incrociatore, Intermedio, welche Hinweise auf den Abbau des sog. Querganges sind.

Betrachtet man den Grundriss der Schneeberger Lagerstätte, so fällt auf, dass man die Lagerstätte aufgrund der „Abbaudichte", d.h. der Anzahl der Strecken und Schächte, in drei unterschiedliche Bereich unterteilen kann (Abb.14).

Wie in Abbildung 14 ersichtlich, kann die Lagerstätte in einen SW-Bereich (Seemoos, *blau*), einen Zentralbereich (nordöstlich des Knappendorfes St. Martin, *gelb)* und in einen nördlichen Bereich (im Norden des Knappendorfes, *grün*) gegliedert werden. Betrachtet man diese Bereiche genauer, so fällt auf, dass der Bereich im Norden und im NE des Knappendorfes ein bestimmtes Abbauschema aufweist, es aber relativ schwierig ist, im Bereich SW (Seemoos) irgendeine Logik bezüglich der Abbaue und des Vortriebs zu erkennen. Der Grund dafür liegt in der Lagerung und Ausbildung des Erzkörpers bzw. der Gänge (wie der Erzkörper bis jetzt beschrieben wurde).

Bereits 1975 schreibt PAGEL, ein früherer Bearbeiter der Lagerstätte: *„Die unterschiedlich beschriebene Ausbildung aller drei Vererzungstypen lässt es wahrscheinlich nicht zu, Hangendgang, Liegendgang und Quergang als eine einheitliche Vererzung zu betrachten. Trotzdem bleibt die Frage offen, ob nicht alle drei Vererzungen einem gemeinsamen Mineralisationsprozess entstammen und die heutige Form durch eine mehr oder weniger komplizierte Faltung verbunden mit metamorphen Mobilisationen hervorgerufen sein könnte."*

Auch MAIR et al. (2007) weisen darauf hin, dass es nach wie vor unklar ist, ob es sich bei den Gängen um denselben steilachsig verfalteten Erzkörper oder ob es sich um drei separate übereinander liegende Erzkörper handelt. Eines der Hauptprobleme einer genauen Beschreibung und Deutung der Lagerstätte und somit der Erzgänge bis dato, war mit Sicherheit die komplex

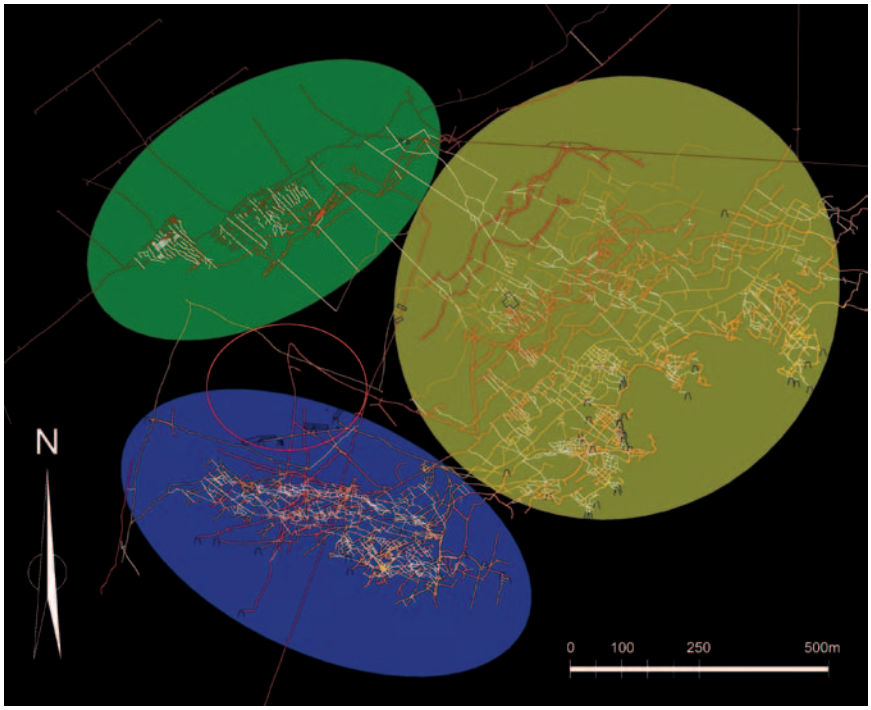


Abb. 14: Grundriss des Schneeberger Grubenkörpers mit den 3 verschiedenen „Abbaubereichen". Genau zwischen diesen 3 „Bereichen" befindet sich das Knappendorf St. Martin am Schneeberg (rot strichliert).

gestörte und weitläufige Verbreitung der Lagerstätte. Hinzu kommen lückenhafte Stollenpläne aus den vergangenen Jahrhunderten. Weiters hatten Bergwerksverwaltung und Geologen bis in die letzten Jahrzehnte nur zweidimensionale Modelle, teilweise sogar nur Grundrisse des Schneeberger Grubenkörpers zur Verfügung. Im Zuge der Recherchen und Untersuchung für die Diplomarbeit konnten folgende Ansichten aufgeklärt werden:

1. Die Begriffe Hangendgang, Liegendgang und Quergang haben nur sehr beschränkte Gültigkeit,

2. der Quergang verbindet nicht den Hangend- mit dem Liegendgang und

3. der gesamte Erzkörper weist die Form eines Wellblechs auf.

ad 1: Die Begriffe Hangendgang, Liegendgang und Quergang haben nur sehr beschränkte Gültigkeit

Durch Übertagekartierungen konnten vom Schneeberg bis in das Pflerschtal immer wieder Faltenachsen mit einem flachen bis mäßigem Einfallswinkel nach W bzw. WNW im Nebengestein bzw. Trägergestein der Vererzung gefunden werden. Ausgehend von diesen Daten wurde durch Stollenbefahrungen und Untertagekartierungen untersucht, ob es auch in der Lagerstätte eine äquivalente Situation gibt. Eine weitere Abhilfe schaffte das dreidimensionale Computermodell. Im Bereich SW (Seemoos) konnte im 3D Modell ein klarer Knick bzw. eine Art Falte des Erzkörpers ausgemacht werden. In diesem Abschnitt der Lagerstätte sind Stollen und Schächte so angelegt worden, dass sie den Verlauf einer Falte nachzeichnen. Wie Abbildungen 15 und 16 zeigen, öffnet sich die Falte Richtung SSW, das Scharnier taucht gegen WNW ab. Diese Faltenstruktur ist aber in 2D Abbildungen nicht oder nur schwer ersichtlich (Abb. 17). Wie bereits erwähnt, schreibt FÖRSTER (1963), dass der Liegendgang auf den höheren Sohlen z.T. deutlich diskordant im Nebengestein liegt und dass dieser auf mehreren Sohlen an den Hangendgang anscharen soll. Vermutlich beschreibt FÖRSTER (1963) hier genau die Situation, die am Scharnier der Falte zu beobachten ist. Genau im Scharnierbereich finden sich nämlich zahlreiche Schächte und Stollen, welche das Erzlager in diesem Bereich erschließen. In diesem Bereich der Lagerstätte können die Begriffe Hangendgang und Liegendgang deshalb nur teilweise verwendet werden. Es handelt sich vielmehr um einen steilachsig verfalteten Erzkörper, der über Jahrzehnte intensiv abgebaut wurde.

Um sich die Situation besser vorstellen zu können, sind nachfolgend nochmals ausgewählte Stollen des Faltenscharniers dargestellt, wie sie angetroffen werden, wenn man diese aus südöstlicher Richtung betrachtet (Abb. 18, 19). Das Faltenscharnier ist in Abbildungen 20 und 21 genauer dargestellt. Der gelbe Stollen

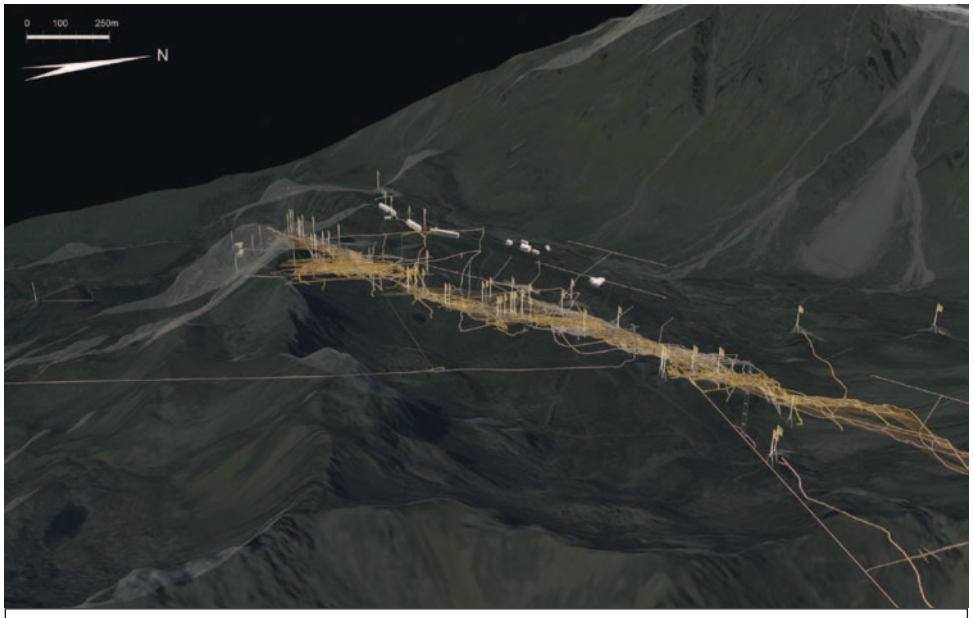


Abb. 15: 3D Ansicht des Stollensystems mit dem Gelände, wie es gegenwärtig am Schneeberg vorhanden ist. Der Erzkörper liegt größtenteils schieferungskonkordant im Nebengestein und taucht mit einem Winkel um die 30° nach N bzw. NW ab. Die gefundene Faltenstruktur befindet sich im SE des Knappendorfes.

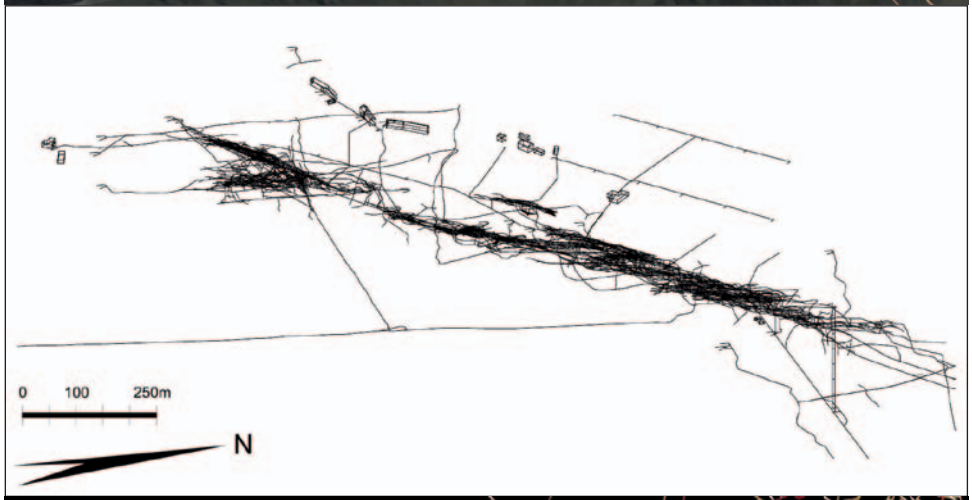


Abb. 16: Darstellung des Stollensystems ohne Geländemodell.

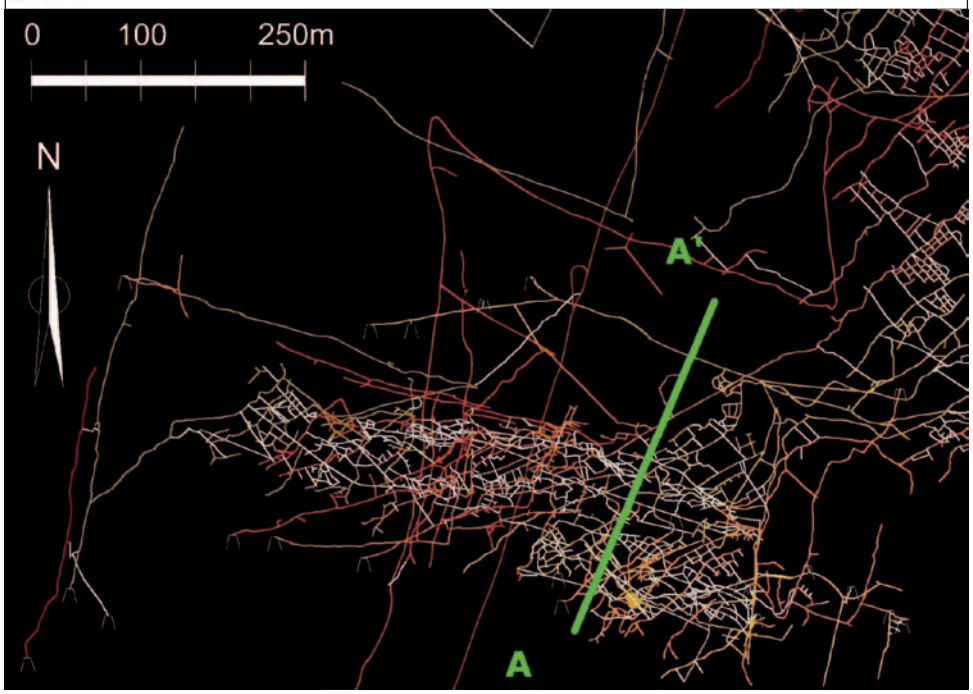


Abb. 17: Wie die Abbildung zeigt, ist es mithilfe eines Grundrisses (2D) nicht bzw. nur mit sehr viel Fantasie möglich, die Faltenstruktur zu finden, welche das Erzlager beschreibt.

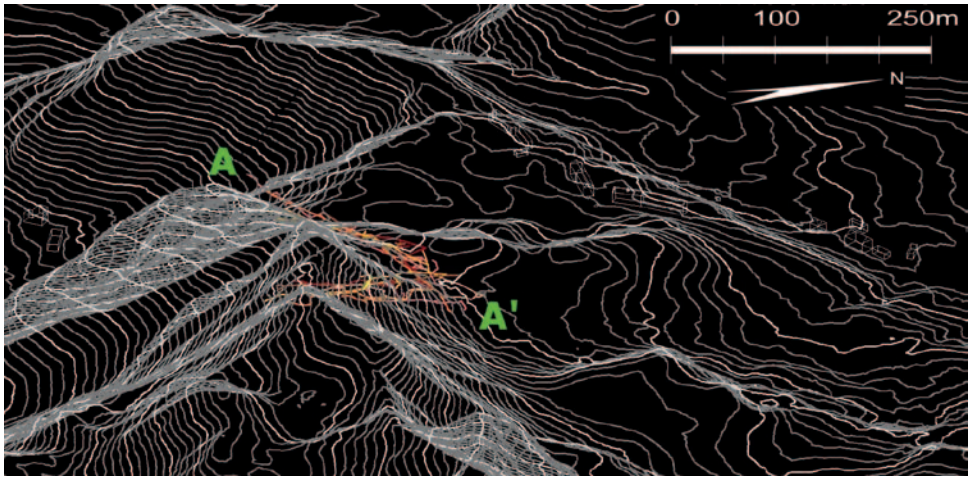


Abb. 18: Um die Faltenstruktur besser beschreiben zu können, wurden in dieser Abbildung nur ausgewählte Stollen sowie das Digitale Geländemodell (DGM) des Schneeberges dargestellt. Wie auch das nachfolgende Foto zeigt, befindet sich die Falte im höchsten Abschnitt der Lagerstätte und beschreibt genau die Morphologie des Bergrückens im S des Knappendorfes. Das Scharnier der Falte taucht mit einem Winkel von 25-30° Richtung WSW entlang des Bergrückens ab.

Abb. 19: In gelb strichliert die Position der Falte, wo sie am Schneeberg anzutreffen ist.

in Abbildung 18 stellt dabei höhere Abbaue dar (Höhe Knappendorf), der rote wesentlich tiefere (Höhe Seemoos). Interessant ist auch der Verlauf der Stollen. Zunächst wurden die Stollen in eine bestimmte Richtung vorgetrieben, um dann an einem bestimmten Punkt einen spitzen Winkel zu beschreiben. Der „Wendepunkt" stellt dabei den Punkt dar, wo die Stollen vom oberen Faltenschenkel („Hangendgang") in den unteren Faltenschenkel („Liegendgang") vorgetrieben wurden. Die Begriffe „Hangendgang" und „Liegendgang" besitzen also in diesem Abschnitt nur eingeschränkte Gültigkeit.

Bei der Betrachtung des Lageplans in Abbildungen 12 und 14 fällt auf, dass der Bereich Seemoos (SW) im Verhältnis zur restlichen Lagerstätte Richtung SW „rotiert" ist. Zurückzuführen ist diese Rotation auf ein komplexes Störungssystem. Genau an dieser Stelle befindet sich nämlich die sog. Martinskluft, die dem Störungssystem vom Typ Martin zugeordnet wird (siehe Abb. 22). Bei der Martinskluft handelt es sich um einen mehrere Meter mächtigen Störungsbereich, bzw. zahlreiche parallele engständige lokale Störungen, welche diesen Abschnitt der Lagerstätte durchziehen. Dieses Störungssystem hat seinen Ursprung im E der Schutzhütte und kann bis in den Karlstollen nachgewiesen werden. Im Karlstollen kann man diese „Kluft" heute noch sehen (~1.1 km vom Stollenmundloch des Karlstollens entfernt). Genau dieses Störungssystem verhindert heute das Befahren der Abbaustollen in der Zone SW. Die Störungszone ist untertage durch Ton und Feinsandablagerungen in Verbindung mit Wasseraustritten gekennzeichnet. An der Störung sind die Stollen komplett eingestürzt.

Betrachtet man das Orthofoto vom Schneeberg mit einem Grundriss der Stollen (Abb. 11) sowie das Gelände des Schneebergs (Abb. 23) so fällt auf, dass sich genau an der Stelle, wo sich die Martinskluft befindet, kaum Abbaustollen oder Strecken befinden. Es fällt auch auf, dass die Bergleute zwei Stollen teilweise entlang dieser Störzone aufgefahren haben. Es sind dies der Peter- und der Pockleiten Stollen. Beide Stollen wurden zunächst gerade in den Berg vorgetrieben. Als die Störung er-

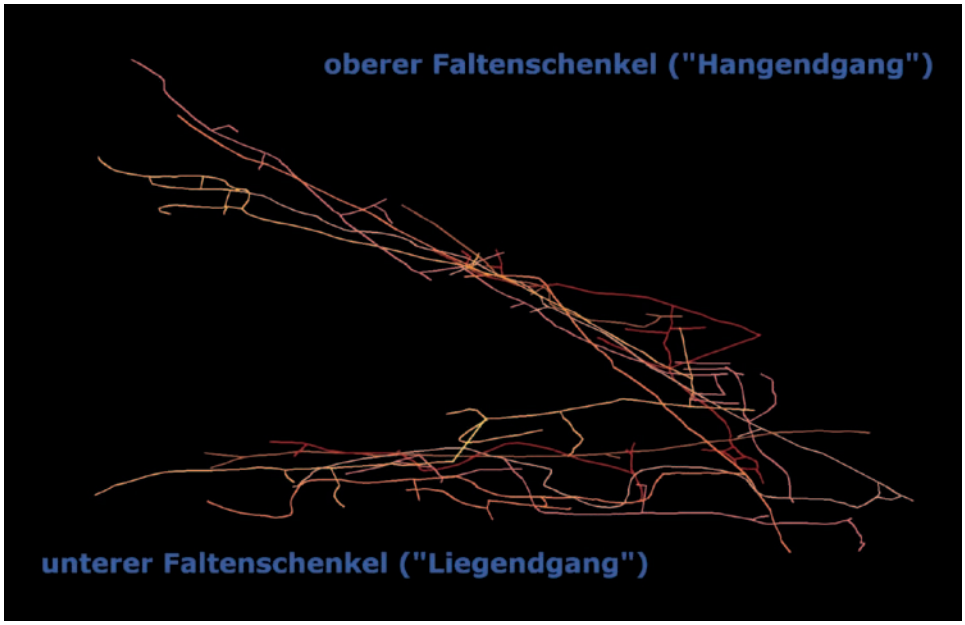


Abb. 20: Westansicht mit direktem Blick in das Faltenscharnier.

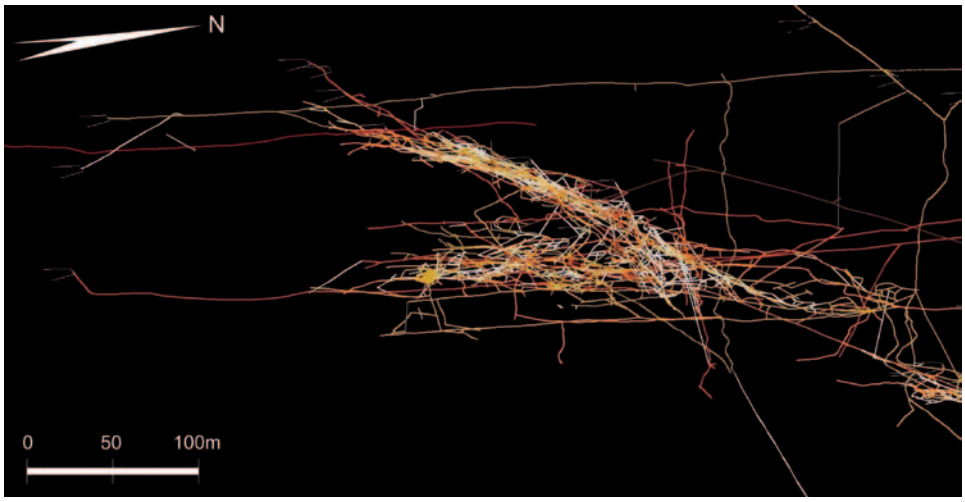


Abb. 21: Die tatsächliche Situation des Faltenkerns. Zu erkennen sind hier zahlreiche Schrägaufbrüche und Schächte (weiß), die vorgetrieben wurden, um das Erz im Kern der Falte abzubauen. Die Faltenstruktur wird im 3D Modell erst mithilfe der zahlreichen Stollen, Strecken und Schächte sichtbar.

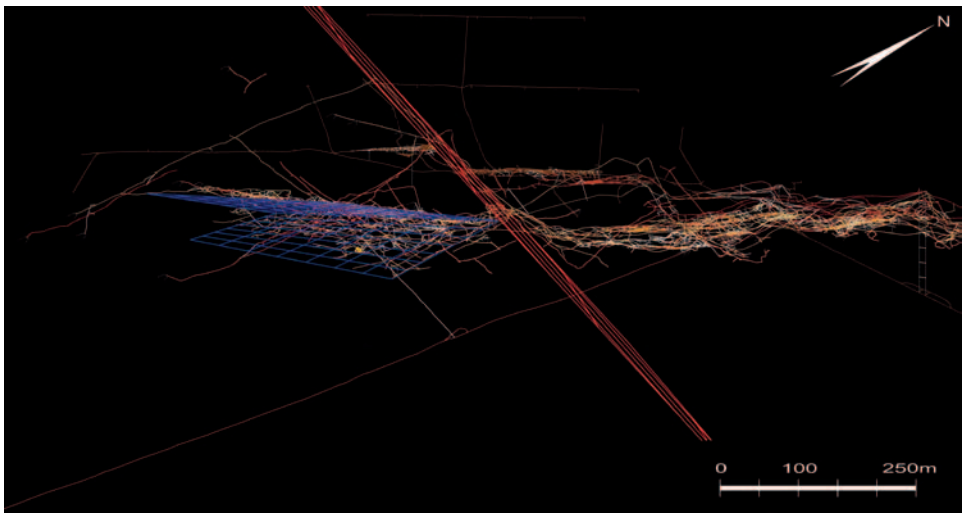


Abb. 22: In blau ausgehalten die Falte im Bereich SW der ehemaligen Lagerstätte Schneeberg in 3D. In rot die Martinskluft, die den Bereich SW vom Rest der Lagerstätte abtrennt und versetzt. Die Martinskluft kann bis auf das Niveau des Karlstollens (2.030 m) verfolgt werden.

Abb. 23: Der Schneeberg aufgenommen von der im N gelegenen Schneeberger Weißen. In rot wurde die ungefähre Lage der Martinskluft und in blau der Bereich eingefärbt, der die Verfaltung zeigt. Auffallend und zugleich charakteristisch ist, dass entlang sowie in der Nähe der Martinskluft keine Stolleneingänge zu finden sind.

reicht wurde, wurde parallel zu dieser weiter gearbeitet. Wieso die Bergleute auf diese Art und Weise diese beiden Stollen vorgetrieben haben, ist allerdings nicht bekannt. Eine mögliche Erklärung wäre, dass man zu der Zeit, als diese Stollen aufgefahren wurden, eine Fortsetzung des Hangend- und Liegendgangs in dieser komplexen ausgeprägten Störungszone vermutete oder man war einfach auf der Suche nach dem Verbindungstrum, welches allerdings wie Berichte und das 3D Computermodell zeigen, nie gefunden wurde (siehe weiter unten).

ad 2: der Quergang verbindet nicht den Hangend- mit dem Liegendgang

Eine weitere Erkenntnis brachten die Untersuchungen zum sog. Quergang. Es konnte eindeutig widerlegt werden, dass der Quergang in den tiefsten Bereichen auf den Hangendgang trifft, während er an den Liegendgang in den höchsten Bereichen anschart, wie von einigen Autoren behauptet. Der Quergang schart nur an einer Stelle bzw. an einem begrenzten Bereich an Hangend- und Liegendgang bzw. die neu entdeckte Falte an und zwar auf ca. 2330 m Meereshöhe im sog. Rudolfstollen (Abb. 24 und 25).

Auch dass der Quergang den Hangend- und Liegendgang verbindet, wie bis dato in der Literatur nachzulesen, ist eine Irreführung. Tatsächlich steht der Quergang als ein für sich selbständiger Erzkörper, der sich im östlichsten Abschnitt der Lagerstätte SW (Seemoos) befindet und parallel zu der Störungsfamilie vom Typ Martin steht. Es handelt sich hier vermutlich um eine ausgelängte bzw. ausgequetschte Linse oder um einen abgescherten Bereich der Faltenstruktur. Korrekt ist allerdings die Behauptung, dass sich der Quergang teilweise diskordant durch das Nebengestein setzt. Der Einfallswinkel liegt im Schnitt zwischen 60-90° und streicht WNW-ESE (Abb. 25).

ad 3: der gesamte Erzkörper weist die Form eines Wellblechs auf

Wie bereits oben beschrieben weist FÖRSTER (1963) darauf hin, dass Teile des „Liegendganges" auf den höheren Sohlen die Form eines Wellblechs besitzen. BRIGO

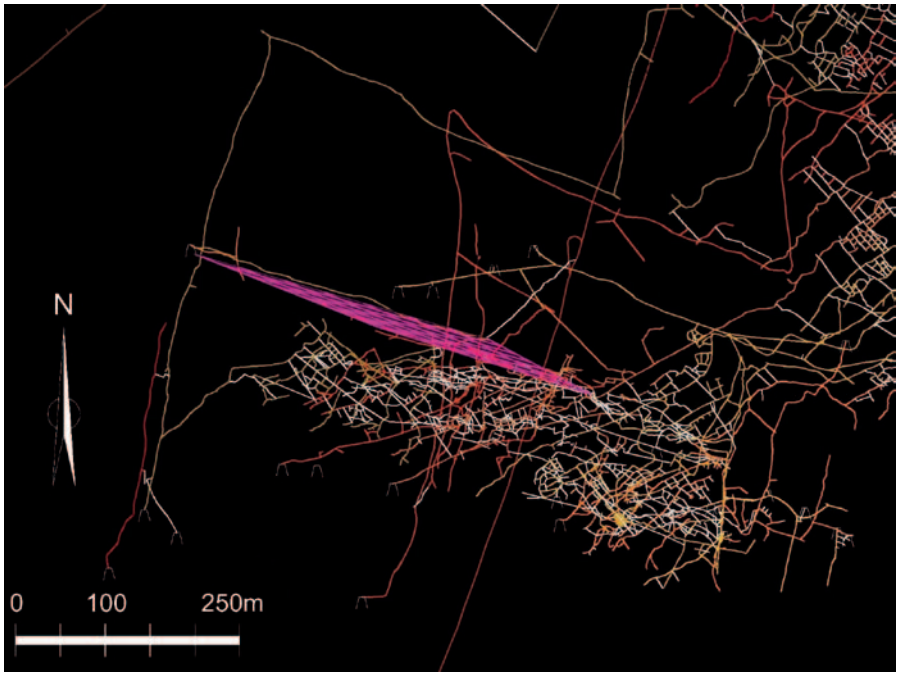


Abb. 24: Lage des Querganges in der Lagerstätte. Der Quergang steht im Verhältnis zum restlichen Erzkörper deutlich diskordant im Nebengestein.

(1965) unterstreicht diese Behauptung mit der Schilderung einer welligen Ausbildung des Erzkörpers ab Niveau Nr. 2 und Niveau Rudolf. Bei Stollenbegehungen konnte diese Tatsache auch in tieferen Stollenniveaus aufgrund von Messdaten an Schieferungsflächen beobachtet werden. Auch kann innerhalb von Schrägschächten, die immer parallel zur Vererzung vorgetrieben wurden, eine Ondulation/Krenulation im kleineren Maßstab beobachtet werden.

Als nächster Schritt wurde im 3D Modell über Abbaustollen und Schächte versucht, den Erzkörper in die Tiefe zu rekonstruieren. Im Anschluss war im Modell ein welliger Erzkörper zu erkennen, der vom Poschhausstollen bis zur Martinskluft reicht, und vermutlich seine Fortsetzung in der Falte hat. Eine weitere wellige Ausbildung konnte entlang des Streichens des Erzkörpers (ENE-WSW) ausgemacht werden (Abb. 26 und Abb. 27).

Beim Erzkörper, der vom Schneeberg bis in das Pflerschtal abgebaut wurde, handelt es sich aufgrund mineralogisch-petrologischer sowie geochemischer und struktureller Eigenschaften vermutlich um eine Metallanreicherung, die infolge altpaläozoischer Krustenextensionen submarin, hydrothermal-sedimentär gebildet wurde (MAIR et al., 2007). Es handelt sich also um eine prävariszische, synsedimentäre Anreicherung, die nach der Bildung im Zuge nachfolgender Metamorphosen überprägt und teilweise mobilisiert wurde. Sein heutiges Bild erhielt der Erzkörper sowohl bei der variszischen als auch während der eo-alpidischen Orogenese. Aufgrund der neu untersuchten Lagerungsverhältnisse kann davon ausgegangen werden, dass die Lagerstätte bereits prä-alpidisch verfaltet wurde. Davon zeugen zahlreiche NW abtauchende Faltenachsen im Nebengestein und die Faltenachse des verfalteten Erzlagers. Laut SCHMITZ (1971) handelt es sich bei flachen, nach NW-abtauchenden Faltenachsen, neben der noch gelegentlich auftretenden E-W Faltung, um die älteste Faltung die im Untersuchungsgebiet nachgewiesen werden kann.

Im Anschluss daran wurde der Erzkörper während und nach der eo-alpidischen Orogenese nochmals verfaltet, deformiert und durch Lösungen remobilisiert. Davon zeugen die zahlreichen neu gebildeten Erzminerale. Der mehrphasig wellig-verfaltete Erzkörper wurde abschließend durch spröde Abschiebungen bzw. Störungen noch zerschert, was zu einer weiteren Verkomplizierung der Lagerungsverhältnisse führte. Im Pflerschtal wird aufgrund von Gefüge, Mineralbestand etc. eine äquivalente Situation der Lagerungsverhältnisse angenommen. Die genauen Lagerungsverhältnisse sind hier allerdings durch lokale kleinräumige Faltungen und Tektonik noch um einiges komplizierter.

Danksagung

Matthias Krismer wird für die kritische Durchsicht des Manuskripts gedankt. Dem FWF wird für die finanzielle Unterstützung im Rahmen des SFB HiMAT (F3110-G02) gedankt.

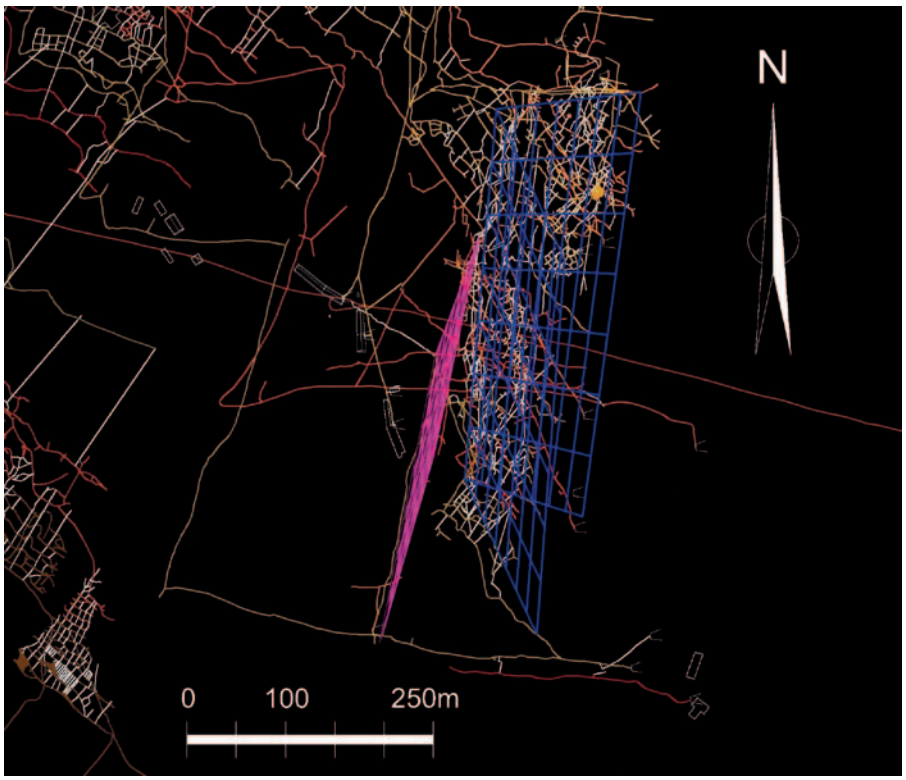


Abb. 25: Westansicht des Grubengebäudes und des Querganges mit Lage der Falte in der Lagerstätte. Deutlich zu erkennen ist hier, dass der Quergang nur an einem bestimmten Bereich an die Falte anschart, und zwar auf der Höhe des Rudolfstollens (ca. 2330 m).

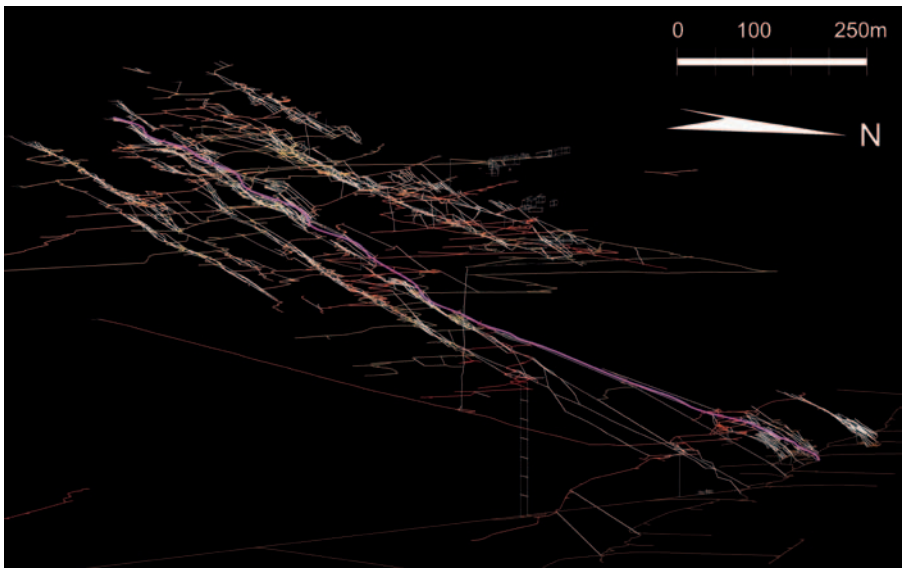


Abb. 26: Nordostansicht des Grubenkörpers. Die violette Linie stellt die wellige Ausbildung des Erzkörpers dar.

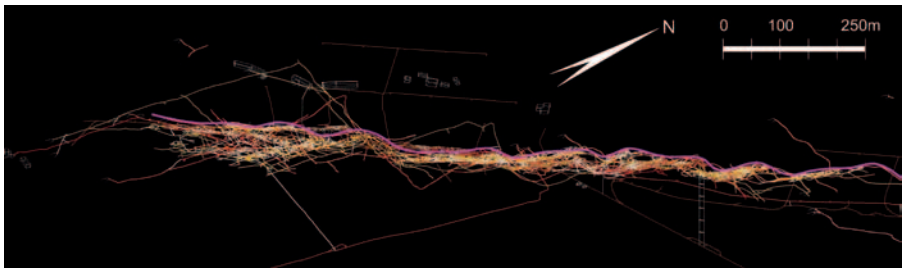


Abb. 27: 3D Südostansicht des Grubenkörpers. Gut ersichtlich ist die wellige Form des Erzkörpers an der Erzkörperoberkante (violette Linie).

Abschließende Bemerkungen

Literaturverzeichnis

BAUMGARTEN, B., FOLIE, K. & STEDINGK, K. (1998): Auf den Spuren der Knappen, Bergbau und Mineralien in Südtirol. – Tappeiner Athesia, 288 S., Lana.

BRIGO, L. (1965): Il giacimento a Pb-Zn di S. Martino di Monteneve in Alto Adige. – Economia Trentina, 5-6, 63-101.

CLAR, E. (1931): Schneeberg in Tirol: einige Beobachtungen zur Kennzeichnung des Lagerstättentypus. – Zentralblatt für Mineralogie Geologie und Paläontologie, 105-124, Stuttgart.

FÖSTER, H. G. (1963): Die Blei-Zinkerzlagerstätte Schneeberg in Südtirol. – Dissertation TH Aachen, 126 S., Aachen.

FRIZZO, P. (2002): Geologisch Lagerstättenkundliche Karte des Verzungsdistrikts St. Martin am Schneeberg - Pflersch, Massstab 1:25.000. – Disegno G. Mezzacasa Padova, Grafica V. Mair.

GRANIGG, B. (1908): Die stoffliche Zusammensetzung der Schneeberger Lagerstätte. – Österreichische Zeitschrift für das Berg- und Hüttenwesen, 56, 329-334, 341-345, 359-362, 374-378, 389-391, 398-400.

HABLER, G., SÖLVA, H. & THÖNI, M. (2005): Tracing the high pressure stage in the polymetamorphic Texel Complex (Austroalpine basement unit, Eastern Alps): P-T-t-d constraints. – Mineralogy and Petrology, 88, 269- 296.

HALLER, H. & SCHÖLZHORN, H. (2000): Schneeberg in Südtirol - Geschichte, Geschichten, Museum. – Südtiroler Bergbaumuseum, Sterzing, 130 S.

HOINKES, G. & THÖNI, M. (1993); Evolution of the Ötztal-Stubai, Scarl-Campo and Ulten basement units. – In: Von RAUMER, J.F. & NEUBAUER, J.F. (eds.) Premesozoic Geology in the Alps, 485-494.

KAPFERER, N. & TROPPER, P. (2005): The metamorphic evolution of Variscan eclogites from the northern Ötztal Complex (Tirol, Eastern Alps). – Mitteilungen der Österreichischen Mineralogischen Gesellschaft, 150, 63.

MAIR, V., VAVTAR, F., SCHÖLZHORN, H. & SCHÖLZHORN, D. (2007): Der Blei- Zink- Erzbergbau am Schneeberg, Südtirol. – Mitteilungen der Österreichischen Mineralogischen Gesellschaft, 153, 145-180.

MILLER, C. & THÖNI, M. (1995): Origin of eclogites from the Austroalpine Ötztal basement (Tirol, Austria): geochemistry and Sm-Nd vs. Rb-Sr isotope systematics. – Chemical Geology, 122, 199-225.

PAGEL, H. (1975): Zur Erzführung und Geochemie in den neuerschlossenen Teilen der Blei-Zinklagerstätte Schneeberg/Monteneve in Südtirol/Alto Adige (Norditalien). – Dissertation FU Berlin, 166 S.

SCHMITZ, N. (1971): Die Blei-Zinkerzlagerstätten des Pflerschtals bei Gossensaß in Südtirol/Italien. Zur genetischen Kennzeichnung eines ostalpinen Erzvorkommens. – Dissertation TH Aachen, 243 S, Aachen.

SCHÖLZHORN, D. (2001): Grundriss des Schneeberger Grubenkörpers M = 1:2500 (Vortrag). http://www.montanhistorik.de/die-alten-workshops/workshop-2002/vortraege.html. 17.-20. 9. 2002, Ridnaun, Südtirol.

TROPPER, P. & RECHEIS, A. (2003): Garnet zoning as a window into the metamorphic evolution of a crystalline complex: the northern and central Austroalpine Ötztal-basement as a polymetamorphic example. – Mitteilungen der Österreichischen Geologischen Gesellschaft, 94, 27-53.

Manuskript eingereicht am: am 6.8.2012
Überarbeitetes Manuskript angenommen am 23.12.2012

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Geo.Alp

Jahr/Year: 2012

Band/Volume: 009

Autor(en)/Author(s): Ungerank Daniel, Schölzhorn Dieter, Tropper Peter

Artikel/Article: Der Schneeberger Grubenkörper in 3D: Ein Beitrag zur Genese und neue Erkenntnisse zur Lagerung der Pb-Zn Lagerstätte Schneeberg (Ötztal-Stubai-Kristall in, Südtirol, Italien) 30-47