

under retrograde T conditions after the peak of ca. 600 °C. Mineralogically an interesting feature are widespread replacement textures of pyrrhotite (FeS) by other sulfides. In the major part of the samples from the Pflersch Valley these textures occur along fissures and cracks. The ore minerals in the textures show optical properties similar to marcasite (FeS₂). FRENZEL (1958) suggested that this was an accumulation of submicroscopic finely-pored marcasite. Electron microprobe analysis allowed the determination of the composition of the mineral accumulation in the fissures. Fe and S was detected and in a second step its structural properties were measured with micro-Raman Spectroscopy. Initially mixtures between pyrite and marcasite was obtained, because thermal extensions of the crystal lattice caused by the laser excitation lead to the formation of pyrite signals. After reducing the energy of the laser typical bands of marcasite were obtained.

- BARTON, P.B. & TOULMIN, P. (1966): Phase relations involving sphalerite in the Fe-Zn-S system. - *Econ. Geol.*, **61**: 815-849.
 BEYSSAC et al. (2002): Raman spectra of carbonaceous material in metasediments: a new geothermometer. - *J. metamorphic Geol.*, **20**: 859-871.
 FRENZEL, G. (1955): Das Arsenkiesvorkommen von Erlenbach bei Lindenfels im Odenwald - Notizbl. Hess. - L.-Amt Bodenforsch., **83**: 257-266.

Die Vererzung des Paradeisstollens im Eisen-(Kupfer-) Erzbezirk Norische Decke/östliche Grauwackenzone

UNTERWEISSACHER, T.¹, EBNER, E.¹, MALI, H.¹ & OFNER, L.²

¹ Department Angewandte Geowissenschaften und Geophysik, Lehrstuhl für Geologie und Lagerstättenlehre, Montanuniversität Leoben, Peter Tunner Strasse 5, A-8700 Leoben; thomas.unterweissacher@unileoben.ac.at;
² Tirolerstrasse 24, A-9500 Villach

Während des Mittelalters zählte der Kupferbergbau in der Hinterradmer zu den bedeutendsten Bergbaugebieten Europas. Das Kupferrevier Hinterradmer-Johnsbach liegt im Eisen-(Kupfer-)Erzbezirk Norische Decke in den hangenden Anteilen der Norischen Decke innerhalb der östlichen Grauwackenzone (WEBER 1997). Lithologisch dominieren im Bereich der Hinterradmer graphitisch pigmentierte Schiefer (Grauwackenschiefer) in die gebankte „erzführende Kalke“ (Bankkalke, Flaserkalke, Kalkschiefer) ?silurisch/devonischen Alters eingeschaltet sind (EBNER et al. 2000).

Ziel der bergmännischen Tätigkeit im Paradeisstollen waren bis zu m-mächtige, querschlägige, sulfidführende Eisenkarbonatgänge (Rohwand) und schieferungsparallele, rötlich bis gelbliche Quarz-Karbonatgänge (Gelberzgänge) innerhalb graphitischer Schiefer (REDLICH 1905, REDLICH & SELLNER 1923).

Hauptminerale der Vererzung im Paradeisstollen stellen Chalcopyrit, Fahlerze der Tetraedrit-Tennantit Mischreihe, Gersdorffit, Arsenopyrit und Pyrit dar. Untergeordnet treten Galenit und Sphalerit auf. Die Vererzung kann in 3 Generationen unterteilt werden: (1) Sulfidputzen inner-

halb der Rohwand bilden die Primärvererzung. (2) Mobilisate der Primärvererzung dringen schieferungsparallel in das Nebengestein ein und bilden die Gelberzgänge. (2) Kleinräumige Mobilisate des primären Sulfidkörpers bilden geringmächtige (<1 mm) Sulfidgächchen innerhalb der Rohwand (OFNER 2002).

Die Chalcopyrite des Paradeisstollens treten derb in Form von Nestern auf und weisen eine fast stöchiometrische Zusammensetzung von Cu_{0,98}Fe_{0,94}S_{2,04} auf. Die Abweichungen sind auf geringe Gehalte von Ni, Sb, As, und Ag zurückzuführen. Fahlerz bildet tritt unregelmäßig verteilt innerhalb der Ankerite und des Chalcopyrites auf. Die As-Gehalte schwanken zwischen 1,33 und 13,77 Gew.% und die Sb-Gehalte variieren zwischen 11,13 und 26,65 Gew.%. Die Variabilität der Gehalte deutet auf einen Austausch von As³⁺ und Sb³⁺ innerhalb der Mischkristallreihe von Tetraedrit und Tennantit hin. Gersdorffit kann aufgrund der chemische Zusammensetzung in zwei Gruppen unterteilt werden. Reiner Gersdorffit zeigt Ni-Gehalte von 30,45 bis 37,16 Gew.% und einen Fe-Anteil von 0,23 bis 3,82 Gew.%. Weiters zeigen die reinen Gersdorffite geringe Gehalte von Co (<0,66), Sb (<2,17) und Cu (<1,59 Gew.%). Die Fe-reichen Gersdorffite zeigen Ni-Gehalte von 19,41 bis 27,69 und Fe-Gehalte von 9,49 bis 17,43 Gew.%. Die Gehalte von Co liegen unter 5,61 und die von Cu unter 1,69 Gew.%. Auffallend sind die sehr geringen Anteile von Sb (<0,15 Gew.%).

Die Mineralisation des Paradeisstollens ist ebenso wie andere Vererzungen in der Hinterradmer an querschlägige, alpidische Gangstrukturen mit ankeritischer (± quarzführender) Gangart gebunden. Ob dieses metallogenetische Ereignis cogenetisch mit der Bildung der metasomatischen Sideritvererzungen (Typus Erzberg) ist, bleibt unklar.

EBNER, F., MALI, H. & OFNER, L. (2000): Lagerstättenkundliche Dokumentation des Paradeisstollens im Kupferrevier Hinterradmer/Johnsbachtal. - VALL-Projekt Nr. 108/98: 1-36, Leoben.

OFNER, L. (2002): Charakteristik der Kupfermineralisationen im Raum Eisenerz - Radmer - Johnsbach (Grauwackenzone/Steiermark). - 1-196, Diplomarbeit MUL, Leoben.

REDLICH, K.A. (1905): Der Kupferbergbau in der Radmer an der Hasel die Fortsetzung des steirischen Erzberges. - *Berg. Hüttenmänn. Jb.*, **53**: 1-38, Leoben-Pörschach.

REDLICH, K.A. & SELLNER, F. (1923): Die Radmer. - (In: REDLICH, K.A. (Hrsg.): *Bergbaue Steiermarks*), 99-144, (Deuticke) Wien.

WEBER, L. (1997): Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs. - *Arch. f. Lagerst. Forsch. Geol. B.-A.*, **19**: 1-607, Wien.

Geologie und Geomechanik für das geplante Forschungszentrum Research@ZaB (Zentrum am Berg) am Steirischen Erzberg

VOLDERAUER, C.¹, LASSNIG, K.² & GALLER, R.¹

- ¹ Lehrstuhl für Subsurface Engineering, Montanuniversität Leoben, Erzherzog Johann-Str. 3/III, A-8700 Leoben;
² Lehrstuhl für Geologie und Lagerstättenlehre, Montanuniversität Leoben, Peter Tunner Str. 5, A-8700 Leoben

Das Projekt: Research @ Zentrum am Berg: Spätestens seit den Bränden im Mont Blanc- und Tauerntunnel wurde der Fachwelt klar, dass zur Beherrschung bzw. Vermeidung derartiger Ereignisse intensive Anstrengungen aus verschiedensten Blickwinkeln unternommen werden müssen. Grundlage hierfür sind Forschungen unter realitätsnahen Bedingungen bzw. Insitu-Schulungen - also eine Ausbildung unter realen Bedingungen - um vertiefte Kenntnisse auf diesen Gebieten entwickeln zu können. Um Spitzenforschung sowie auch die Aus- und Weiterbildung in diesen Fachbereichen gewährleisten zu können, ist ein Insitu-Labor, welches mit dem Zentrum am Berg - kurz ZaB - errichtet und betrieben werden soll, dringend erforderlich. Neben Geologie und Geomechanik wurden in der Machbarkeitsstudie wirtschaftliche Aspekte erhoben.

Zur Geologie: Der steirische Erzberg liegt in der höheren Norischen Decke der östlichen Grauwackenzone. Diese wird von den permischen Präbichlformation und den mesozoischen Kalkalpen überlagert.

Auf Etage Dreikönig im Bereich des geplanten Tunnelprojekts kommen im Wesentlichen vier Lithologien vor. Der unvererzte Sauberger Kalk ist ein feingeschichteter Kalk mit Typuslokalität „Sauberger Steinbruch“ am steirischen Erzberg. Der Blasseneck Porphyroid, welcher ein vulkanisches Gestein aus dem späten Ordovizium darstellt. Dieser erreicht am steirischen Erzberg eine maximale Mächtigkeit von 400 Metern. Die Eisenerzer Schichten bzw. Zwischenschiefer, welche vorwiegend aus bunten Schiefen und Phylliten bestehen und meist stark mechanisch durchbewegt sind. Als vierte Einheit ist das Erz (Siderit, Rohwand) mehr oder weniger lagenförmig in die devonen bis karbonen Karbonatabfolgen eingeschaltet. Die maximale Mächtigkeit des Erzes erreicht 300 Meter (SCHÖNLAUB 1982, SCHÖNLAUB et al. 1980).

Im Zuge der Machbarkeitsstudie wurde eine ingenieur-geologische Kartierung durchgeführt. Die Orientierungen der Trennflächen sowie die geotechnisch relevanten Gesteinsparameter und Wasserzutritte wurden dabei dokumentiert. In den ausgebauten Bereichen des bereits vorhandenen Stollensystems wurden Anomalien wie Risse, Druckerscheinungen an den Ulmen sowie Nachbrüche aufgenommen. Die Daten des Trennflächengefüges wurden einer „Unwedge Analysis“ unterzogen, um potentielle Gleitkeile, welche durch Trennflächenverschnitte entstehen, zu erkennen.

Zur Geomechanik: In einem ersten Schritt wurde jeder Lithologie eine Gebirgsart in Anlehnung an die ÖGG Richtlinie für geotechnische Planung von Untertagebauwerken bei zyklischem Vortrieb (2008) zugewiesen. Im Anschluss wurden für jede Gebirgsart ein Datensatz mit durchschnittlichen und einer mit pessimistisch erwarteten Gesteins- bzw. Gebirgskennwerten festgelegt. Abschnitte mit derselben Gebirgsart wurden in weiterer Folge zu Gebirgsbereichen zusammengefasst. Auf Grundlage der einzelnen Parameter der verschiedenen Gebirgsarten bzw. Gebirgsbereiche konnte mittels Kennlinienverfahren das Gebirgsverhalten und in direkter Folge daraus die Gebirgsverhaltenstypen mit Hilfe verschiedener Abgrenzungskriterien (FEDER 1981, SCHUBERT & GROSSAUER 2002, STEINER et al. 2005, VAVROVSKY 1987) ermittelt werden.

Nach der Ermittlung der Gebirgsarten und Gebirgsverhaltenstypen wurde in Anlehnung an die ÖGG Richtlinie für geotechnische Planung von Untertagebauwerken bei zyklischem Vortrieb (2008) der Ausbau mit Hilfe des Kennlinienverfahrens festgelegt. Als Stützmittel kommen Spritzbeton und SN-Anker zum Einsatz. Der Spritzbeton wurde hierbei vereinfachend mit einem linear elastischen - ideal plastischen Materialverhalten angesetzt, die Implementierung der SN-Anker erfolgt über eine „passive Kohäsionserhöhung“ als bodenverbessernde Maßnahme nach WULFSCHLÄGER (1988). Stahlbögen flossen nicht in die Berechnung des Ausbaustützdruckes ein.

Fazit: Beim Durchhörtern der Sauberger Kalke und der vererzten Bereiche kann es auf Grund ungünstiger Trennflächenverschnitte zu gefügebedingten Mehrausbrüchen kommen. Eine Spritzbetonschale ist hier notwendig um das Gebirge zu versiegeln und weiteres Nachbrechen zu verhindern. Im Blasseneck Porphyroid wird neben der Spritzbetonschale eine Systemsicherung mit SN-Ankern als Ausbaumaßnahme vorgeschlagen. In den Eisenerzer Schichten ist neben der Spritzbetonschale und der Systemankerung noch eine Voraussicherung mit unvermörtelten Spießen vorgesehen, da die Phyllite und Schiefer auf Grund der mäßigen Gebirgsverhältnisse und der starken tektonischen Beanspruchung des Gesteins bereits beim Vortrieb zu Nachbrüchen neigen.

- FEDER, G. (1981): Firstniederbrüche im Tunnelbau. - Forschung und Praxis, 27: 52-63, Köln.
- ÖSTERREICHISCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOMECHANIK (2008): Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit zyklischem Vortrieb, Salzburg.
- SCHÖNLAUB, H.P., FLAJS, G. & THALMANN, F. (1980): Conodontenstratigraphie am Steirischen Erzberg (Nördliche Grauwackenzone). - Jb. Geol. B.-A., 123: 169-229, Wien.
- SCHÖNLAUB, H.P. (1982): Die Grauwackenzone in den Eisenerzer Alpen (Österreich). - Jb. Geol. B.-A., 124: 361-423, Wien.
- SCHUBERT, W. & GROSSAUER, K. (2002): Definition von Abgrenzungskriterien zur Ermittlung von Gebirgsverhaltenstypen. - (Institut für Felsmechanik und Tunnelbau) TU Graz.
- STEINER, A., SCHUBERT, W. & GROSSAUER, K. (2005): Criteria for the Determination of Ground Behaviour Types. - Diplomarbeit Institute for Rock Mechanics and Tunneling TU Graz, Graz.
- VAVROVSKY, G.M. (1987): Entspannung, Belastungsentwicklung und Versagensmechanismen bei Tunnelvortrieben mit geringer Überlagerung. - Dissertation MU Leoben, Leoben.
- WULFSCHLÄGER, D. (1988): Ein Verbundwerkstoffmodell im Tunnelbau. - Dissertation Karlsruhe, Karlsruhe.

The Gaisberg Gosau of Salzburg: lithostratigraphy, facies, structure

WAGNER, R. & NEUBAUER, F.

Dept. Geography and Geology, University of Salzburg,
Hellbrunnerstr. 34, 5020 Salzburg, Austria

The Gaisberg Gosau, part of the Upper Cretaceous-Eocene Gaisberg-Reichenhall Gosau basin, is the key region for unraveling the tectonic history of a Gosau basin at the northern margin of the Northern Calcareous Alps. The Gaisberg Gosau likely formed as part of a pull-apart-type