

# Steirische Eisenstraße - Montanhistorische Exkursion

## Styrian Iron Trail - Historical Mining Excursion

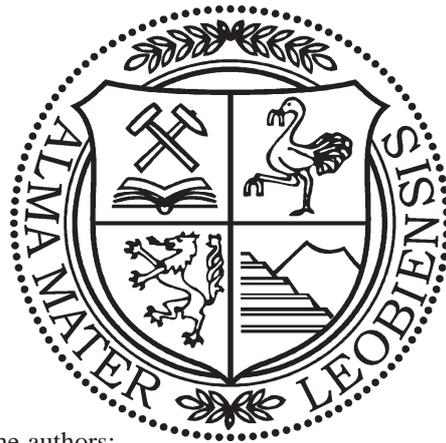
Von

GERHARD SPERL, THOMAS UNTERWEISSACHER, FRITZ EBNER, HEINRICH MALI & LUKAS OFNER

Mit 5 Abbildungen  
With 5 Figures

Exkursionsführer

**PANGEO 2010**



Anschrift der Autoren, addresses of the authors:

GERHARD SPERL  
Verein Mitteleuropäische Eisenstraße  
Kerpelystr. 199/PF1  
A-8704 Leoben-Donawitz  
E-Mail: office@mhvoe.at

THOMAS UNTERWEISSACHER, FRITZ EBNER, HEINRICH MALI  
Montanuniversität Leoben  
Department Angewandte Geowissenschaften und Geophysik  
Lehrstuhl für Geologie und Lagerstättenlehre  
Peter-Tunner Strasse 5  
A-8700 Leoben  
E-mail: thomas.unterweissacher@unileoben.ac.at

LUKAS OFNER  
Tirolerstrasse 24  
A-9500 Villach

|                                  |           |               |                  |
|----------------------------------|-----------|---------------|------------------|
| <b>Journal of Alpine Geology</b> | <b>53</b> | <b>S. 1-8</b> | <b>Wien 2010</b> |
|----------------------------------|-----------|---------------|------------------|

## Inhalt

|   |   |
|---|---|
| 1. Steirische Eisenstraße - Montanhistorische Exkursion (G.S.).....                     | 2 |
| Zusammenfassung.....  | 2 |
| Abstract.....   | 2 |
| 1.1. Geschichtliches an der Steirischen Eisenstraße .....                               | 2 |
| 2. Zur Geologie des Paradeisstollens in der Hinterradmer (T.U., F.E., H.M. & L.O.)..... | 4 |
| Zusammenfassung.....  | 4 |
| Abstract.....   | 4 |
| 2.1. Einführung und historischer Rückblick.....   | 4 |
| 2.2. Geologischer Rahmen.....   | 4 |
| 2.3. Die Lagerstätten der Hinterradmer.....   | 5 |
| 2.4. Geologie des Paradeisstollens.....   | 6 |
| 2.5. Die Vererzung im Paradeisstollen.....  | 6 |
| 2.6. Bemerkungen zur Befahrung des Paradeisstollens.....                                | 7 |
| Literatur.....  | 8 |

### 1. Steirische Eisenstraße - Montanhistorische Exkursion (G.S.)

#### Zusammenfassung

Im Gebiet um den Steirischen Erzberg ging schon in der Bronzezeit Bergbau und Verhüttung von Kupfer um, deren Spuren im Gelände nachweisbar sind. Auf derselben Erzbasis, Kupferkies, oft vermengt mit Fahlerz, wurde seit dem Mittelalter, um 1500, abgebaut und der Paradeisstollen in der Radmer ist das hervorragendste Denkmal dieser Zeit. Die Orte um den steirischen Erzberg, Vordernberg und Eisenerz, der Bereich zwischen Leoben und Hiefrau, waren 1000 Jahre das Zentrum der mitteleuropäischen Eisenerzeugung und Verarbeitung sowie des Handels mit den Fertigprodukten aus Eisen und Stahl. Der Reichtum dieser Region findet seine Spuren in den repräsentativen Bauten dieser Zeit, den technischen Denkmälern und den Spuren in der alpinen Landschaft, mit dem Erzberg als hervorragendstem Landmark. Die „Steirische Eisenstraße“, umfasst 19 Gemeinden und ist durch einen Museumsverbund organisiert, zu dem auch das Hochofenmuseum „Radwerk IV“ als wichtigstes technisches Denkmal der Region gehört. Die Hochöfen von Vordernberg waren einst 14, als „Radwerke“ bezeichnete, wirtschaftliche Einheiten mit bis zu 100 zugehörigen Personen im Bergbau, dem Transport des Erzes, der Holzkohle und des Rauheisens oder Roheisens und dem Ofenbetrieb selbst. Dieser Kulturraum der Technik ist ohne die geologischen Randbedingungen nicht begründbar, er bringt damit einen neuen Aspekt in die fachliche Diskussion.

#### Abstract

In the „Eisenerzer Alps“ there are traces of mining and metallurgy since 3000 years, based on chalcopyrite-ores. In 1547 the modern copper production started working until 1855. In 1711 also iron-mining started and ended in 1979. The „Paradeisstollen“ (gallery of paradise) and the castle „Greifenberg“ are the monuments remembering historical mining.

The historical centres of iron-production around the „Erzberg“, the iron-ore-mountain (active mine since 1000 years) are Eisenerz, where the modern iron mine is situated, and Vordernberg, whose 14 blast-furnace-sites („Radwerke“) were the metallurgical centre in the south of the mining area. The well preserved blast-furnace „Radwerk IV“ is now the metallurgical museum, showing the structure of 1846; the equipment to be visited during the guided tour shows the state of 1911, when finished the production of pig-iron. For the economic unit „Radwerk“ 60 to 100 people, including the families, were engaged, headed by the „Radmeister“ (master of the waterwheel), for mining, transport of the ore, charcoal and the iron-blooms or pieces of pig-iron (Blattln) and further metallurgical work in the furnace for roasting and smelting. So this „Steirische Eisenstraße“ (Styrian Iron Trail) is an area of long-term technical and cultural tradition, now visible by its monuments and a beautiful landscape of the Eisenerzer Alps.

#### 1.1. Geschichtliches an der Steirischen Eisenstraße

Bereits in der Steinzeit ist der Verkehrsweg vom Murtal zum Ennstal über den Präbichl benutzt worden. In der Bronzezeit wurde in diesem Gebiet an zahlreichen Stellen, so in der Eisenerzer Ramsau und in der Radmer, in einfachen Schachtöfen Kupfer gewonnen. Die ältesten Eisenfunde der Zone stammen aus einem Gräberfeld der Hallstattzeit (6. Jahrhundert v. Chr.). Auch die Römer haben hier ihre Spuren hinterlassen, besonders im Raume Leoben - Trofaiach. Das Jahr 712 ist das früheste Datum zur Eisengeschichte - da will man den Erzberg, nach der Sage mit Hilfe der geheimnisvollen Kenntnisse eines Wassermanns gefunden haben, der in der „Schwarzen Lacke“ gelebt haben soll. Damals siedelten hier die Slawen, wie zahlreiche Orts- und Flurnamen der Gegend noch heute bezeugen; diese wurden bald durch germanische Stämme (Bajuwaren) überprägt. Erst seit dem 13. Jahrhundert ist eine wachsende Eisenproduktion durch den beginnenden Einsatz von Wasserkraft in den „Radwerken“ urkundlich nachweisbar. Durch Erzeugung des stärkeren „Windes“ verbesserte man die Verbrennung der Holzkoh-

le im „Stuckofen“. Es konnte täglich mehr schmiedbares Eisen (etwa 50 Kilogramm) gewonnen werden.

Damals entwickelten sich die beiden Eisenmärkte Vordernberg und Innerberg/Eisenerz, die 1453 auch organisatorisch getrennt und ein Wappen erhielten. Von der ersten Blüte des Eisenwesens zur Zeit der Gotik und Renaissance zeugen heute noch viele erhaltene Bauten, Gewerkehäuser und Radmeistersitze wie auch die Wohnhäuser der Eisenverleger in Leoben. Wenig ist von den technischen Einrichtungen dieser Zeit erhalten. Die Ausgrabungen einer Hüttenanlage auf der Feistawiese am Erzberg schreibt man nach neuesten Forschungen dem 13. Jh. zu. Reste mittelalterlicher „Stucköfen“ wurden auch in Vordernberg gefunden.

Die überwiegende Zahl technischer Denkmäler (Abb. 1) stammt aus dem 19. Jahrhundert, als Erzherzog Johann das steirische Eisenwesen um den Erzberg reformierte. Die seit 1760 in Verwendung stehenden „Floßöfen“ erzeugten im Gegensatz zu den Luppen („Maß“) der vorher üblichen „Stucköfen“, flüssiges Roheisen. Durch Vergrößerung der Bauhöhe und damit der Leistung entstanden daraus die „Hochöfen“, wie sie dem Prinzip nach heute noch in modernen Eisenhüttenwerken, wie in Donawitz, verwendet werden.

Eine Krise in der Eisenindustrie führte 1881 zur Gründung der „Österreichischen Alpine-Montan-Gesellschaft“ (ÖAMG), die die Bergwerks- und Hüttenanlagen zwischen Leoben und Hieflau vereinte. Heute bestehen noch in diesem Raum der Bergbaubetrieb am Steirischen Erzberg und das Hüttenwerk in Donawitz, die beide seit 1973 dem VOEST-ALPINE-Konzern eingegliedert sind. Neben dem Eisen hatten auch andere Rohstoffe entlang der Eisenstraße ihre Produktionsstätten. Die Braunkohle wurde im Rau-

me Leoben-Seegraben und St. Peter-Tollinggraben bis 1964 abgebaut. Der Kupferbergbau in der Radmer kam 1855 zum Erliegen. Weiters wurden Quecksilbererze in der Krumpfen und Magneteisenstein in der Rötz gewonnen. Kalk und Quarzit wurden in Steinbrüchen in St. Peter-Freienstein und Trofaiach gewonnen und als Zuschlagstoffe für die Eisenerzeugung verwendet. Auch für die Ziegel- und Feuerfest-Industrie war Leoben ein wichtiger Standort.

Mit der Einrichtung der „Montanlehranstalt“ in Vordernberg unter Peter Tunner durch Erzherzog Johann 1840 begann die Entwicklung der Region zu einem Zentrum montanistisch orientierter Forschung, die seit 1849 auf dem neuen Standort Leoben begann und über den Stand als „Bergakademie“ und „Montanistische Hochschule“ zur heutigen Montanuniversität führte. In diesem Umfeld haben sich auch mehrere Forschungsinstitutionen, der Industrie und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften angesiedelt. Ein lebendiges Studentenleben, verbunden mit der Pflege des montanistischen Brauchtums durch Ledersprung, Philistrierungen, den Bierauszug und andere Feste kennzeichnen die „Bergstadt Leoben“, wie es in einem Romantitel heißt.

Zwischen Mur und Enns, den Flüssen, die einst auch die Verkehrsader für das Eisenwesen um den Erzberg, den „Steirischen Brotleib“ bildeten, liegt die Kernzone der „Steirischen Eisenstraße“, betreut von einem Verein mit Sitz in Eisenerz. Die Museen dieser Zone, die organisatorisch bis Gußwerk-Mariazell reicht, sind in einem Museumsverbund zusammengeschlossen; Glanzlichter eines Besuches sind der Erzberg mit dem Schaubergwerk und das Radwerk IV in Vordernberg als Eisenmuseum von historischem Rang und ein Besuch des Hüttewerkes der



Abb. 1: Übersichtsskizze der Steirischen Eisenstrasse.

Fig. 1: Sketch-map of the Styrian Iron Trail.

„voestalpine“ in Donawitz bringt dem Besucher die Welt des modernen Eisenwesens in einem Betrieb auch höchsten technischem Stand nahe.

Neben den Museen, die das historische Erbe der Eisenregion beschützt erhalten, finden sich auch die Denkmäler des Eisenwesens an der Eisenstraße im Freien sichtbar: Der Stadtkern von Leoben (ingerichtet im 13. Jahrhundert) ebenso wie Schlösser und Herrenhäuser, die einst im Besitz der Radmeister und Eisenhändler waren. Auch durch die Gestaltung des religiösen Lebens wird in Kirchen, Kapellen und Bildstöcken das Montanwesen in seiner vollen Breite, vom sozialen, ökonomischen und technischen Aspekt her die spezifische Tradition der Landschaft sichtbar.

Um die Montankultur der Region um den Erzberg wirklich kennen zu lernen, würde man mindestens eine Woche unter fachkundiger Führung benötigen, meist bleibt es aber bei einem Eintagesprogramm mit VA-Besichtigung, Besuch im Radwerk IV und Erzbergfahrt mit dem „Hauly“. Es werden aber Literatur und Prospekte zur Vertiefung und Werbung für die Region angeboten, die ein späteres privates Wiederkommen anregen können.

s.a. <http://www.eisenstrasse.co.at> > Mitgliedsgemeinden; Prospekte und CD der VESTE

SPERL, G.: Die Steirische Eisenstraße, Broschüre (engl. Übersetzung, ohne Abbildungen verfügbar).

## 2. Zur Geologie des Paradeisstollens in der Hinterradmer (T.U., F.E., H.M. & L.O.)

### Zusammenfassung

Der Paradeisstollen liegt im Kupferrevier Hinterradmer/Johnsbachtal innerhalb des Kupfer-(Eisen) Erzbezirks Norische Decke der östlichen Grauwackenzone. Während des Mittelalters zählte der Kupferbergbau im Bereich der Hinterradmer zu den bedeutendsten Europas. Innerhalb altpaläozoischer Graphitphyllite tritt die Vererzung in Form von querschlägigen, m-mächtigen Eisenkarbonatgängen auf. Die Erzminerale sind Chalcopyrit, Fahlerz, Gersdorffit, Arsenkies und Pyrit. Untergeordnet finden sich cm-mächtige, ± schieferungsparallele Quarz/Kalzitklüfte mit geringfügigen Sulfidvererzungen. Die tektonische Struktur wird von NW-SW fallenden Schicht-(Schieferungs-)flächen und einem mit 75-80° nach W einfallendem Störungssystem charakterisiert.

### Abstract

The Paradeis adit is situated in the copper district Hinterradmer/Johnsbachtal within the copper-(iron)-ore district Noric Nappe of the Eastern Graywackezone. During mediaeval times copper mining in the area of Hinterradmer was one of the most important ones in Europe. The ore occurs in form of m-wide ankerite veins that crosscut Palaeozoic graphitephyllites. Ore minerals are chalcop-

pyrite, fahlore, gersdorffite, arsenopyrite and pyrite. Secondly foliation parallel quartz/calcite veins form minor sulphide ores. The tectonic structure is defined by NW-SW dipping bedding- (schist)planes and a steeply, westward dipping fault system.

### 2.1. Einführung und historischer Rückblick

Der Bereich Hinterradmer-Johnsbachtal ist ein historisches Bergbauggebiet. Bergbau wurde vom Mittelalter bis herauf ins 19. Jahrhundert betrieben. Bei Schloss Greifenberg soll im 16. Jahrhundert der reichste Kupferbergbau umgegangen sein. Dieser durch zwei Schächte aufgeschlossene Bergbau wurde wegen Wassernot aufgegeben. Vom Schloss taleinwärts sind noch viele Halden und Röschen von verfallenen Stollenmundlöchern erkennbar. Ein interessantes Bergbaudenkmal stellt der Paradeisstollen dar, welcher heute als Besucherbergwerk ausgebaut ist (WEINEK 2001). Weiterführende historische Informationen finden sich bei WEINEK (2009, 2001), GRÖBL (1986), REDLICH & SELLNER (1923), REDLICH (1905).

### 2.2. Geologischer Rahmen

Das Kupferrevier Hinterradmer-Johnsbach liegt in den hangenden Anteilen der Norischen Decke der östlichen Grauwackenzone (WEBER 1997). Unmittelbar darüber folgen die Nördlichen Kalkalpen. Primär bestand zwischen der Norischen Decke und den permotriadischen Basis-einheiten der Nördlichen Kalkalpen ein winkeldiskordanter sedimentärer Verband. Diese stratigraphischen Verbände sind heute nur mehr bereichsweise erhalten (z. B. bei der Leobner Hütte am Polster - vgl. PROCHASKA et al. 2010). In diesen Fällen ist unter den untertriadischen, marinen Werfener Schichten, das an der Basis aus paläozoischem Lokalschutt bestehende oberpermische Präbichl-Konglomerat aufgeschlossen. In den meisten Fällen wurden diese Transgressionskontakte bei der alpidischen Tektonik zerstört. Überregionale Abscherhorizonte sind über der Werfen-Formation und unter den mitteltriadischen Karbonatgesteinsabfolgen ausgebildet. Bereichsweise treten an der Basis in der Unter-Trias auch Gips-führende Gesteine (Haselgebirge) auf. Die Auflagerung der Präbichl-Formation plombiert am Erzberg, Polster und in Teilbereichen der Eisenerzer Alpen eine variszische Falten- und Deckentektonik (SCHÖNLAUB 1982, 1980; NEUBAUER 1989). Die Schichtfolge der Norischen Decke setzt im Eisenerzer Raum innerhalb des Ordoviciums ein und reicht lokal bis ins höhere Visé/tiefere Namur (SCHÖNLAUB 1979, 1980). Markante Schichtglieder der Grauwackenzone sind Schiefer- und Phylliteinheiten (Grauwackenschiefer), die oberordovizischen Blasseneck-Porphyroide, Cystoideen-Kalke, Polster-Quarzite, untersilurische Schwarzschiefer-Diabas Einheiten (FLAJS & SCHÖNLAUB 1973) und silurisch/devonische, von FLAJS & SCHÖNLAUB (1976) in weitere Formationen untergliederte, Kalkgesteinsabfolgen. Pauschal werden diese Kalke aufgrund ihrer zahlreichen Siderit- und Ankeritvererzungen als Erzführende Kalke zusammengefasst. Lokal reichen die karbonatischen Gesteins-

abfolgen (z. B. am Erzberg) bis in das tiefere Karbon. Den Abschluss der variszischen Schichtfolge bilden am Erzberg dunkle Schiefer der Eisenerzer Schichten (SCHÖNLAUB 1980). Die gesamte paläozoische Schichtfolge ist kretazisch bis zur Grünschieferfazies metamorph überprägt. Unklarheiten bestehen über die Existenz und das Ausmaß einer variszischen Metamorphose (SCHÖNLAUB 1979, 1980, EBNER 1997).

Im Bereich der Hinterradmer dominieren in der Norischen Decke altersmäßig nicht näher einstuftbare, unterschiedlich graphitisch pigmentierte phyllitische Schiefer (Grauwackenschiefer), in die kristalline, gebankte Erzführende Kalke unterschiedlichster Ausbildung (Bankkalke, Flaserkalke, Kalkschiefer) und Färbung (grau, weiß, gelblich, rötlich/violett) eingeschaltet sind. Aus Analogiegründen ist für sie ein (silurisch) devonisches Alter anzunehmen.

Vulkanogene Gesteine (Porphyroide, Grünschiefer, Metadiabase) treten in der Hinterradmer nicht auf. Die Schichtfolgen streichen bei stark schwankendem Einfallen meist quer zum Radmertal. Die Auflösung der Interntektonik ist aufgrund der eintönigen Schiefer- und Phyllitabfolgen, mangelnder stratigraphischer Fixpunkte und schlechter Aufschlußverhältnisse nicht möglich. REDLICH (1905) verweist darauf, dass die Kalke vielfach diskordant der Unterlage aufsitzen. Dies mag u. a. auf die Kompetenzunterschiede der Gesteine bei der tektonischen Beanspruchung rückführbar sein (EBNER et al. 2000).

Die Kalkalpenbasis mit der Werfen-Formation streicht von der Neuburgalm in den oberen Haselbachgraben (Faschinggraben) und von dort in NE-Richtung entlang des Radmertales. Über der Werfen-Formation folgt eine tektonische Fläche über der die Karbonatgesteine des Lugauer folgen. Untertriadische Gips-führende Gesteine treten an der Kalkalpenbasis nördlich des Faschinggrabens auf (HIESSLEITNER 1931).

Das Alluvium ist entlang des Radmertales mächtig ausgebildet. Vom Schloss Greifenberg nach NE bis zur Kote 747 lagert eine aus dem 16. Jahrhundert stammende, mächtige Bergsturzmasse, die sich von der SE-Flanke der Kalkalpen (Haselkogel - Gspitzter Stein - Lugauer) löste (EBNER et al. 2000).

### 2.3. Die Lagerstätten der Hinterradmer

REDLICH & SELLNER (1923) ordnen die Lagerstätten der Hinterradmer 4 Gangzügen zu. Der erste Gangzug befindet sich an der Westseite des Haselbaches (N Schloss Greifenberg) und wurde durch den Greifenglück- sowie Rauchenstollen erschlossen. Der zweite Gangzug im Faschingbachgraben umfasst den Paradeis-, Unterstein- und Rotkogelstollen. Die Vererzung im Paradeisstollen scheint eine große Ausdehnung gehabt zu haben. Der Gang war von 1,5 bis 2 Klafter mächtig, jedoch mit viel weißem Ganggestein vermischt (REDLICH & SELLNER 1923).

Im um 1900 wiedergewältigten Plöschstollen durchsetzen bis 0,75 m mächtige Ankeritgänge diskordant die Grauwackenschiefer. Die Ankeritgänge wiesen eine geringe Quarz-, Pyrit- und Chalcopyritführung auf. Stellenweise erschienen die umgebenden Serizitschiefer gebleicht. Dieser Gangzug findet seine Fortsetzung E des Haselbaches am Ausgang des Kühbachgrabens. Im Dreifaltigkeits- und dem Unterdemsteinstollen ging im 18. Jahrhundert ausgedehnter Bergbau auf Silber um.

Die Vorkommen des vierten Gangzuges streichen von der Lammerleiten am Fuß der Rotwand nach E zur Kammeralm. Reste bergbaulicher Tätigkeit sind in der Nähe der Schafbodenhütten in der Lammerleiten und im Kammerlgraben vorhanden. REDLICH (1905) beschreibt Erzputzen von Kupferkies und Fahlerz bis zu Faustgröße innerhalb von Ankeriten.

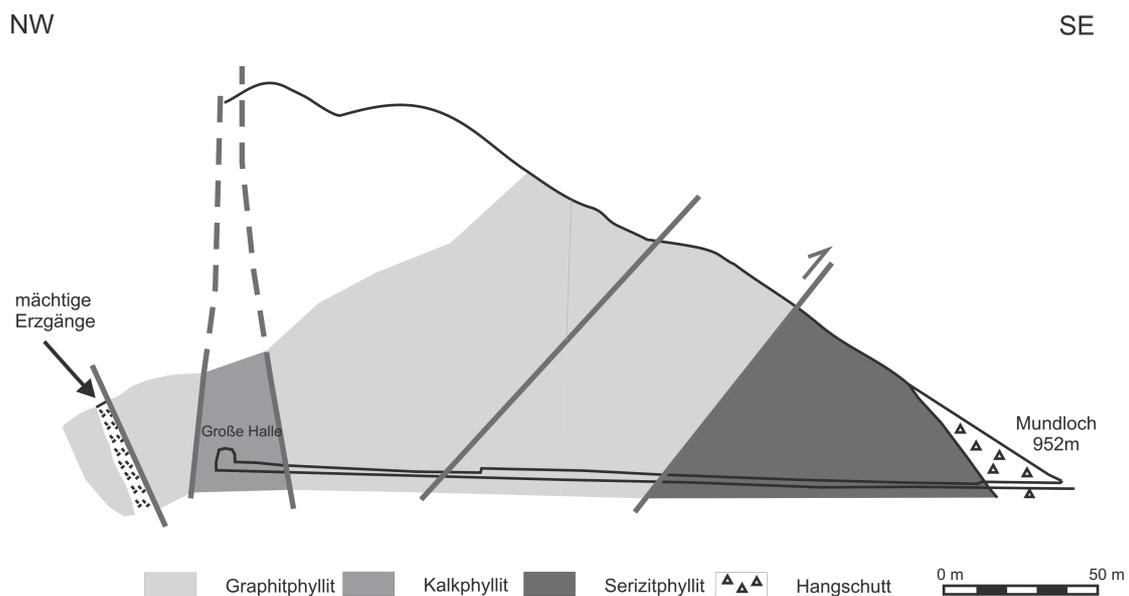


Abb. 2 Geologisches Profil des Erbstillens verändert nach EBNER et al. (2000).

Fig. 2: Geological section of the Paradeis adit (modified from EBNER et al. 2000).

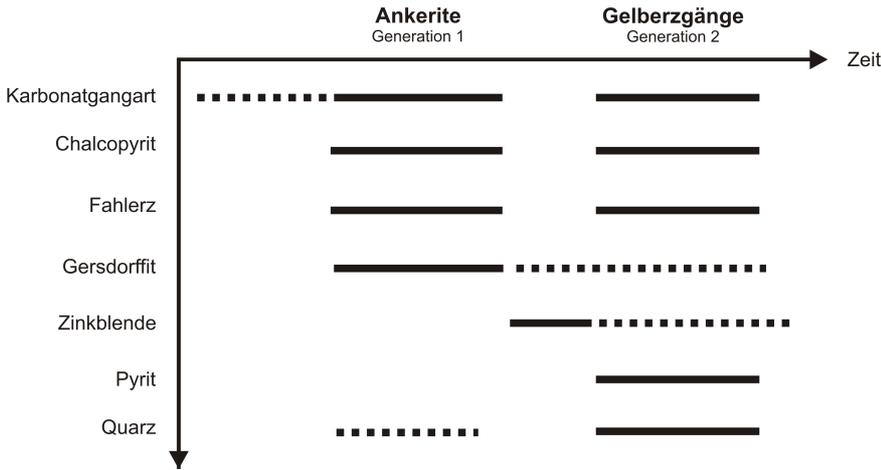


Abb. 3: Kristallisationsschema der Erzparagenese im Paradeisstollen. Umgezeichnet nach OFNER (2002).

Fig. 3: Paragenetic sequence of the mineralization in the Paradeis adit. Modified from OFNER (2002).

### 2.4. Geologie des Paradeisstollens

Im Paradeisstollen (Abb. 2) treten im Erbstollen nach der Hangschuttüberlagerung etwa von Stollenmeter 20 bis Stollenmeter 130 graugrüne Serizitphyllite mit flachem WSW - WNW Fallen auf. Entlang einer nach NW einfallenden Aufschiebung werden sie von Graphitphylliten, mit bis zur Großen Halle konstant bleibender Lagerung (mittelsteiles SW-Fallen), überlagert. Die östliche Begrenzung der Großen Halle wird durch ein NNW-SSE streichendes und wechselnd steil nach E und W einfallendes Störungsblatt (Hauptstörung) begrenzt. Nördlich der Großen Halle ist die Hauptstörung mit 2 bis 3 cm mächtiger Kluffletten belegt, in der bis zu 5 cm große Gipskristalle sitzen. Westlich davon treten weitere zu diesem System parallel laufende Störungen auf. In einer Breite von ca. 10 m werden durch diese Störungen hellgraue, Kalkphyllite (Schieferung entsprechend der Graphitphyllite) begrenzt.

Westlich dieser Störungszone mit den Kalkphylliten finden sich wiederum Graphitphyllite. N der Großen Halle schließen E der Hauptstörung graue und violette Marmore an, die bei stark schwankenden und tektonisch gestörten Lagerungsverhältnissen mit Kalkphylliten und Graphitphylliten wechsellagern. Die Schicht-(Schieferungs-)flächen fallen generell NW bis SE. Bei den Störungssystemen sind neben der steil (75-80°) nach W einfallenden Hauptstörung zwei weitere etwa rechtwinkelig aufeinander stehende Systeme erkennbar. Das erste streicht, bei steil wechselndem Einfallen, NE-SW (NE-Störungen). Das zweite System ist bei ebenfalls wechselndem Einfallen NW-SE orientiert (NW-Störungen).

### 2.5. Die Vererzung im Paradeisstollen

Ziel der bergmännischen Tätigkeit waren bis zu m-mäch-

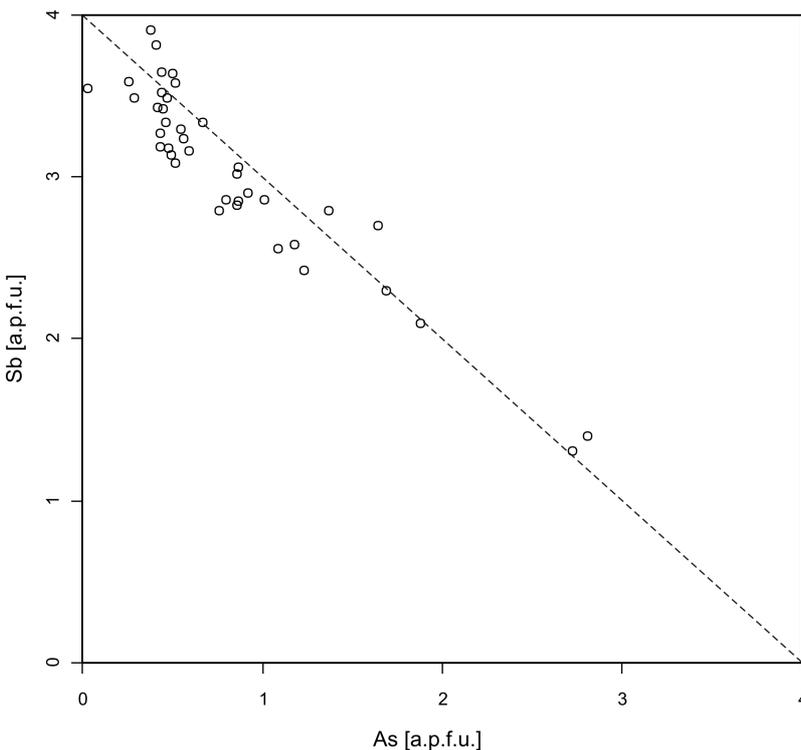


Abb. 4: Atomverhältnisse [a.p.f.u] von Arsen und Antimon in Fahlerzen aus dem Paradeisstollen nach Mikrosondenanalysen von OFNER (2002).

Fig. 4: Plot of As versus Sb in atoms per formula unit [a.p.f.u] for fahlore of the Paradeis adit after microprobe data of OFNER (2002).

tige, sulfidführende Eisenkarbonatgänge (Rohwand) und schieferungsparallele, rötlich bis gelbliche Quarz-Karbonatgänge (Gelberzgänge). Die Hauptminerale der Vererzung im Paradiesstollen stellen Chalcopyrit, Fahlerze der Tetraedrit-Tennantit Mischreihe, Gersdorffit, Arsenkies und Pyrit dar. Untergeordnet finden sich Bleiglanz und Zinkblende. Als sekundäre Bildungen treten Covellin, Cuprit, gediegen Kupfer, Azurit, Malachit, Limonit, Lepidokrokit, Goethit, Gips und Aragonit auf (REDLICH 1905, REDLICH & SELLNER 1923, OFNER 2002).

Die Vererzung kann nach OFNER (2002) in 3 verschiedene Generationen gegliedert werden. Sulfidputzen innerhalb der pinolitischen Ankerite (Rohwand) bilden die Primärvererzung (Generation 1). Aus der Primärvererzung dringen jüngere Mobilisate entlang von Schwächezonen in das Nebengestein (v. a. graphitische Phyllite) ein und bilden die Gelberzgänge (Generation 2) (Abb. 3).

Kleinräumige Mobilisate des primären Sulfidkörpers bilden <1 mm mächtige Sulfidgächchen innerhalb der Rohwand (Generation 3).

### Chalcopyrit

Chalcopyrit ist derb in Form von Nestern eingesprengt (REDLICH & SELLNER 1923). Im Handstück erscheint der Chalcopyrit messingfarben bis golden und zeigt typische Anlaufarben. Um die Sulfidnester ist ein rötlicher Alterationssaum in den Eisenkarbonaten ausgebildet. Bruchstücke von Karbonaten sind in den Nestern eingelagert und zeigen, dass die Vererzung nach der Bildung der Rohwand entstand. Der Chalcopyrit tritt in 2 Generationen auf. Typ 2 ist jünger als das Fahlerz und in diesem in verheilten Rissen eingelagert. Die ältere Kupferkiesgeneration (Typ 1) führt in Spalten Fahlerz, welches den Kupferkies anlost (EBNER et al. 2000).

Die Chalcopyrite des Paradiesstollens weisen eine nahezu

stöchiometrische Zusammensetzung von  $\text{Cu}_{0,98}\text{Fe}_{0,94}\text{S}_{2,04}$  auf. Die Abweichungen sind auf geringe Beimengungen von Ni, Sb, As und Ag zurückzuführen. Der Chalcopyrit wird von Sphalerit randlich und in Spalten angegriffen (OFNER 2002).

### Fahlerze der Mischkristallreihe Tetraedrit - Tennantit

Schwarzgraue Fahlerze treten unregelmäßig verteilt bis Faustgröße im Ankerit und Chalcopyrit auf (EBNER et al. 2000). Der As-Gehalt in den Fahlerzen reicht von 1,33 bis 13,77 Gew.% und der Sb-Gehalt schwankt zwischen 11,13 und 26,85 Gew.% . Die Variabilität der Gehalte von As und Sb deutet auf einen Austausch von  $\text{As}^{3+}$  und  $\text{Sb}^{3+}$  innerhalb der Mischkristallreihe von Tetraedrit und Tennantit hin (Abb. 4). Auffallend sind die sehr geringen Gehalte von Ag in den Fahlerzen des Paradiesstollens, obwohl REDLICH & SELLNER (1923) in den Fahlerzen der Radmer bedeutende Ag-, Sb- und Cu- Gehalte beschreiben und im Radmertal aus Fahlerz Silber gewonnen wurde (OFNER 2002).

### Gersdorffit

OFNER (2002) beschreibt das Auftreten von 3 verschiedenen Typen von Gersdorffit: (1) reiner Gersdorffit, (2) Fe-reicher Gersdorffit und (3) Fe-Co führender Gersdorffit. In Abb. 5 sind die Zusammensetzungen der Gersdorffite aus dem Paradiesstollen im Dreistoffsystem Gersdorffit-Arsenopyrit-Cobaltin dargestellt. Wie in Abb. 5 ersichtlich, erscheint es sinnvoll die Gruppen 2 und 3 sensu OFNER (2002) zu einer gemeinsamen Gruppe zusammenzufassen. 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

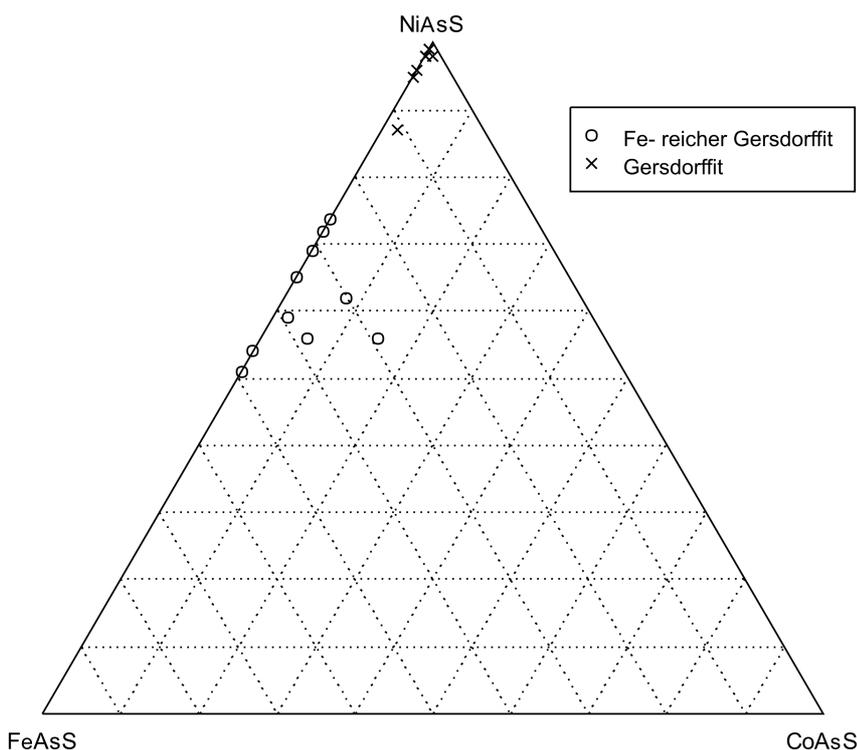


Abb. 5: Zusammensetzung von Gersdorffiten aus dem Paradiesstollen im Dreistoffsystem Gersdorffit (NiAsS) - Arsenopyrit (FeAsS) - Cobaltin (CoAsS) nach Mikrosondenanalysen von OFNER (2002).

Fig. 5: Composition of gersdorffite of the Paradies adit in the system gersdorffite (NiAsS) - arsenopyrite (FeAsS) - cobaltite (CoAsS) after microprobe data of OFNER (2002).

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.%).

### Pyrit

Pyrit tritt als jüngste Bildung vor allem im Löchern und Rissen innerhalb des Chalcopyrits, sowie innerhalb der karbonatischen Gangart auf. Der Pyrit ist teilweise in Form von idiomorphen Kristallen ausgebildet (OFNER 2002).

## 2.6. Bemerkungen zur Exkursion

Das Grubengebäude des Paradeisstollens ist trotz seines Alters sehr gut erhalten. Weite Strecken und Schächte wurden aber im Zuge der Abbautätigkeit wieder versetzt. Ab dem Jahr 1996 wurde der Paradeisstollen durch Mitglieder des Vereins „Schaubergwerk Radmer - Paradeisstollen“ wiedergewältigt. Die Errichtung eines zweiten Tagausganges erweiterte das bestehende Stollensystem und ermöglichte Zugang zu vorher unbekanntem Teilen des Grubengebäudes.

Besonders erwähnenswert ist die Schmalspurgrubenbahn mit einer Spurweite von 35 cm. Die ursprünglich zum Materialtransport genutzte Grubenbahn ermöglicht heute den einfachen Zugang zu den tagfernen Bereichen des Paradeisstollens. In weiten Teilen des Erbstillens sind gut erhaltene, mittelalterliche Schrämmspuren zu sehen. Reste der abgebauten Vererzung sind im Bereich der Großen Halle und entlang der Strecke zur Barbarastatue zu sehen.

Weitere Informationen zum Schaubergwerksbetrieb finden sich unter [www.kupferschaubergwerk.at](http://www.kupferschaubergwerk.at).

## Literatur

EBNER, F. (1997): Die geologischen Einheiten und ihre Rohstoffe. - (In: WEBER, L. (Hrsg.): Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs). - Archiv für Lagerstättenforschung der Geologischen Bundesanstalt, **19**: 49-229, Wien.

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

FLAJS, G. & SCHÖNLAUB, H.P. (1973): Bemerkungen zur Geologie um Radmer (Nördliche Grauwackenzone, Steiermark). - Verh. Geol. B.-A., **1973**: 245-254, Wien.

FLAJS, G. & SCHÖNLAUB, H.P. (1976): Die biostratigraphische Gliederung des Altpaläozoikums am Polster bei Eisenerz (Nördliche Grauwackenzone, Österreich). - Verh. Geol. B.-A., **1976**: 257-303, Wien.

GRÖBL, S. (1986): Der Kupferbergbau in der Radmer, von den Anfängen bis 1660. - Unveröff. Diss. KFU, Graz.

HIESSLEITNER, G. (1931): Zur Geologie der Erz führenden Grauwackenzone von Radmer bei Hieflau. - Jb. Geol. B.-A., **81**: 49-80, Wien.

NEUBAUER, F. (1989): Late Variscan Structures of the Eastern Greywacke Zone Eastern Alps. - Jb. Geol. Pal. Mh., **7**: 425-432, Wien.

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

PROCHASKA, W., EBNER, F., BRYDA, G. & KOCIU, A. (2010): Sideritlagerstätte des Steirischen Erzberges und Paläozoikum der Grauwackenzone am Polster/Präbichl. Exkursionsführer Pangeo 2010. - Journal of Alpine Geology, **53**: 47-62, Wien.

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

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

SCHÖNLAUB, H.P. (1979): Das Paläozoikum in Österreich. - Abh. Geol. B.-A., **33**: 1-124, Wien.

SCHÖNLAUB, H.P. (1980): Die Grauwackenzone. - (In: OBERHAUSER, R. (Hrsg.): Der geologische Aufbau Österreichs), 265-289, (Springer) Wien.

SCHÖNLAUB, H.P. (1982): Die Grauwackenzone in den Eisenerzer Alpen/Österreich. - Jb. Geol. B.-A., **124**: 361-423, Wien.

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

WEINEK, H. (2001): Kupfervererzung, urgeschichtlicher Kupfererzbergbau und Prospektion von montanhistorischen Bodendenkmälern in der Grauwackenzone der Eisenerzer Alpen, Raum Eisenerz - Radmer - Johnsbach, Steiermark. - Unveröff. Diss. MUL, Leoben.

WEINEK, H. (2009): Bergbaugeschichte der Eisenerzer Alpen - Raum Eisenerz, Radmer und Johnsbach. - Arbeitstagung Geol. B.-A., 170-176, Leoben.