

Lagerstättenkundliche Dokumentation des Paradeisstollens im Kupferrevier Hinterradmer/Johnsbachtal

Fritz EBNER, Heinrich MALI und Lukas OFNER

	Seite
Zusammenfassung.....	1
1. Einleitung und Historischer Rückblick.....	2
2. Das Kupferrevier Hinterradmer/Johnsbachtal im Eisen-(Kupfer)Erzbezirk..... Norische Decke.....	5
3. Regional Geologischer Überblick.....	9
4. Die Lagerstätten der Hinterradmer.....	11
5. Übersicht über den begehbaren und aufgenommenen Teil des Paradeisstollens.....	16
6. Die geologischen Verhältnisse im Paradeisstollen.....	17
6.1. Die auftretenden Gesteine.....	17
6.2. Geochemie von Gesamtgesteins-, Gang- und Erzproben.....	20
6.3. Die tektonischen Verhältnisse.....	20
7. Charakterisierung der Vererzung im Paradeisstollen.....	22
8. Literatur.....	23

Zusammenfassung

Der in den letzten Jahren wiedergewältigte und nun als Schaustollen ausgebaute Paradeisstollen in der Radmer a.d. Hasel liegt im Kupferrevier Hinterradmer/Johnsbachtal innerhalb des Kupfer-(Eisen)Erzbezirks Norische Decke.

Die geologisch/lagerstättenkundliche Aufnahme stellt die erste Detailbearbeitung untertägiger Aufschlüsse in den im Bereich der Hinterradmer im Mittelalter zu den bedeutendsten Kupfergruben Europas zählenden Abbauen dar. Neben cm-mächtigen \pm schieferungsparallelen Quarz/Kalzit-Klüften mit geringfügigen Sulfidvererzungen treten m-mächtige querschlägige Eisenkarbonatgänge auf, in denen die Vererzung (Kupferkies, Pyrit, Fahlerz, eisenschüssiger Gersdorffit) in Putzen und Nestern innerhalb altpaläozoischer Graphitphyllite auftritt. Bestimmend für die tektonische Struktur sind die NW – SW fallenden Schicht-(Schieferungs-)flächen und ein \pm N/S streichendes um 75 – 80° einfallendes Störungssystem.

Die Dokumentation des Paradeisstollens zielt auf folgende Punkte ab:

- Fachliche Unterstützung der Gemeinde Radmer bei der Errichtung des Schaubergwerkes.
- Bearbeitung und Dokumentation dieses im geologischen Schrifttum wenig berücksichtigten Lagerstättentypus der steirischen Grauwackenzone.

1. Einleitung und Historischer Rückblick

Der Bereich Hinterradmer-Johnsbachtal ist ein historisches Kupfer-Bergbaugesamt mit Anfängen in frühgeschichtlicher Zeit. Bronzezeitliche Funde aus dem Bereich des Talbodens und Reste alter Schmelzplätze am Übergang zum Johnsbachtal (Neuburgsattel), dem Teicheck und anderen Stellen sind Zeugen früher Besiedelung und ausgedehnter prähistorischer bergbaulicher Tätigkeiten (Abb. 1).

Im Mittelalter und der Neuzeit bestand in der Radmer in unmittelbarer Nachbarschaft des 1601 erbauten Schlosses Greifenberg ein ausgedehnter Kupferbergbau mit Einbauen bis tief unter die Talsohle. Diese Einbaue waren die Hauptförderorte, bis sie 1625 aus Wassernot verlassen wurden. Zu dieser Zeit sollen 1200 Knappen in der Radmer beschäftigt gewesen sein, von denen der größte Teil mit der Ausschöpfung des Wassers beschäftigt war. Neben den Einbauen unter dem Talniveau ging der Bergbau aber auch in den Talflanken beiderseits der Talsohle um.

Berbaugeschichtlich interessant ist das Jahr 1634, in dem in der Radmer die erste bergmännische Sprengung mit Schwarzpulver in den Alpenländern stattfand.

Einer der mittelalterlichen Einbaue ist der ca. 900 m SW des Schlosses Greifenberg liegende bis in das Jahr 1547 zurückgehende, handgeschrämmte Paradeisstollen. In diesen soll zu Beginn des 17. Jahrhunderts der nahe gelegene Radmerbach eingebrochen sein. Da alle Bestrebungen fehlschlagen, den Tiefbau zu sumpfen, ging der Bergbau später nur mehr in dem über dem Talniveau liegenden Grubengebäude um. Die Erzvorräte waren aber um 1855 derart erschöpft, dass der Bergbau eingestellt werden musste.

Das Geburtsjahr des historischen Kupferbergbaues in der Radmer wird mit 1547 angegeben; die größte Produktion lag zwischen 1690 und 1710 bei 4000 bis 5000 Zentner Kupfer/Jahr - der größten jemals in der Steiermark erzielten Kupferproduktion. REDLICH & SELLNER (1931) berichten, dass 1733 nur mehr die Paradeisgruben Erz gaben. Die Radmer war damals aber auch einer der größten Kupferlieferanten Europas. Nach einem weiteren Höhepunkt um 1760 mit dem Erschmelzen von 1100 Zentner Kupfer/Jahr ging der Bergbau stetig zurück, bis im Jahr 1855 der Bergbau heimgesagt und die Hütte eingestellt wurde (REDLICH, 1905). Das in der Radmer gewonnene Kupfer wurde bis dahin in der „Stiftlich Seitenstätten'schen Messingfabrik“ in Reichraming verarbeitet, die nach der Beendigung des Bergbaues in der Radmer um 1870 gleichfalls eingestellt wurde.



Abb. 1: Topographische Situation des Kupferreviers Hinterradmer mit Lage des Paradeisstollens (dicker schwarzer Punkte) und prähistorischer Schmelzplätze (kleine rote Punkte; nach WEINEK).

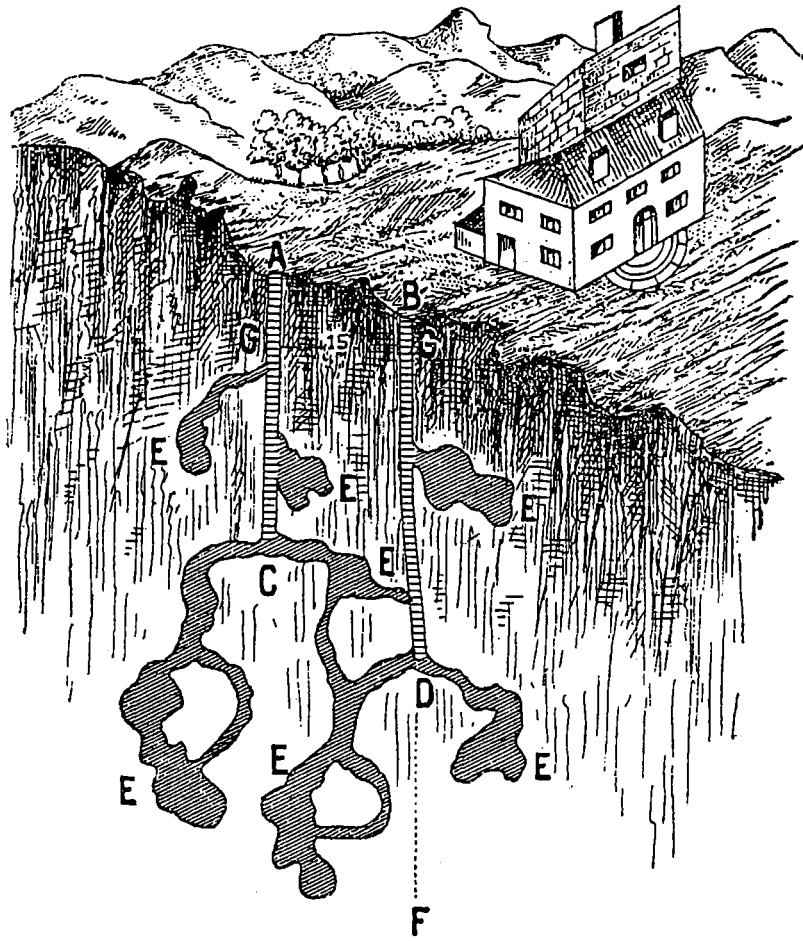


Abb. 2: Die beiden Haupteinbaue unter dem Niveau des Haselbaches aus denen bis 1625 die meisten Erze abgebaut wurden, die dann aber wegen Wassermot verlassen wurden. Im Hintergrund das 1601 erbaute Schloß Greifenberg. Die Skizze stammt von einem gewissen del BRUNO, der sich erbötig machte, die ersoffenen Tiefbaue mit einer von ihm stammenden Erfindung zu entsumpfen. Das Grubengebäude zeigt hier zwei 15 Klafter voneinander entfernte Schächte (A 40 und B 56 Klafter tief). Sie standen untereinander durch Äste E in Verbindung, in denen damals Erz anstand. Die tiefere Grube (D bis F) misst weitere 24 Ellen. Das Wasser stand bei Normalverhältnissen 3 bis 4 Ellen unter dem Tagkranz an, floß im Frühjahr aber oft über. Die Grube wurde verlassen, da das Wasserheben zu kostspielig geworden war (aus REDLICH, 1905).

1900 erwarb die Fa. Sommer aus Reichraming einige Freischürfe in der Radmer und führte dort auch eine Reihe von Untersuchungsarbeiten mit Schürfen und kurzen Einbauen durch. Eine größere Kupferkieslinse wurde dabei lediglich im Kammerlgraben erschlossen. Dieses Vorkommen wurde lagerstättenkundlich auch bei REDLICH (1905) dargestellt.

Im Umkreis des Schlosses Greifenberg sind im Talboden auch Reste eines gewaltigen Bergsturzes, der im 16. Jahrhundert von der Lugauer Südflanke abgegangen war, zu beobachten. Dieser zerstörte auch den Großteil einer ehemaligen Bergbausiedlung.

Zusammenfassende Darstellungen über den historischen Bergbau in der Radmer finden sich bei REDLICH (1905), REDLICH & SELNER (1923), einer montanhistorischen Dissertation von GRÖBL (1986) und einem Fremdenverkehrsprospekt über den Paradeisstollen in der Radmer. Eine Dissertation an der Abt. für Geologie und Lagerstättenlehre des Institutes für Geowissenschaften der Monanuniversität Leoben über die Zusammenhänge zwischen prähistorischen Schmelzplätzen und den Vererzungen dieses Bergbaureviere (WEINEK, in Vorb.) befindet sich in Fertigstellung.

In den Jahren 1996 – 1999 wurde der Paradeisstollen durch Idealisten um Ludwig Gottsbacher in mehr als 4.000 freiwillig geleisteten Arbeitsstunden wiedergewältigt und zu einem Schau- und Forschungsstollen adaptiert. Besondere Attraktion des Schautollens ist die ebenfalls in Eigenregie errichtete „Kleinste Stollenbahn Österreichs“, die den Besucher 300 m in das Stolleninnere bringt. Im Winter 1999/2000 wurden weitere über dem Erbstollen liegende Grubenbereiche freigelegt.

Das im Rahmen der VALL durchgeführte Dokumentation-Projekt über den Paradeisstollen zielt auf folgende Punkte ab:

- Fachliche Unterstützung der Gemeinde Radmer bei der Errichtung des Schaubergwerkes.
- Bearbeitung und Dokumentation dieses im geologischen Schrifttum wenig berücksichtigten Lagerstättentypus der steirischen Grauwackenzone.

Damit handelt es sich um Arbeiten, die nicht nur der systematischen Erfassung/Dokumentation des heimischen Rohstoffpotentials dienen, sondern auch zur Unterstützung touristischer Aktivitäten (Schaubergwerk) in einer wirtschaftlich schwachen Region genutzt werden können. Im diesen Sinne wurden die Stollenkartierungen 1999 auch bei den von der Montanbehörde durchgeführten Begehungen und Diskussionen um einen sicheren Schautollenbetrieb und das Auffahren eines zweiten Zuganges als Arbeitsgrundlage verwendet.

Geländearbeiten für dieses Projekt wurde im Rahmen eines Arbeitsvertrages durch L. OFNER und im Rahmen einer geologischen Kartierungsübung des Institutes für Geowissenschaften (Abt. für Geologie/Lagerstättenlehre) der Montanuniversität Leoben durchgeführt. Weiters wird Dr. H. PIRKL und Dr. H. NEINAVAI (Fa. Geo-Öko Eisnerz) für die Überlassung von Arbeitsgrundlagen und für wertvolle Diskussionen bei der Durchführung des Projektes gedankt. Die chemische Analytik an ausgewählten Proben wurde durch die Fa. Actlab in Toronto/Canada, alle anderen analytischen Arbeiten an der Abt. für Geologie und Lagerstättenlehre der Montanuniversität Leoben durchgeführt. Der Personengruppe vor Ort um Ludwig GOTTSBACHER sei für die Unterstützung der Geländearbeiten bestens gedankt. L. OFNER führt nun die Untersuchungsarbeiten im Rahmen einer Diplomarbeit weiter.

Begleitend zum lagerstättengeologischen Dokumentationsprojekt finden im Rahmen eines weiteren VALL-Projektes orientierende Aufbereitungsversuche an Erzproben aus dem Paradeisstollen statt (STEINER, in Vorb.).

2. Das Kupferrevier Hinterradmer/Johnsbachtal im Eisen- (Kupfer)Erzbezirk Norische Decke

In der Norischen Decke der Grauwackenzone sind Eisenspat-Vererzungen die bezeichnenden Mineralisationen. Mit den Eisenkarbonaten finden sich aber immer wieder auch Sulfidvererzungen (Kupferkies, Fahlerz, Arsenkies, Zinnober). Gemeinsam werden sie in der Metallogenetischen Karte Österreichs zum Eisen-(Kupfer-)Erzbezirk Norische Decke zusammengefasst (WEBER, 1997; WEBER & EBNER, 1997). Die Trägergesteine der Vererzungen sind meist altpaläozoische Kalke („Erzführende Kalke“) oder phyllitische Schiefer („Grauwackenschiefer“) (SCHÖNLAUB, 1980; EBNER, 1997).

Die Erzvorkommen des Eisen-(Kupfer)Erzbezirkes Norische Decke zeigen ein auffallendes räumliches Nahverhältnis zur Grenzzone Grauwackenzone (Norische Decke)/Nördliche Kalkalpen. Letztere besitzen an ihrer Basis fluidstauende Schichtentwicklungen (Werfener

Schichten). Ein weiteres Charakteristikum der Kalkalpenbasis sind oberpermische evaporitische (Gips-führende) Gesteine. Das Kupferrevier Hinteradmer-Johnsbachtal, mit einer Position knapp unter der Kalkalpen-Basis ist Bestand des o.g. metallogenetischen Bezirks. In der Aeromagnetik zeichnen sich in diesem Bereich keine Anomalien ab (WEBER, 1997; WEBER & EBNER, 1997; EBNER, 1997; WEBER et al., 2000).

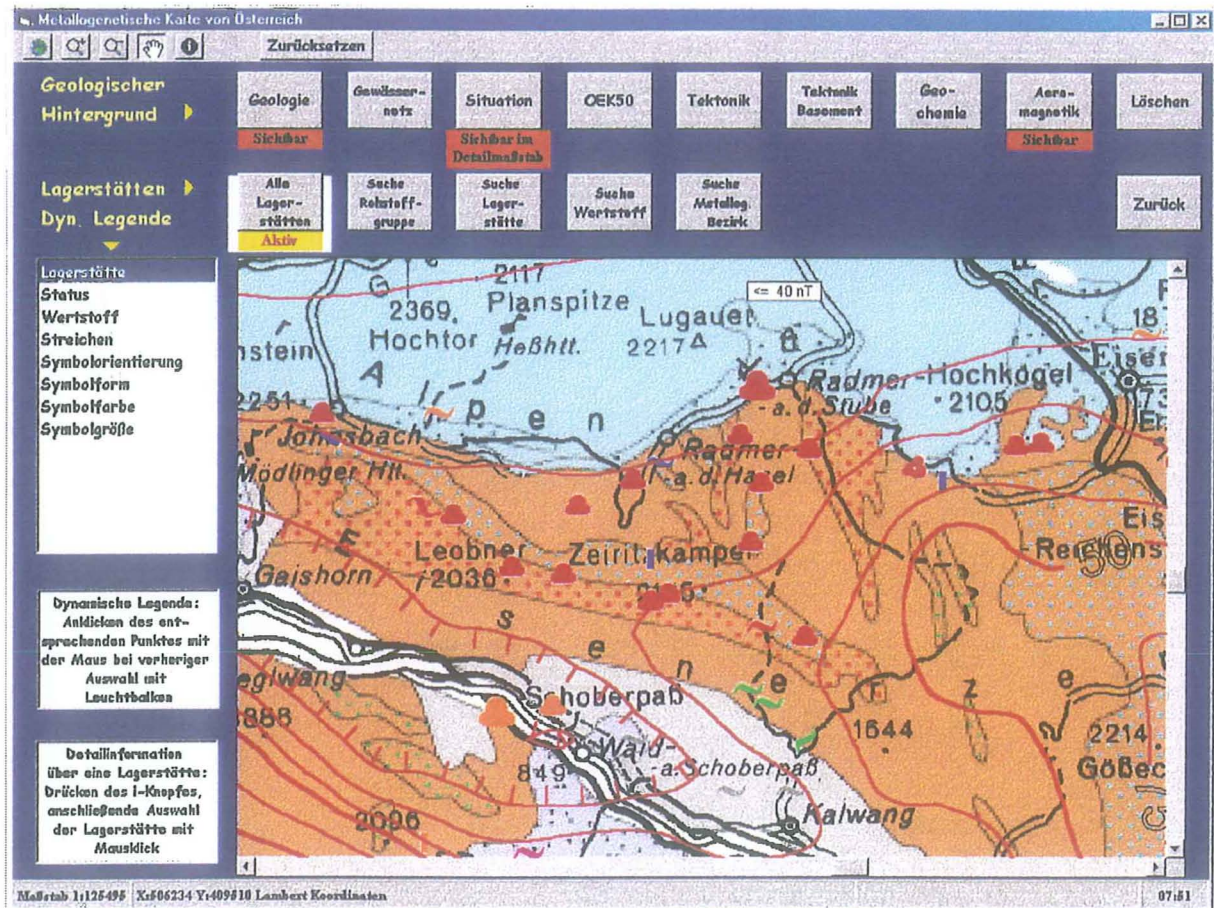


Abb. 3: Die Lagerstätten des Eisen-(Kupfer) Erzbezirkes Norische Decke im Bereich Johnsbach – Radmer; Maßstab 1 : 125.495 (WEBER et al., 2000).

Legende der geologischen Situation: braun Norische Decke der Grauwackenzone; grau Veitscher Decke der Grauwackenzone; blau Mesozoikum der Kalkalpen; violett Mittelostalpinen Zentralalpines Mesozoikum. Punktsignaturen: schwarz Siliziklastika; blau Karbonatgesteine; grün basische Vulkanite; rot Porphyroide. Vererzungssymbole: rot - stockförmige Eisenspatvererzungen, blau - Kupfervererzungen, grün - Kiesvererzungen, hellbraun - Magnesit, Talk; grau - Graphit. Das Symbol für lagerförmige Lagerstätten SW Radmer a.d. Hasel entspricht dem Bereich des Paradeisstollens, die Gangvererzung bei „z“ von Zeiritzkampel ist die Vererzung des Kammergrabens.

Die roten Linien dokumentieren die aeromagnetische Verhältnisse (Isolinien der Totalintensität; Abstufung im 10 nT-Bereich):

- N Planspitze: ≤ 50 nT
- S Radmer: ≤ 40 nT
- S Zeiritzkampel: ≤ 30 nT
- SW Leobner: ≤ 20 nT

Die Genese der Spateisenerz-Lagerstätten ist nach wie vor Gegenstand kontroversieller (sedimentär – epigenetisch) Interpretationen (zusammenfassende Literatur: SCHULZ & VAVTAR 1996, für die sedimentäre, PROCHASKA, 1999, für die epigenetisch/metasomatische Seite. Die Eisenkarbonat- und sulfidischen Vererzungen werden häufig als cogenetisch angesehen, wobei REDLICH (1905) und REDLICH & SELNER (1923) für die

In der Geochemie der Streamsedimente hebt sich das Kupferrevier Hinterradmer/Johnsbachtal mit einigen Elementen klar von den Kalkalpen und dem übrigen Eisen-(Kupfer)Erzbezirk Norische Decke ab (THALMANN et al., 1989; Weber et al., 2000). Klare Anomaliezonen sind in den Kupfer-(Abb. 4), Silber- (Abb. 5) und Antimongehalten (Abb. 6) der Streamsedimente südlich der Auflagerung der Kalkalpen zwischen Johnsbach und Radmer festzustellen. Diese Anomalien sind im Erzrevier Hinterradmer/Johnsbachtal aus der räumlichen Verbreitung der Vorkommen und ihrer Erzmineralogie gut erklärbar. As, Pb und Zn zeigen in den Streamsedimenten keine Anomaliewerte.

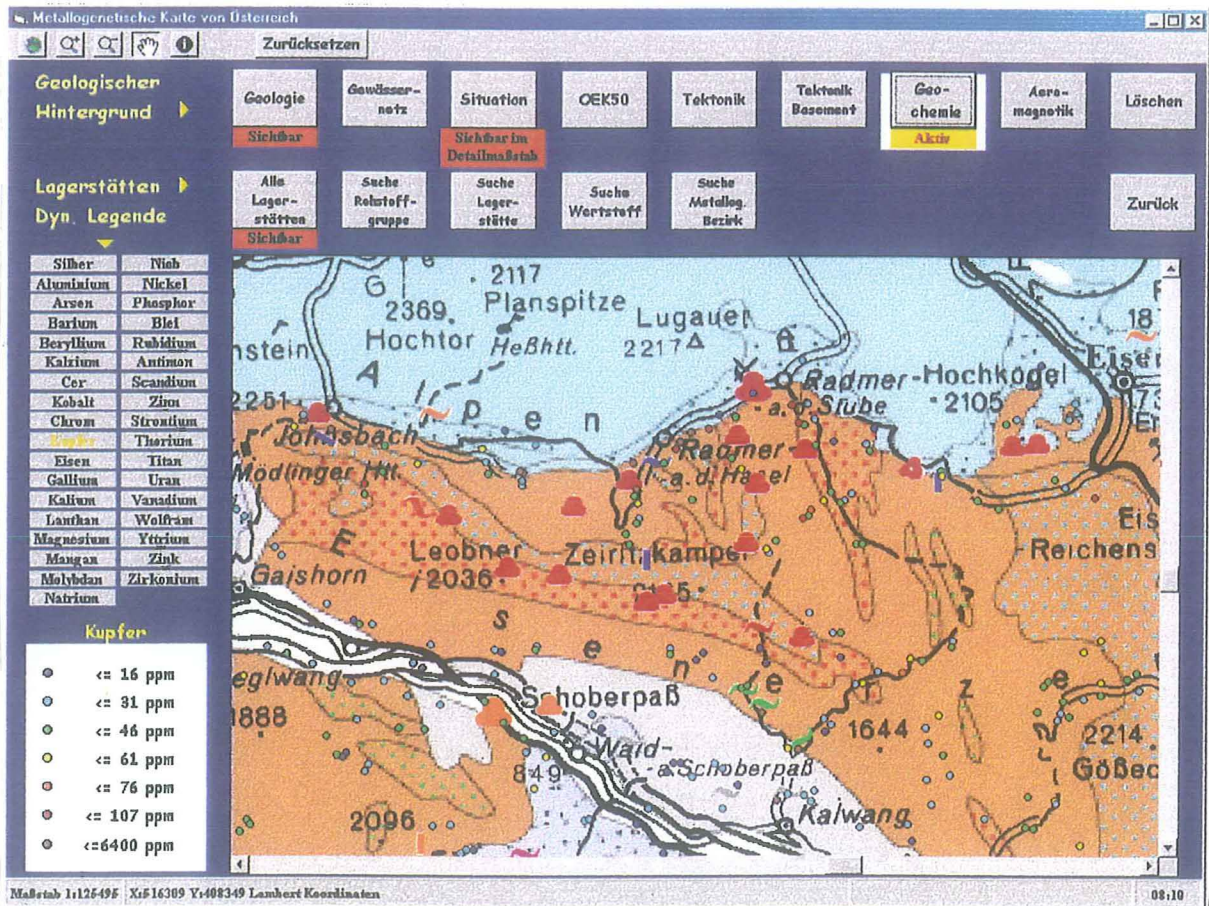


Abb. 4: Kupfergehalte in Streamsedimenten des Eisen-(Kupfererz-)Bezirks Norische Decke zwischen Johnsbach und Radmer. Ausschnitt aus der Metallogenetischen Karte Österreichs; Maßstab 1 : 125.495 (WEBER et al., 2000). Südlich der Auflagerung der Kalkalpen auf der Norischen Decke der Grauwackenzone verläuft von Radmer bis nach Johnsbach eine klare Anomaliezone.

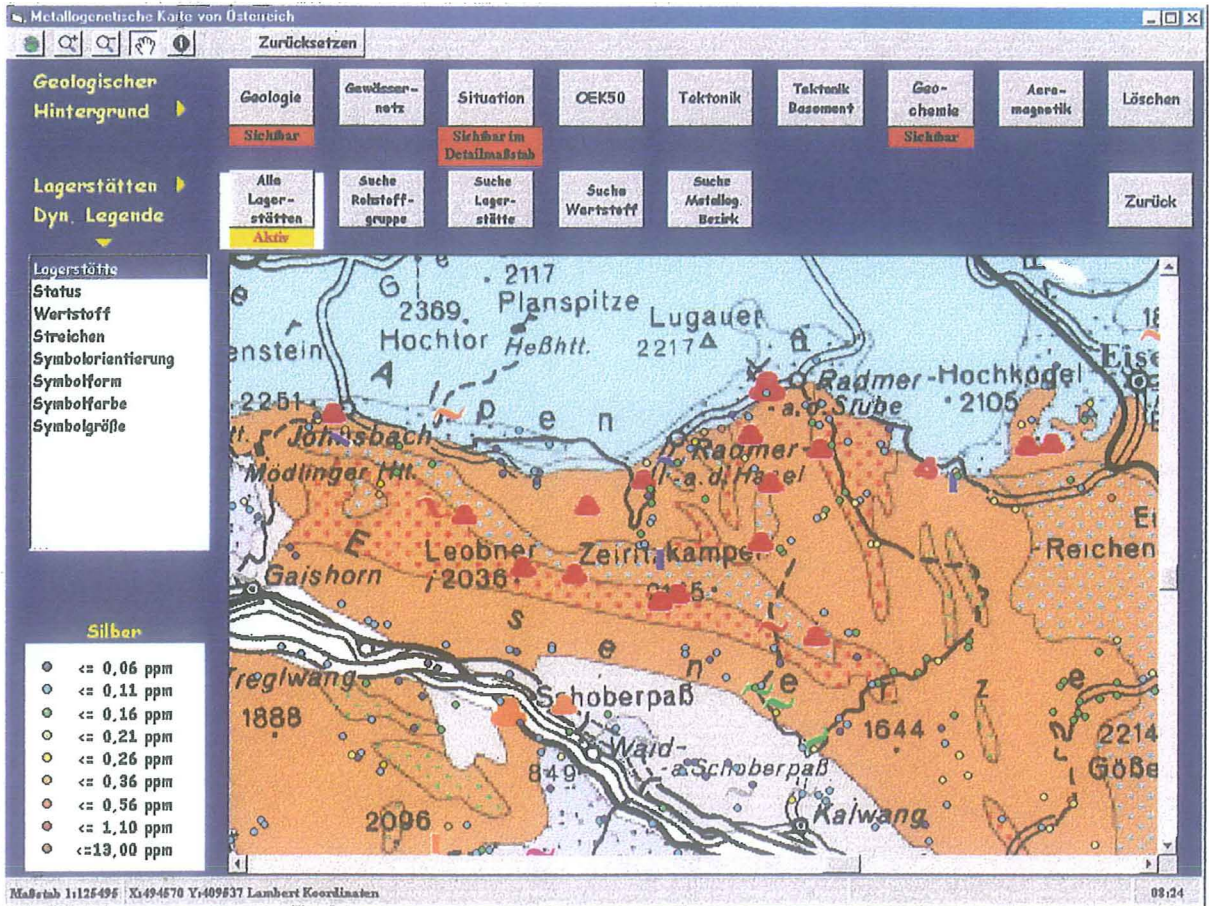


Abb. 5: Silbergehalte in Streamsedimenten des Eisen-(Kupfer)Erzbezirks Norische Decke zwischen Johnsbach und Radmer. Ausschnitt aus der Metallogenetischen Karte Österreichs; Maßstab 1 : 125.495 (WEBER et al., 2000). Die höchsten Konzentrationen (im Bereich 0,26 bis ≤ 56 ppm) treten S Johnsbach und ENE Radmer a.d. Hasel talabwärts von den Kupfermineralisationen auf.

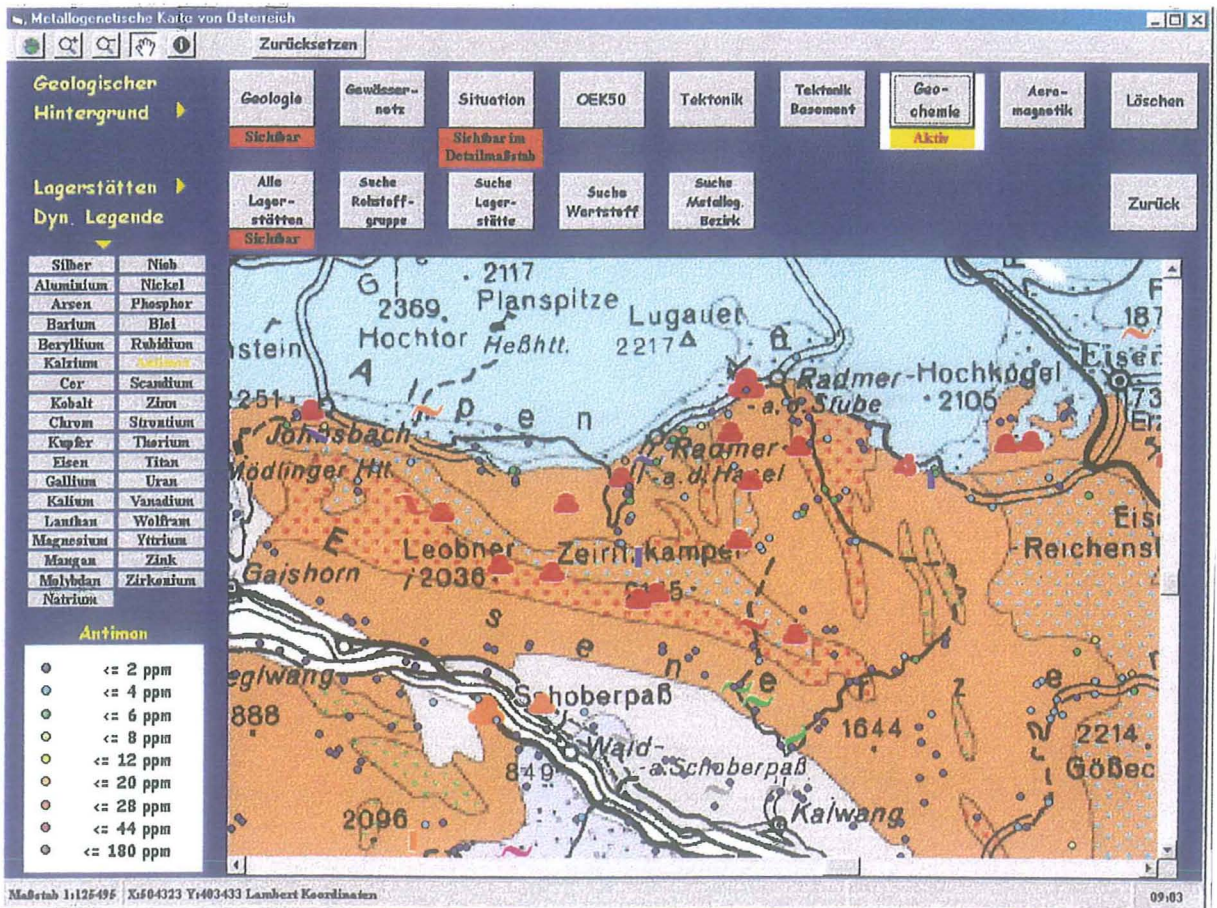


Abb. 6: Antimongehalte in Streamsedimenten des Eisen-(Kupfer)Erzbezirks Norische Decke zwischen Johnsbach und Radmer. Ausschnitt aus der Metallogenetischen Karte Österreichs; Maßstab 1 : 125.495 (WEBER et al., 2000). Ein aus dem Hintergrund (≤ 2 ppm bis ≤ 6 ppm) hervortretender Probenpunkt (≥ 20 bis 28 ppm) liegt W der Vererzungen SW Radmer a.d. Hasel.

3. Regional Geologischer Überblick

Das Kupferrevier Hinterradmer-Johnsbachtal als Teil des Eisen-(Kupfer)Erzbezirkes Norischen Decke liegt in der höchsten tektonischen Einheit (Norischen Decke) der Grauwackenzone. Diese Vererzungszone ist an die hangenden Teile der Norischen Decke gebunden (WEBER, 1997). Unmittelbar darüber folgen die Nördlichen Kalkalpen. Primär bestand zwischen der Norischen Decke und den permoskythischen Basiseinheiten der Nördlichen Kalkalpen ein winkeldiskordanter sedimentärer Verband. Diese stratigraphischen Verbände sind heute nur mehr bereichsweise erhalten (z.B. bei der Leobner Hütte am Polster. In diesen Fällen ist unter den skythischen, 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 den Werfener Schichten der mitteltriadischen Karbonatgesteinsabfolgen ausgebildet. Bereichsweise treten an der Basis im Permoskyth auch Gips-führende Gesteine (Haselgebirge) auf.

Die Auflagerung der Präbichlschichten plombiert am Erzberg, Polster und in Teilbereichen der Eisenerzer Alpen eine variszische Falten- und Deckentektonik (SCHÖNLAUB, 1982; SCHÖNLAUB et al., 1980; NEUBAUER, 1989).

Die Schichtfolge der Norischen Decke setzt im Eisenerzer Raum innerhalb des Orodoviciums ein und reicht lokal bis ins höhere Visé/tiefere Namur (SCHÖNLAUB, 1979, 1980). Markante Schichtglieder sind innerhalb eintöniger Schiefer-/Phylliteinheiten (Grauwackenschiefer) die oberordovizischen Blasseneck Porphyroide, Cystoideenkalke und 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 Gesteinsabfolgen (z.B. am Erzberg) bis in das tiefere Karbon. Den Abschluß der variszischen Schichtfolge bilden am Erzberg dunkle Schiefer der Eisenerzer Schichten (SCHÖNLAUB et al., 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-/Phyllitabfolgen, mangelnder stratigraphischer Fixpunkte und schlechter Aufschlußverhältnisse nicht möglich. REDLICH (1905:17) 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.

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

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 Bersturzmasse, die sich von der SE-Flanke der Kalkalpen (Haselkogel – Gspitzter Stein-Lugauer) löste.

Die geologischen Verhältnisse der Hinterradmer sind bei HIESSLEITNER (1931) Karte und AMPFERER (1935) dokumentiert. Die geologische Übersichtskarte des Berichtes (Beil. 2.) wurde uns dankenswerter Weise von Dr. H. PIRKL und Dr. H. NEINAVAIE zur Verfügung gestellt.

Der unmittelbare Umgebungsbereich des Paradeisstollens und die Untertagsaufschlüsse sind in Beil. 1 dargestellt.

4. Die Lagerstätten der Hinterradmer

Auf die Lage des Kupferreviers Hinterradmer/Johnsbachtal im Eisen-(Kupfer)Erzbezirk Norische Decke und innerhalb der Grauwackenzone wurde bereits eingegangen. Die einzigen zusammenfassenden Darstellungen darüber finden sich bei REDLICH (1905) und REDLICH & SELLNER (1923). Trotz der ausgedehnten historischen Bergbautätigkeit waren Redlich Aufschlussbeobachtungen aufgrund der Unzugänglichkeit der Stollen kaum möglich. Die nun dokumentierte Situation im Paradeisstollen stellt die erste Untertagedokumentation lagerstättenkundlicher Verhältnisse in diesem Erzrevier dar.

Die Kartierung (Beil. 2) weist durch die dort verzeichnete Vielzahl von Halden auf die Intensität des historischen Bergbaues hin. Dieser konzentrierte sich in der Hinteren Radmer an der W-Seite des Haselbaches auf den Bereich vom Schloß Greifenberg nach SW etwa bis NNW der Brücke 959 (ÖK 100, Hieflau) und S des Haselbaches um den Ausgang des Kuehbachgrabens und den Bereich der Kammerlalm.

Aus der geologischen Literatur (REDLICH, 1905; REDLICH & SELLNER, 1923) konnten dabei die Namen und Positionen der nachstehend genannten alten Abbaue ermittelt werden. Regional konzentrieren sich die Vererzungen der Hinterradmer auf folgende Bereiche (REDLICH & SELLNER, 1923 sprechen dabei von Gangzügen):

1. Gangzug:

An der W-Seite des Haselbaches N Schloß Greifenberg (Greifenglück- und Rauchenstollen).

2. Gangzug:

Ausgang Faschinggraben an der W-Seite des Haselbaches: Paradeis-, Untersteinstollen und darüber der Rotkogelstollen.

Nach REDLICH & SELLNER (1923) scheint die Vererzung im Paradeisstollen eine große Ausdehnung gehabt zu haben. Der Gang war 1 1/2 bis 2 (und auch darüber) Klafter mächtig, das Erz jedoch mit viel weißem Ganggestein vermischt.

In topographisch höchster Position waren auf den Hangendgang im Neuburg (REDLICH 1905:21; REDLICH & SELLNER, 1923) 5 Stollen übereinander angelegt, die miteinander gelöchert wurden. Der höchste Stollen war der Ambrosi-Stollen. Das Liegende bestand aus weißem festen Schiefer. Der Gang war bisweilen mächtig, aber meist nur eingesprengt. Weiters hat er sich sechsmal übersetzt.

Am Ende des Haselbacher Faschinggrabens liegt in der Nähe der Loidlalm (Radmerer Neuburgalm) ein Sideritgang innerhalb der Werfener Schiefer (REDLICH, 1905; HIESSLEITNER, 1923).

3. Gangzug: Plöschberg.

Im 1900 wiedergewältigten Plöschstollen durchsetzten bis 0,75 m mächtige Gänge (Ankerit, Quarz, Kupferkies) diskordant zur Schieferung die Grauwackenschiefer und schwarzen Schiefer. Teilweise erscheinen die durchschlagenen Schiefer gebleicht. Zwischen Plöschberg und Ochselriedl werden in den Schiefen Ankeritgänge angetroffen, die sich jedoch eher dem Flächengefüge der Schiefer anpassen.

Der dritte Gangzug findet seine streichende Fortsetzung E des Haselbaches am Ausgang des Kuehbachgrabens.

Abbaue am Ausgang des Kuehbachgrabens:

Dreifaltigkeits-, und Unterdemsteinstollen

Nach REDLICH & SELLNER (1923) ging hier 1707 im Silberbergwerk Kuehbach mit 13 Gebäuden (St. Philipp, St. Johann, St. Christof, St. Georg, St. Martin, St. Sebastian, St. Willibald, St. Barbara, St. Katharina, St. Anna, St. Elisabeth, St. Margarethe, St. Kunigunde) ausgedehnter Silberbergbau um.

Der Dreifaltigkeitsstollen und seine Nebengebäude wurde 1738 begonnen und taleinwärts abgebaut. Zuerst wurde ein mächtiger Eisensteinstock angetroffen, dahinter starke Kiesgänge, die sich als Stockwerk in die Tiefe fortsetzten und 25 Jahre angehalten haben. In den tieferen Gesenken ließ der Erzreichtum etwas nach, hauptsächlich wurde der Bergbau jedoch wegen Wassernot verlassen. Nach oben zerschlugen sich die Gänge.

4. Gangzug: Rotwand - Kammerlalm

Diese Vorkommen streichen von der Lammerleiten am Fuß der Rotwand nach E zur Kammerlalm. Reste bergbaulicher Tätigkeiten sind in Nähe der Schafbodenhütten in der Lammerleiten und im Kammerlgraben (1905 noch mit vier befahrbaren Stollen) vorhanden.

GOETH (1841) beschrieb, als der Bergbau noch in Betrieb stand, die Situation folgend:

„Die Erze kommen im Übergangsschiefer vor. Das gewöhnliche Gangestein ist eisenhaltiger Spat und Quarz. Die vorkommenden Erze sind Kupferkiese. Auf der Höhe des Mittelgebirges sollen sich früher reichhaltige Silberfahlerze gefunden haben. Die Kupfererze lassen sich selten in das Hauptgebirge ein, sondern kommen in unregelmäßigen, stockartigen Lagern vor; diese drehen sich von Abend gegen Morgen aus und haben ein Verflächen von 40 bis 50° nach 1h50'. Die Mächtigkeit ist sehr verschieden, jedoch sind jene am edelsten, die nicht zu mächtig sind. Das Liegende ist schwarzer Kupferschiefer, das Hangende Spateisenstein“.

In einem dieser Stollen wurden Schurfarbeiten durch die Fa. Sommer durchgeführt, die REDLICH (1905) dokumentierte:

Über grauen Schiefem traten Karbonatgesteine auf, die sich in Pinolit-ähnlich aussehende liegende Ankerite und hangende Kalke gliederten. Im massig aussehenden Ankerit, der lateral in Kalke überging, traten bis faustgroße Putzen von Kupferkies und Fahlerz auf. Die dortige Erzlinse lieferte 2000 q Erz mit 16,5 % Cu.

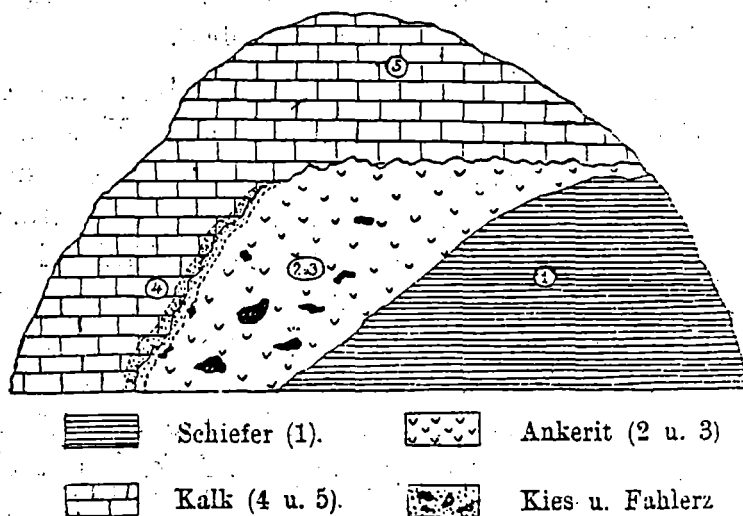


Abb. 7 : Ortsbild während der Schurfarbeiten durch die Fa. Sommer im Kammerlgraben. Deutlich ist an der Grenze Schiefer-Kalk das zum Kalk diskordante Auftreten des Ankerits mit den putzenförmigen Kupferkies- und Fahlerzvererzungen ersichtlich (aus REDLICH, 1905).

Der Erzinhalt der Lagerstätten lässt sich zum Großteil nur aus Haldenfunden rekonstruieren (REDLICH, 1905; REDLICH & SELLNER, 1923):

Ankerit (Rohwand)
 Siderit,
 Tetraedrit (Fahlerz, Glaserz)
 Zinnober
 Pyrit
 Arsenkies
 Gangart: Quarz, Kalzit (Baryt im Johnsbachtal)

Sedkundärmineralisationen der Oxidationszone:

Malachit, Azurit, Cuprit, gediegen Kupfer, Aragonit

Bemerkungen zu den einzelnen Erzmineralen (REDLICH, 1905; REDLICH & SELLNER, 1923):

Ankerit, Siderit:

Blättrig-körnige (Pinolitmagnetit ähnliche) Ausbildung bis feinstkristallin. Linsenförmig tritt in ihm Siderit auf. Im Bergbau Radmer an der Stuben bildete der Siderit größere Massen im Ankerit. Wegen der eingesprengten Kiese besaß er hohe Cu- und S-Gehalte.

Kupferkies:

Kupferkies ist in den Eisenkarbonaten derb in Nestern von Nuß- bis Mannesgröße eingesprengt. Nach GOETH (1871) schwankt der Kupfergehalt des Erzes zwischen 5 und 30 %.

Tab. 1: Erzanalysen aus dem Jahr 1903 (REDLICH 1905).

	I	II	III
Cu	31,75	26,89	22,81
S	29,00	-	16,15
Fe	30,70	31,72	27,28
Al ₂ O ₃	0,2	-	0,08
SiO ₂	-	6,75	13,08
Sb	-	-	0,05
As	-	-	0,006
Ag	14 ppm	-	-
Au	Spuren	-	-

Aus den Probierbüchern der entsprechenden Zeit ermittelte REDLICH (1905) die in der Tab. 2 angegebenen Kupfer-Durchschnittsgehalte der in diesem Jahr verhütteten Erze. Dabei zeigt sich ein sehr heterogenes Bild der Erze mit einer Spanne des durchschnittlichen Kupfer-Gehaltes zwischen 1,6 % (1795) und 14 % (1596). Ganzstufenerze erreichen durchaus Gehalte von 25 Pfund Cu pro Zentner Erz.

Tab. 2: Durchschnittsgehalte an Cu der in der Radmer verhütteten Erze zwischen 1596 und 1822 und Kupfergehalte der Ganzerze (in Pfund Cu/Zentner Erz) ermittelt von REDLICH (1905) aus den Probierrbüchern jener Zeit.

Jahr	Erz- erzeugung	Ganz- stufenz	Daraus Kupfer Ztr.	Ganzstufenz hält der Zentner Pfund Kupfer	Mittelstufenz hält der Ztr. Pfund Kupfer	Mindere Erze hält der Ztr. Pfund Kupfer	Durchschnitts- gehalt aller Erze an Kupfer
1596	47.050 Kübel		8580				14
1608	32.330 »		4060				9.6
1632	14.470 »		1252				8
1636	9.228 »	7321	963				8
1755	13.112 Ztr.		1015				7.7
1757	14.955 »		1101				7.1
1759	12.949 »		1120				8.8
1761	13.931 »		1100	16—23			7.8
1764	12.775 »		918				7.1
1765	13 601 »		890	12			6.5
1767	11 733 »		761				6.5
1768	10.800 »		623				5.8
1774	10.819 »	3634	469.5	18			4.3
1776	11.866 »	2095	368				3.1
1777	11.340 »	2404	374.5				3.3
1785*	10.112 »	3522	389.5	8—20 Pfd.			3.8
				Durchschnitt 12 Pf.			
1786*			392	14—22 Pfd.			
				Durchschnitt 14 Pf.			
1788—90*				8—25 Pfd.	3.5		
				Durchschnitt 12 Pf.			
1791			135.7	14	2.5	2	1.4
1792		—	—	—	2.5	0.7	2.3
1793		—	157.4	10	3.3	0.7	3
1794		—	103.7	—	3	0.5	2.2
1795		—	91.5		5	0.4	1.6
1796		—	53.5		5	0.5	1.9
1797		78	52.5	10	3.5	0.5	2.1
1798		704	88.5	11.5	3.5	0.6	3.9
1799		248		14	6	0.6	3.8
1800			133.2	9	5	0.5	3.3
1801			184.5	11.2	4.7	0.4	2.9
1802			218.5	12	4	0.5	3
1803			140	11.3	5	0.6	4
1804			180	8	6	0.6	2.6
1806		990	235	8.5	4	0.5	3
1806	10.291 »		190	10	3	0.5	2.3
1807			245.5	13	3	0.5	3.3
1808			185	8	3	0.5	2.7
1810			149	9	3	0.5	2.7
1811			140.6	9	3	0.5	3
1815			443	13.5	4	0.7	4.5
1819			341	9.5	2	0.1	2.6
1822			430	18	5	0.7	4.2

Fahlerz (= Glaserz):

Schwarzgrau, unregelmäßig verteilt bis Faustgröße im Ankerit und Kies. Neben Sb- und Cu- auch Ag-hältig.

1667 wurden beispielsweise aus 800 Kübeln Erz, die Graf STAMPFER auf den Halden sammeln ließ, 400 Mark Silber abgeschieden.

(Als Glaserze werden Antimon-Arsenfahlerze verstanden).

Zinnober:

REDLICH (1905) verweist auf Anflüge in den Grauwackenschiefern, wies ihn auch im Ankerit nach und vermerkt ein größeres Stück, das 1812 am Plösch gefunden wurde. Bemerkenswert ist, dass in Johnsbach längere Zeit auf Quecksilber gearbeitet wurde (MUCHAR, 1833).

Gegen die Hintere Radmer nimmt bei den Vererzungen der Kupferkies und das Fahlerz immer mehr zu, der Siderit gegenüber dem Ankerit ab (REDLICH & SELNER, 1923). Generell treten die Vererzungen in zwei Positionen auf. An die Erzführenden Kalke sind, metasomatische Ankerit- und Sideritvererzungen gebunden, in den phyllitischen Schiefen treten Quarz-/Ankeritgänge auf. Beide sind stark Sulfiderz-führend. Schon REDLICH (1905:23) verweist darauf, dass die Grauwackenschiefer von Eisenkarbonat- und Kieseinsprengungen durchtränkt sind, die sich an mehreren Stellen zu Gängen verdichten.

REDLICH (1905) und REDLICH & SELNER (1923) bezeichnen die Vererzungen, die in den Schiefen und Karbonatgesteinen als Gänge bzw. metamorphe Lager auftreten, als cogenetische Bildungen. Die Gänge deuten die Wege der Erzlösungen in den Grauwackenschiefern an, bis sie auf die chemisch leicht zersetzbaren Kalke stießen, die sie verdrängten und umbildeten. Welche der seinerzeitigen Abbaue Gängen und welche Lagern zuzuordnen waren, konnte REDLICH nicht mehr entscheiden.

REDLICH (1905) vergleicht die Mineralisationen am Steirischen Erzberg in denen Kupferkies, Fahlerz und Zinnober nicht selten sind, durchaus mit den Verhältnissen in der Radmer. Unterschied ist nur, daß am Erzberg eine größere Kalkscholle von den Erzlösungen betroffen wurde. Andererseits sieht er aber vergleichbare Lagerstättenbildungen auch in den Mitterberger Erzgängen.

REDLICH (1905) bewertete die Abbauwürdigkeit der Lagerstätten im Umkreis des Schlosses Greifenberg in der Radmer etwa folgend:

In den höheren Bereichen über dem Talboden wurden bisher keine bauwürdigen Mengen an Erzen gefunden. Größere Vorräte könnten eventuell nur im Bereich der im 17. Jahrhundert aus Wassernot verlassenen Schächte auftreten. Schurfarbeiten in der Radmer werden aber stets mit großen Kosten verbunden sein, da zur Untersuchung und Bewertung der tiefer liegenden Vererzungen ein 150 m tiefer Schacht mit zahlreichen Querschlägen erforderlich wäre. Da hier aber mit großen Wassermengen zu rechnen ist, wäre auch eine entsprechend aufwendige Wasserhaltung nötig.

5. Übersicht über den begehbaren und aufgenommenen Teil des Paradeisstollens

Das Stollenmundloch des Paradeisstollens liegt ca. 900 m SW des Schlosses Greifenberg an der orographisch linken Seite des Haselbaches knapp westlich der Brücke (Kote 963 ÖK 100 Hieflau), die über den von der Neuburgalm herabziehen Wildbach führt.

Die Grubenfahrt in den bis auf das Jahr 1547 zurückgehenden handgeschrämmten in NW Richtung vorgetriebenen *Erbstollen* beginnt am *Bahnhof*, wo die als Grubenbahn dienende Schmalspurbahn (Spurbreite 36 cm!) bestiegen werden kann. Nach 60 Stollenmetern sinkt die Firsthöhe von mehr als 2 m auf ca. 1,6 bis minimal 1,4 m ab, steigt dann aber wieder stetig an, bis sie bei Stollenmeter 193 eine Höhe von 3 m erreicht. Darauf wird die Firste wieder schlagartig niedriger und die Höhe beträgt nur mehr für die Fortbewegung mühsame 1,7 m und sinkt dann weiter bis auf 1,5 m ab.

Bei Stollenmeter 150 zweigen an der Ost- und Westseite kurze Querschläge ab; nach weiteren 20 m führt nach SW eine nur wenige m lange *L-förmige Strecke*. Im Erbstollen hebt sich nach weiteren 25 Stollenmetern die Firste erstmals ein wenig. Es öffnet sich nun nach links (SW) eine 10 m lange Strecke, die in einem teilweise verbrochenen und für den Führungsbetrieb nicht zugänglichen, versinterten Abbau mündet (*verbrochene Strecke*). An seinem W-Ende setzt ein vollkommen verbrochener Stollen an, aus dem Geleise führen.

Erst bei Stollenmeter 250 hebt sich die Firste wieder. Nach E führt nun eine kurze Strecke zu einem Aufbruch, der zur später genannten *Galerie* führt. Gegenüber auf der SW-Seite befindet sich eine nischenartige Schrämmfahrt. Nun wird eine 7,3 m hohe Kaverne erreicht, die im Weiteren als *Große Halle* bezeichnet wird. Im SE-Eck der Großen Halle befand sich über einem wassergefüllten Loch ein nachgebautes Schöpfwerk, um die Technik des Wasserhebens zu demonstrieren. Anfänglich stand in diesem Loch stark H₂S-hältiges Wasser. Wegen der Geruchsbelästigung wird das Wasser durch Rohre weiter stollenauswärts in den Erbstollen abgeleitet.

Unter der jetzigen Sohle der Großen Halle befindet sich eine Zimmerung im Versatzmaterial, das die tatsächliche Sohle verhüllt. Der Zweck dieser Zimmerung ist unklar.

Im NW zweigt aus der Großen Halle eine NW streichende Strecke (*NW Strecke*) ab, quert dabei einen kleinen Abbau mit einem mächtigen Erzgang und endet an einem Verbruch. An der Sohle dieser Strecke liegen alte Spurbretter für Spurnagelhunte.

Am Beginn der Seitenstrecke führt eine eingebaute Stiege gegenüber des s.g. *Wasserloches* in ein höheres, ca. 4 m über der Großen Halle liegendem, Stollenniveau. Das Wasserloch ist eine kleine, offene mit Wasser gefüllte Kluft, die im Zusammenhang mit einem N-S streichenden, den Stollen querenden Störungssystem steht. Geradeaus leitet nun in SW-Richtung eine Strecke zur *Brabarahalle*, die mit eindrucksvollen Kalksinterbildungen ausgestattet ist. Sie verdankt ihren Namen einem dort von den Schaustollenbetreibern aufgestellten Barbaraschrein.

Südlich und oberhalb der Großen Halle zieht eine Strecke zunächst WNW-ESE (*Galerie*), die dann ständig steigend auf N/S-Richtung nach Süden (*oberhalb der Galerie*) einschwenkt. Sie führt an einem verbrochenen Abbau vorbei, der über dem darunter liegenden und o.g. Aufbruch liegt. Im Winter 1999/2000 wurde in diesem Abbau ein Aufbruch freigelegt, der zu einem höheren, geologisch noch nicht aufgenommenen Streckensystem führt. Das angefallene

Material hat nun den Aufbruch im Erbstollenniveau verfüllt. Nach 20 m „oberhalb der Galerie“ wird ein Streckenkreuz erreicht, an dem eine Strecke nach ESE abzweigt, die sich sofort nach NE wendet und nach 20 m an einem Verbruch endet. Die geradeaus in Richtung S führende Strecke ist versetzt.

Am Nordende der Großen Halle folgt eine Strecke einer markanten N-S Störung. Am Ende der Zimmerung setzt westlich eine Strecke an, die zuerst einen Aufbruch quert und dann in eine enge, verbrochene Strecke einmündet.

Von der weiter nach N führenden Strecke zweigt nach ca. 10 m eine Strecke nach etwa ESE ab, die auf wenigen Metern nur 1 m hoch ist, ansonsten aber aufrechtes Gehen gestattet. Nach etwa 10 m wendet sie sich nach NNE und führt auf nasser Sohle zu einem Verbruch, an dem Eisenblüte wächst und deutlicher Wetterzug zu spüren ist. Dieser Abschnitt wird als „*hinterste NNE-Strecke*“ bezeichnet.

Das gesamte beschriebene Grubengebäude wurde 1998 von Ing. E. SALZER (VA Erzberg) markscheiderisch vermessen und auf einem Plan gemeinsam mit einem in Richtung des Erbstollen verlaufenden Profils in im Maßstab 1: 500 dokumentiert. Diese Grubenkarte ist auch die Basis der geologischen Kartierung.

6. Die geologischen Verhältnisse im Paradiesstollen

Die geologischen Verhältnisse im wiedergewältigten und nun als Schaustollen genützten Paradiesstollen wurden im Sommer 1999 von L. OFNER im Maßstab 1: 100 aufgenommen (Beil. 6). Im Obertagsbereich über der Lagerstätte erfolgte eine Aufschlußkartierung im Maßstab 1: 500 (F. EBNER, H. MALI & L. OFNER), das weitere Umfeld wurde im Rahmen einer Kartierungsübung aufgenommen (R. FASCHINGBAUER & L. KIRCHBERGER, 1999). Dokumentiert sind die geologischen Verhältnisse auf Beil. 1 - 6.

Die Lagerstätte liegt zur Gänze in der Norischen Decke der Grauwackenzone und ca. 340 Höhenmeter unter den Werfener Schichten an der Basis der Kalkalpen. Im Paradiesstollen und seiner obertägigen Umgebung werden phyllitische Schiefer (Grauwackenschiefer) und \pm Silikat-führende Marmore (Erzführende Kalke) in unterschiedlichsten Ausbildungen angetroffen. Altersmäßig sind die fossilfreien Gesteine aus lithologischen Vergleichen mit datierten Formationen der Grauwackenzone lediglich dem Altpaläozoikum zuzuordnen, wobei aus faziellen Gründen für die Karbonatgesteine am ehesten an ein (silurisch) devonisches Alter zu denken ist. Eingelagert sind schieferungsparallele und querschlägige Karbonat/Quarz-Gänge. Teilbereiche der Marmore sind ankeritisch vererzt (Rohwand).

6.1. Die auftretenden Gesteine

Phyllitische Grauwackenschiefer:

Graugrüner Serizitphyllit (Taf. 1, Abb. 8):

Im Handstück wirkt das feinkörnige dominant aus Quarz und Serizit bestehende Gestein massig bis leicht geschiefert. Auffallend sind im Schliff schieferungsparallele Gängchen und boudinierte Lagen, die aus Quarz und Pseudomorphosen von Limonitkörnern nach rhomboedrischen Fe-Karbonaten bestehen.

Der erhöhte Rb-Gehalt ist auf den großen Serizitanteil rückführbar. Cr, Ba, Zr, V sind erhöht; dies ist eventuell durch eine vulkanogene Beeinflussung der Gesteine erklärbar. S-Gehalte bis 0,1% deuten auf das Vorhandensein von Pyrit.

Vorkommen: Im Paradeisstollen vom Eingang bis zu Stollenmeter 130, obertags wenn anstehend im Gehänge SW des Stollenmundloches.

Graphitphyllit (Taf.1, Abb. 9, 10) :

Im Handstück erscheint das Gestein aufgrund des hohen Graphitanteils dunkelgrau bis schwarz und stark geschiefert. Bereichsweise, z.B. auf der Galerie, ist das Gestein karbonatreicher und dadurch kompakter ausgebildet.

Das Gestein besteht aus einer feinkörnigen Quarz-Muskovit-Graphit Grundmasse, in die bis zu 4 mm große Quarzklasten eingelagert sind. Weiters sind gangförmige (s-parallel, oder quer) Karbonat-Quarz Gängchen und Sulfidkörner erkennbar.

Geochemisch ähneln die Graphitphyllite den graugrünen Serizitphylliten. In Lagerstättennähe sind Hg (4,5 ppm) und Sb (29,7 ppm) erhöht. Die Schwarzfärbung ist auf erhöhte Graphitgehalte rückführbar.

Kompakter ausgebildete dunkle Gesteine enthalten ca. 60% Karbonat, 30 % feinkörnigen Quarz, Graphit, nur untergeordnet Serizit und einzelne Pyritkörner. Aufgrund des hohen Karbonatanteil ist das Gestein als graphitischer Quarzmarmor anzusprechen.

Die hohen Mg- und Fe-Gehalte deuten bei den kompakten dunklen Gesteinen darauf hin, dass bei den Karbonaten bereits Ankerit, Breunnerit und/oder eisenhaltiger Dolomit vertreten sein kann. Die S-Gehalte > 0,4 % weisen auf erhöhten Pyritgehalt. Hg ist mit 2,4 ppm, Sb mit 15,4 ppm leicht erhöht.

Vorkommen: Im Paradeisstollen ab Stollenmeter 130 und den darüberliegenden obertägigen Hangbereichen. Bei der Kartierung wurden aufgrund der visuell kaum durchführbaren Unterscheidung beide o.g. dunkel gefärbten Gesteinstypen als „Graphitphyllite“ zusammengefasst.

Die kompakten karbonatreichen Gesteine treten im Paradeisstollen im Bereich der Galerie in Störungsnähe und Nachbarschaft zu den hellen Kalkphylliten auf.

Kalkphyllit (Taf. 1, Abb. 11):

Hellgraue stark geschieferte Kalkphyllite, die von hellbraunen, schieferungsparallelen max. 10 mm-starken gröber körnigen Quarz/Karbonatlagen durchzogen werden. Der Mineralhauptbestand ist mit ca. 60 % feinkörniges Karbonat. Weiters enthält er ca. 25 % fein- bis mittelkörnigen Quarz, 10 % Serizit und schieferungsparallele bzw. schlierig angereicherte dunkle, unter dem Mikroskop nicht weiter auflösbare Mineralsubstanzen.

Der Anteil an Silikatmineralen ist > 50 %. Das feinkörnige Karbonat dürfte eisenschüssig sein, der erhöhte Mg-Gehalt von 4 % weist auf das Vorhandensein von Dolomit.

Vorkommen: Im Paradeisstollen in einem WNW-SSE ca. 10 m breiten Streifen im Bereich der Großen Halle und der Galerie, der beiderseits von Störungen begrenzt wird. Obertags konnte dieses Gestein nicht erkannt werden. Weiters in Wechsellagerung mit Graphitphylliten und Marmoren in der Hintersten NNE-Strecke.

Marmore:

Obertags finden sich graue, weißlich-gelbe, z.T. geflaserte, kristalline Karbonatgesteinstypen, die z.T. unterschiedlich stark ankeritisch vererzt (Rohwand) und z.T. auch verquarzt sind. Im Stollenbereich treten graue Marmore und violette Flasermarmore am Beginn der hintersten NNE-Stecke auf. In der oberhalb der Galerie nach NE abzweigenden Seitenstrecke steht Quarz-Muskovit-Marmor an.

Im Detail wurden aus dem Stollen folgende Varietäten petrographisch und geochemisch näher untersucht:

Violetter Flaser(Silikat)marmor (Taf. 2; Abb. 12):

Dieses auffällig gefärbte Gestein besteht bis zu > 60 % aus fein- mittelkörnigem Karbonat, etwa 20 % Quarz, < 10 % Muskovit und lagenförmig angeordnet, dunklen, unter dem Mikroskop nicht weiter auflösbaren Mineralphasen. Die gut ausgebildete, z.T. feingefaltete Paralleltexur des Gesteins wird durch feine (1 – 2 mm) Lagen o.g. dunkler Mineralphasen hervorgerufen.

Aufgrund eines aus der chemischen Zusammensetzung abgeschätzten Silikatmineralanteils von > 25 % kann das Gestein auch als Silikatmarmor klassifiziert werden. Das Karbonat besteht, da Fe-, Mg- und Mn-Gehalte nur niedrig sind, aus ± reinem Calcit. Sr ist mit 294 ppm ebenso wie Hg und Zn leicht erhöht.

Vorkommen: Hinterste NNE-Strecke.

Quarzführender hellgrauer Marmor (Taf. 2; Abb. 13):

Hellgrau bis bläulich grau massiges, durch Calcit geädertes Gestein. Das Gestein ist grobkörnig rekristallisiert und zeigt an weiteren Mineralen lediglich körnigen Quarz (< 5 %) und vereinzelt Pyrit (2 %).

Die analysierte Probe besitzt einen Kieselsäuregehalt von 14,4 %. Niedrige Fe-, Mg- und Mn-Gehalte sprechen für relativ reinen Calcit. Die Spurenelemente liegen im Normbereich, ausgenommen Sr mit 274 ppm. Hg ist leicht erhöht, der S-Gehalt von 0,1 % ist durch den Pyritgehalt zu erklären.

Vorkommen: Am Beginn der Hintersten NNE-Strecke.

Quarz-Muskovit-Marmor (Taf. 2, Abb. 14):

Sehr hartes hellgraues Gestein mit grünlichen Lagen, das zum Großteil aus Karbonat und jeweils etwa 10 % Quarz und Muskovit besteht. Der Glimmer ist an - auch im Handstück erkennbaren - Streifen von Graphit gebunden. Makroskopisch sind auch Pyritkörner und andere Sulfide (? Kupferkies) erkennbar.

Aus der chemischen Analyse ist auf einen Silikatmineralgehalt von > 30 % zu schließen. Wegen der hohen Mg- und Fe-Gehalte sind bei den Karbonaten bereits Ankerit, Breunnerit und/oder eisenhaltiger Dolomit vertreten. Die Spurenelemente bewegen sich im Normbereich.

Vorkommen: Strecke östlich „oberhalb der Galerie“.

Gangarten:

Im Stollenbereich treten zwei Typen von Gängen auf:

1. cm-mächtige, schieferungsparallele, z.T. gelblich/orange gefärbte Quarz-Karbonatgänge (dieser Typ ist stellenweise auch obertags festzustellen).
2. Sulfiderz führende Eisenkarbonatgänge.

Quarz-Karbonatgänge (Taf. 3, Abb. 15):

In der Karte wurden diese gelblich/orange gefärbten Gänge, die innerhalb der Schwarzschieferbereiche auftreten aufgrund ihrer geringen Mächtigkeit nicht ausgeschieden. Mineralogisch bestehen sie aus grobkörnigem Karbonat und Quarz. Dazu kommen nicht näher definierte Sulfide. REDLICH (1905) bezeichnet diese Gänge auch als „Gelberzgänge“.

Hohe LOI-, Fe-, Mg- und Ca-Gehalte weisen auf Karbonate (? Ankerit). Cu, Zn, Hg und Sb sind signifikant erhöht.

Sulfiderzführende Eisenkarbonatgänge (Taf. 3, Abb. 16):

Die Sulfiderz-führenden Eisenkarbonatgänge waren das Ziel der bergmännischen Tätigkeiten. Sie besitzen eine Mächtigkeit von wenigen cm bis zu einem m. REDLICH berichtet von Mächtigkeiten bis zu 1 1/2 – 2 Klaftern! Das ? hellgrau bis gelblichgraue Ganggestein ist durch

seine große Zähigkeit und Grobkörnigkeit (mitunter Pinolit-ähnliches Aussehen) ausgezeichnet. Mineralogisch können die eisenhaltigen Karbonate, die nicht weiter bestimmt wurden, Ferrodolomit, Ankerit, Breunnerit, Mesitinspat, Pistomesit und/oder Sideroplesit sein. Auf die Sulfiderzführung wird bei der Besprechung der Vererzung eingegangen.

6.2. Geochemie von Gesamtgesteins-, Gang- und Erzproben

Die geochemische Analytik wurde von der Fa. Actlab (Toronto/Canada) durchgeführt. Analyisierte Proben:

Phyllitische Grauwackenschiefer:

Graugrüne Serizitphyllite: Par 11, R 1

Graphitphyllite: Par 2, Par 10, R 2

Kalkphyllit : Par 3

Marmore :

Violetter Flaser(Silikat)marmor: Par 7

Quarz-Muskovit-Marmor : Par 8

Quarz-führender hellgrauer Marmor: Par 4

Gangarten:

Karbonat-Quarzgang im Schwarzschiefer: Par 1

Sulfiderzführender Eisenkarbonatgang: Par 14

Erztypen:

Fahlerz-armes Erz: Par 15

Erzgang: Par 16

Pyrit-reiches Erz: Par 17

Angewittertes Erz mit Malachit: Par 18

Die Analysenwerte sind in Tab. 3 ausgewiesen. Bei der Analytik der Erzproben unterließ dem analysierenden Labor bei der Gesamtgesteinsanalytik ein nicht rekonstruierbarer und reparierbarer Fehler (in der Summe der Hauptelemente fehlen bis zu 15 %). Die Metallgehalte und Spurenelemente sind in Ordnung.

Tab. 4 zeigt in der Korrelationsmatrix zwei Großgruppen:

1. Nebengesteine mit guten Korrelationen von SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , TiO_2 , P_2O_5 , Cr, Cs, Hf, Rb, Sc, Th, Ba, Zr, V und den Seltenen Erden.
2. Erzproben mit einer guten Korrelationen der Elemente Fe, Mn, Mg, Ca, LOI, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Co und S.

6.3. Die tektonischen Verhältnisse

Die tektonischen Verhältnisse sind auf der Geologischen Übersichtskarte (Maßstab 1:1000; Beil. 1), der Karte der detaillierten Stollenkartierung (Maßstab 1: 100; Beil. 6), den geologischen Profilen (Beil. 3-5) und den Gefügediagrammen (Abb. 17, 18) dokumentiert.

Im Paradeisstollen treten im Erbstollen nach der Hangschuttüberlagerung etwa von Stollenmeter 20 bis Stollenmeter 130 grünlichgraue Serizitphyllite mit flachem WSW – WNW Fallen auf. Entlang einer nach NW einfallenden Aufschiebung werden sie von Graphitphylliten mit bis zur Großen Halle konstant bleibender Schichtlagerung (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)

Geochemie Paradeisstellen		phyllitische Grauwackenschiefer						Marmore			Gängchen			Erze		
		Serizitphyllit		Graphitphyllit		Kalkphyllit	violetter Flaser(silikat)-Marmor	Quarz-Muskovit-Marmor	Quarz-führender hellgrauer Marmor	Karbonat-Quarz-Gang	Erzführender Eisenkarbonatgang	Fahlerzarmes Erz	Erzgang	Pyrit-reiches Erz	angewittertes Erz mit Malachit	
Proben	Radmer	PAR11	R1	PAR2	PAR10	R2	PAR3	PAR7	PAR8	PAR4	PAR1	PAR14	PAR15	PAR16	PAR17	PAR18
SiO2	%	53,31	63,83	75,69	11,24	64,33	42,85	21,36	22,85	14,43	44,68	1,22	22,19	15,38	5,71	47,58
Al2O3	%	18,76	21,41	8,49	1,04	19,43	10,32	6,38	7,13	2,71	0,41	0,19	1,6	0,19	0,11	2,37
Fe2O3	%	3,65	1,45	2,6	9,97	1,9	4,76	2,91	9,03	1,6	7,73	10,77	17,82	12,42	18,66	9,58
MnO	%	0,176	0,03	0,123	0,779	0,058	0,317	0,319	0,657	0,242	0,543	0,851	0,474	0,842	0,874	0,366
MgO	%	2,53	0,68	1,49	11,28	0,96	4	1,85	8,83	0,8	6,92	13,78	6,38	10,51	9,62	5,08
CaO	%	4,84	0,2	3,22	25,63	1,68	14,73	34,1	18,45	43,21	15,79	28,04	14,22	23,58	22,79	11,33
Na2O	%	0,24	0,24	0,08	0,14	0,32	0,16	0,12	0,05	0,11	0,13	0,16	0,03	0,03	0,04	0,04
K2O	%	5,99	6,59	2,2	0,34	5,78	3,74	2,22	2,38	0,87	0,15	0,1	0,42	0,05	0,01	0,4
TiO2	%	0,915	1,009	0,449	0,046	0,915	0,565	0,307	0,352	0,132	0,012		0,076	0,003		0,099
P2O5	%	0,11	0,23	0,1	0,13	0,28	0,14	0,06	0,09	0,06	0,01		0,03	0,03	0,02	0,31
LOI	%	9,26	3,52	5,9	37,13	5,25	17,52	28,85	27,93	34,98	22,87	42,03	8,8	30,93	23,84	12,73
TOTAL	%	99,79	99,19	100,35	97,71	100,9	99,11	98,48	97,75	99,14	99,23	97,14	72,04	93,96	81,68	89,89
Cu	PPM	2	72	2	57	71	5	5	13	11	260	1426	52071	10027	2301	25950
Pb	PPM		6			5							30	55	63	26
Zn	PPM	47	16	40	80	31	86	103	85	88	102	143	162	593	104	251
Ag	PPM												0,7	1		2,4
Ni	PPM	24	36	21	37	23	25	27	33	8	36	34	456	35	430	103
Cd	PPM											0,7	0,5	4,7		2,3
Bi	PPM												9			7
Hg	PPB	418	290	433	2468	4523	362	17270	264	1800	12020	8105	7321	195100	21560	196200
Au	PPB										17		21		65	
As	PPM	47	14	7	17	20	12		9	7	27	13	210	110	218	270
Sb	PPM	4,4	4,9	3,5	15,4	29,7	3,8	2,9	5,7	1,9	97,6	81,1	131	1520	266	1800
Co	PPM	12	10	11	16	7	19	8	18	5	8	9	106	15	191	68
Br	PPM	1			7		1		3		4	12	3	4	6	
Cr	PPM	106	130	57	13	141	43	30	37	16	76		10			30
Cs	PPM	10,6	13,5	4,7	1,9	8	6,3	14,3	3,9	1,7		1	1,1			
Hf	PPM	4,9	5,8	4,3		5,9	3,3	1,7	1,9	1,1						
Rb	PPM	229	253	106		197	120	81	76	30			22			
Sc	PPM	17,6	24,4	8,4	2,6	19,9	12,9	7,5	8,5	3,6	2,3	0,2	2,3	1	1,2	2,2
Se	PPM														7	
Ta	PPM	2		1		2	1									
Th	PPM	15	14,5	5,3	1,1	14,1	11,6	7,5	8,7	2,8	0,5		0,9			
U	PPM	2,3	3,3	1,6	2,9	3,6	1,9		0,6	1						
Ba	PPM	587	557	210	55	532	302	118	241	90	19	14	76	9	8	81
Sr	PPM	28	16	20	86	27	66	294	37	274	35	44	56	52	43	33
Y	PPM	29	32	19	20	30	37	23	17	19	37	56	16	32	42	31
Zr	PPM	162	173	138	14	192	131	62	58	43	11	8	22	6	5	32
Be	PPM	3	4	1		3	3	2	1							
V	PPM	131	197	67	77	160	57	45	50	30	8	5	44	11	28	90
La	PPM	48,6	46	11,6	9	32,1	46	31	37,7	15,8	1,2	1,1	3,2	2	1,1	13,8
Ce	PPM	100	75	20	16	54	76	44	52	27	4	5	8			30
Nd	PPM	41	34	8	11	20	36	22	21	13					6	11
Sm	PPM	7,1	5,7	2	3,2	4,5	7,4	4,3	4,1	3	1,9	3	1,5	2,5	3,8	3,4
Eu	PPM	1,4	1,1	0,4	0,9	1	1,3	0,8	0,9	0,9	0,6	1	0,5	0,9	1	1,2
Tb	PPM	0,7		0,5	0,5	0,7	1,1	0,6			0,9	1,4		1,5	1,2	
Yb	PPM	3,3	3,6	1,8	1,4	3,3	3	1,7	1,5	1,6	2,1	3,8	1,5	2,5	2,5	1,9
Lu	PPM	0,5	0,48	0,26	0,19	0,48	0,43	0,25	0,23	0,22	0,31	0,45	0,23	0,39	0,34	0,29
Nb	PPM	19	18	8		18		3	9	16						2
Rb	PPM	231	243	103	13	227	5	31	85	120	7	3	20			
Pb	PPM				5	5		7	14	13		9	36	47	73	9
Ga	PPM	28	33	8		26			6	12						
Sn	PPM	7	6						7	6						8
S	PPM	840	1070	665	4375	535	775	3055	775	1140	865	4375	71680	13775	38060	24150

begrenzt. N der Großen Halle ist die Hauptstörung mit 2 – 3 cm mächtiger Kluffletten belegt, in der bis zu 5 cm lange Gipskristalle sprossen.

Westlich davon treten weitere zu diesem System parallel laufende Störungen auf. In einer Breite von ca. 10 m werden durch diese Störungen hellgraue, Karbonatphyllite (ihre Schieferung entspricht dem der Graphitphyllite) begrenzt. Westlich dieser Störungszone mit den Kalkphylliten finden sich wiederum Graphitphyllite. N der Großen Halle schließen E der Hauptörung graue und violette Marmore an, die bei stark schwankenden und tektonisch gestörten Lagerungsverhältnissen mit Kalkphylliten und Graphitphylliten wechsellagern.

Die im gesamten Stollenbereich festgestellten Lagerungsverhältnisse der Schicht-(Schieferungs), Störungs- und Kluffflächen sind im Plan der Stollenkartierung (Maßstab 1:100; Beil. 6) im Detail festgehalten. Die Schicht(Schieferungs)flächen fallen generell NW bis SE.

Bei den Störungssystemen sind neben dem \pm NNW/SSE streichenden, steilstehenden System der Hauptstörung zwei weitere etwa rechtwinkelig aufeinanderstehende 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). Abb. 17 zeigt die Polpunkte der Störungen. Beiden genannten Störungssystemen entsprechen auch die Kluffsysteme (Abb.18, Kluffrose).

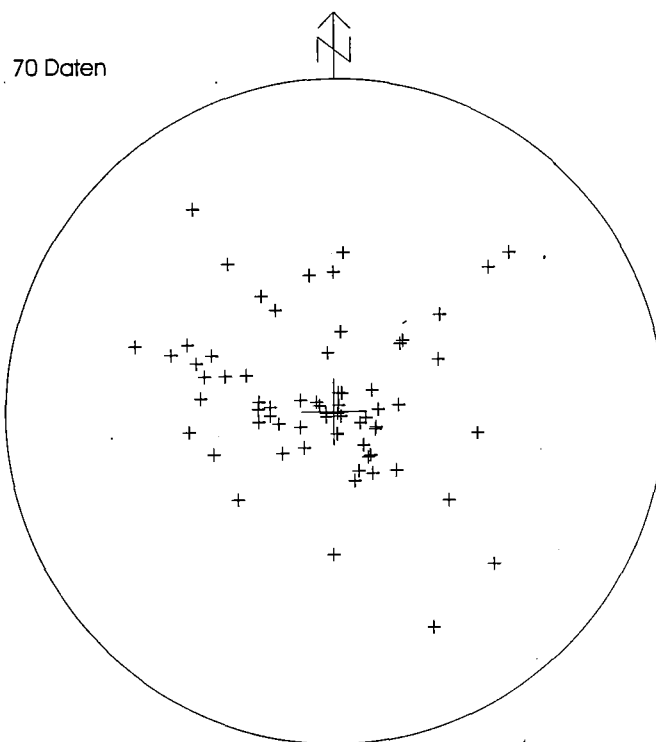


Abb. 17 : Polpunkte der im Paradiesstollen eingemessenen Störungsflächen (70 Daten).

Die gelb/orange gefärbten Quarz-/Karbonatgänge (Gelbergänge), die \pm schieferungsparallel eingelagert sind, treten in den Graphitphylliten auf. Im Bereich der L-förmigen Strecke führen sie stärkere Vererzungen.

Altersbeziehungen der einzelnen Störungs- und Gangsysteme sind dzt. nur undeutlich rekonstruierbar. Es deutet sich jedoch an:

- Die Eisenkarbonatgänge durchschlagen die Gelberzgänge.
- Die Gelberzgänge werden durch die NW- und NE-Störungen versetzt.
- Die Hauptstörung ist jünger als die Eisenkarbonatvererzungen mit den Sulfidvererzungen.

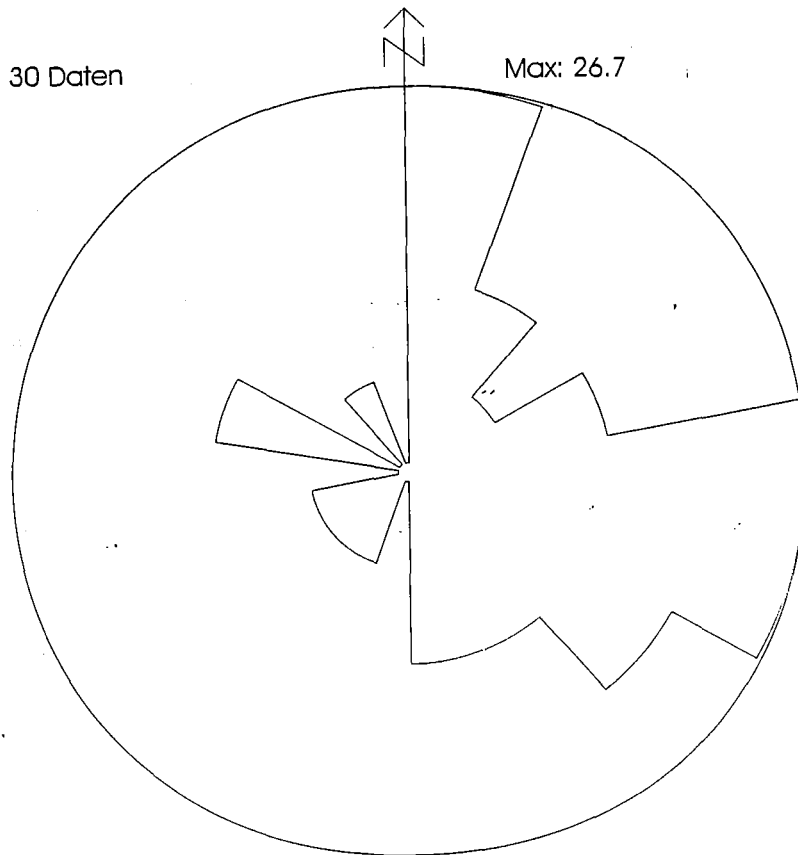


Abb. 18 : Kluftrose mit Darstellung der Einfallrichtungen der im Paradiesstollen auftretenden Kluftsysteme (30 Daten).

Im Umgebungsbereich der Lagerstätte fallen die Gesteine (phyllitische Grauwackenschiefer und Marmore) wie im Stollen grob in NW – SW Richtung. Abweichend sind lediglich NE-fallende Marmore knapp unter der ersten Wildbachverbauung im Faschingbachgraben. Die hier teilweise rippenartig hervortretenden Marmore werden durch eine steil E-fallende NW/SE bis N/S streichende Störung, die \pm mit der Richtung des Hauptstörungssystems der Lagerstätte übereinstimmt, vom übrigen Bereich abgetrennt. Weitere NE-fallende Gesteine treten in einem Kleinbereich in Rohwand-vererzten Marmoren im Graben westlich des Stollenmundloches auf Seehöhe 1035 auf.

Der Aufschiebung von Stollenemeter 130 dürfte am Weg zu Neuburgalm bei ca. Sh. 1058 die Grenze zwischen den Marmoren im Liegendenden und den Graphitphylliten entsprechen. Das Fehlen der nach SW einfallenden Marmore im Erbstollen ist durch die Lagerung bedingt; sie beißen nach E im Gehänge über dem Erbstollenniveau aus. Auf dem in diesem Bereich ca. 40 m höher liegenden „Stichweg“ treten ebenfalls Marmore (hier stark ankeritisch vererzt) auf, über denen bei Sh. 1093 wieder Graphitphyllite folgen. Möglicherweise streicht zwischen beiden Wegen die Hauptstörung der Lagerstätte durch.

Von diesen Lokalitäten führen beide Wege bis zu ihrem Vereinigungspunkt Sh. 1127 nahezu ausschließlich durch Graphitphyllite. Kurz danach treten ankeritisch vererzte Marmore weit verbreitet auf.

Die Position des Erbstollens erreicht der Weg auf die Neuburgalm bei Sh. 1080,5 etwa 120 m über der verbrochenen Strecke. Danach schwenkt der Weg nach NW und passiert knapp südlich der Barbarahalle den Lagerstättenbereich, der hier ca. 127 m unter dem Wegniveau liegt.

Die tag nächsten Positionen des Grubengebäudes liegen am Ende der von oberhalb der Galerie abzweigenden Seitenstrecke mit etwa 94 m und am Ende der Hintersten NNE-Strecke mit < 70 m. Hier ist starker Wetterzug zu spüren. Der Bereich der Großen Halle dürfte (genaue Vermessungsdaten über die Höhenlage des Bachverlaufes sind der Karte nicht zu entnehmen) etwa 70 - 80 m unter dem Niveau des Faschingbachgrabens zu liegen kommen.

7. Charakterisierung der Vererzung im Paradeisstollen

Im wiedergelwältigten und nun als Schaustollen genutzten Grubengebäude des Paradeisstollens sind kaum Erzproben zu gewinnen. Zur Untersuchung standen daher nur Haldenproben zur Verfügung deren Erzmineralbestand in Anschliffen untersucht wurde. Weitere Informationen lieferten die chemischen Analysen der Erzproben und Mikrosondenanalysen zur Identifizierung im Anschliff nicht bestimmbarer Erzmineralphasen (Taf. 4, 5).

Die im historischen Bergbau abgebauten Erze sind an die grobspätigen Eisenkarbonatgänge gebunden, in denen das Erz in unterschiedlich großen Putzen und Nestern auftrat.

Die Gangart besteht aus grobspätigem, hellgrauem bis gelblichgrauem, eisenhaltigem Karbonat (möglich sind: Ferrodolomit, Ankerit, Breunnerit, Mesitinspat, Pistomesit, Sideroplesit).

Die Auflichtmikroskopische Untersuchung ergab folgende Erzmineralphasen:

- Kupferkies
- Pyrit
- Fahlerz
- eisenreicher Gersdorffit

Chemische Analysen der grobspätigen Gangarten und Erze (Proben Par 1, Par 14 – 18) zeigen eine gute Korrelationen der Elemente Fe, Mn, Mg, Ca, LOI, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Co und S. Die gut korrelierenden Elemente Sb, As, Fe, Hg und Zn sind an das Fahlerz gebunden. Fe korreliert mit Mn, Mg, Cu, Pb, Ni, As, Co und S. Diese Fe-Erze wurden somit gleichzeitig mit dem Kupferkies, aber nahezu unabhängig von den Fahlerzen gebildet. Fe, Ni, Co und As zeigen eindeutige Zusammenhänge. Sie treten gemeinsam im auch mit der Mikrosonde identifizierten eisenreichen Gersdorffit auf. Die karbonatische Gangart kommt in der guten Korrelation des LOI mit Mn, Mg und Ca zum Ausdruck.

Die Cu-Gehalte der analysierten Erze erreichen in Abhängigkeit vom Kupferkies – und Fahlerzgehalt maximal 5,2 %. Die Ni-Gehalte sind mit bis zu 456 ppm signifikant erhöht. Ag, Hg, Zn, As und Sb kommt praktisch nur aus dem Fahlerz. Die Ag-Gehalte erreichen maximal

2,4 ppm. Somit treten bei den Fahlerzen Mischkristalle der Reihe Tetraedrit-Tennantit, jedoch kein Freibergit auf.

Aus den Schliffen ist folgende Mineralsukzession ableitbar (Taf. 4, 5):

Deutlich sind zwei Kupferkiesgenerationen zu unterscheiden. Typ 2 ist jünger als das Fahlerz und diesem in verheilten Rissen eingelagert. Die ältere Kupferkiesgeneration führt in Spalten Fahlerz, welches den Kupferkies anlöst. Pyrit ist deutlich jünger als das Fahlerz. Der eisenreiche Gersdorffit tritt in unregelmäßiger Form innerhalb von Kupferkies 1 auf.

Die zweite Gangart sind die orange/gelb gefärbte Karbonat/Quarzgänge (Gelberzgänge), die in den Graphitphyllitbereichen auftreten. In der Analyse zeigen die hohen LOI-, Fe-, Mg- und Ca-Gehalte, dass neben dem Quarz noch Karbonate (Ankerit ?) vorhanden sind. Cu, Zn, Hg und Sb sind in der analysierten Probe (Par 1) deutlich erhöht.

Bemerkungen zur Lagerstättenogenese

Wie schon von REDLICH (1905) und REDLICH & SELLNER (1923) zum Ausdruck gebracht, ist durch die Aufschlüsse im Paradeisstollen die epigenetische Gangnatur klar belegt. Weiters deutet sich aus der Verknüpfung der eisenhaltigen, spätigen Karbonat Gangart mit den Sulfiderzen ein genetischer Zusammenhang zwischen den Siderit/Ankerit- und Kupferkies dominierten Sulfidvererzungen in der Norischen Decke der Grauwackenzone an. Eine Zusammenfassung beider Mineralisationen in einem Erzbezirk (Eisen-Kupfererzbezirk Norische Decke, WEBER, 1997) erscheint somit gerechtfertigt.

Das Alter der Lagerstättenbildung ist, abgeleitet aus dem Sideritgang in den Werfener Schichten der Loidlalm, post-skythisch und älter als die einer alpidischen Bruchtektonik entstammende Hauptstörung. Die Frage konzentriert sich daher eine jung- oder altalpidische Anlage der Lagerstätten. Jungalpidisch würde bedeuten, dass die Gänge Schieferungs- und Faltenstrukturen durchschlagen und von der kretazischen Grünschiefer-Metamorphose unberührt bleiben. Eine altalpidische Anlage impliziert, daß alle auf den kretazischen Deckentransport rückführbaren Interdeformationen der Norischen Decke und auch die oberkretazische Metamorphose die Gänge erfassen müsste.

Die älteren schieferungsparallelen gelb/orangegefärbten Quarz/Karbonatgänge in den Graphitphylliten erwecken bisweilen den Eindruck einer Verfaltung. Dies kann aber durchaus auch durch ein Eindringen der mineralisierenden Fluide in den Gesteinverband entlang des verfalteten Schieferungsgefüges erklärt werden. Weiters zeigen sich im Chemiesmus und Mineralbestand bis auf den Kieselsäure-/Quarzgehalt weitgehende Übereinstimmungen beider Gangarten. Eine Zuordnung zu einem Vererzungsakt wird auch durch den Nachweis von Elementen (Cu, Zn, Hg, Sb) unterstrichen, die in beiden Gangtypen auftreten.

8. Literaturnachweis

AMPFERER, O.: Geologische Karte der Gesäuseberge, 1: 25.000, Wien (Geol. B.-A.) 1935.

EBNER, F.: Die geologischen Einheiten Österreichs und ihre Rohstoffe.- In: WEBER, L. (Ed.): Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs.- Arch. f. Lagerst. Forsch. Geol. B.-A., 19:49 - 229, Wien 1997.

GOETH, G.: Das Herzogthum Steiermark, II. Band, Wien 1814.

- GRÖBL, S.: Der Kupfererzbergbau i.d. Radmer von den Anfängen bis 1650.- Unveröff. Diss. KFU, Graz, 1986.
- FASCHINGBAUER, R. & KIRCHBERGER, L.: Geologische Aufnahme im Bereich des Paradeisstollen südwestlich Radmer an der Hasel/Steiermark – Westl. Teil.- Unveröff. Kartierungsbericht, 8 S., Geol. Karte 1 : 10.000, Montanuniversität Leoben.
- FLAJS, G. & SCHÖNLAUB, H. P.: Bemerkungen zur Geologie um Radmer (Nördliche Grauwackenzone, Steiermark).- Verh. Geol. B.-A., 1973: 245 – 254, Wien 1973.
- FLAJS, G. & SCHÖNLAUB, H. P.: Die biostratigraphische Gliederung des Altpaläozoikums am Polster bei Eisenerz (Nördliche Grauwackenzone, Österreich).- Verh. Geol. B.-A., 1976: 257 – 303, Wien 1976.
- HIESSLEITNER, G.: Zur Geologie der Erz führenden Grauwackenzone von Radmer bei Hieflau.- Jb. Geol. B.-A., 81: 49 – 80, Wien 1931.
- MUCHAR, A.: Beiträge zu einer urkundlichen Geschichte der altnorischen Berg-und Salzwerke.- Steiermärkische Zeitschrift, Heft 11, 44, Graz 1933.
- NEUBAUER, F.: Late Variscan Structures of the Eastern Greywacke Zone Eastern Alps.- N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 1989: 425 – 432, Stuttgart 1989.
- PROCHASKA, W.: Die Bedeutung der chemischen Zusammensetzung von Einschlußfluiden und laugbaren Salzen für die Genese von hydrothermalen und sedimentären Karbonatgesteinen in den Ostalpen.- Mitt. Österr. Geol. Ges., 90: 175 – 183, Wien, 1999.
- REDLICH, K.A.: Der Kupferbergbau in der Radmer an der Hasel die Fortsetzung des steirischen Erzberges.- Berg. Hüttenmänn. Jb., 1905: 1 – 37, Leoben/Pribram, 1905.
- REDLICH, K.A. & SELNER, F.: Die Radmer.- In: REDLICH, K.A.: Bergbaue Steiermarks, 99 – 144, Wien (Deuticke), 1923.
- SCHÖNLAUB, H.P.: Das Paläozoikum in Österreich.- Abh. Geol. B.-A., 33, 124 S., Wien 1979.
- SCHÖNLAUB, H.P.: Die Grauwackenzone.- In: OBERHAUSER, R. (Ed.): Der geologische Aufbau Österreichs, 265 – 289, Wien (Springer) 1980.
- SCHÖNLAUB, H.P.: Die Grauwackenzone in den Eisenerzer Alpen/Österreich.- Jb. Geol. B.-A., 124: 361 – 423, Wien 1982.
- SCHÖNLAUB, H. P., FLAJS, G. & THALMANN, F. : Conodontenstratigraphie am Steirischen Erzberg (Nördliche Grauwackenzone).- Jb. Geol. B.-A., 123: 169 – 229, Wien 1980.
- SCHULZ, O., VAVTAR, F. & DIEBER, K.: Die Siderit-Erzlagerstätte Steirischer Erzberg. Eine geowissenschaftliche Studie mit wirtschaftlicher und geschichtlicher Betrachtung.- Arch. f. Lagerst. Forsch. Geol. B.-A., 20: 65 – 178, Wien 1997.
- THALMANN, F., SCHERMANN, O., SCHROLL, E. & HAUSBERGER, G.: Geochemischer Atlas der Republik Österreich, 1: 1 Mio., Wien (Geol. B.A.) 1988.
- WEBER, L. (Ed.): Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs.- Arch. F. Lagerst. Forsch. Geol. B.-A., 19, 607 S., Wien 1997.
- WEBER, L. & EBNER, F.: Metallogenetische Karte von Österreich 1 : 500.000 unter Einbeziehung der Industriemineralien und Energierohstoffe.- Wien (Geol. B.-A.) 1997.
- WEBER, L., EBNER, F. & HAUSBERGER, G.: Metallogenetische Karte von Österreich 1 : 500.000 unter Einbeziehung der Industriemineralien und Energierohstoffe.- CD-Rom, Wien (Geol. B.-A.) 2000.

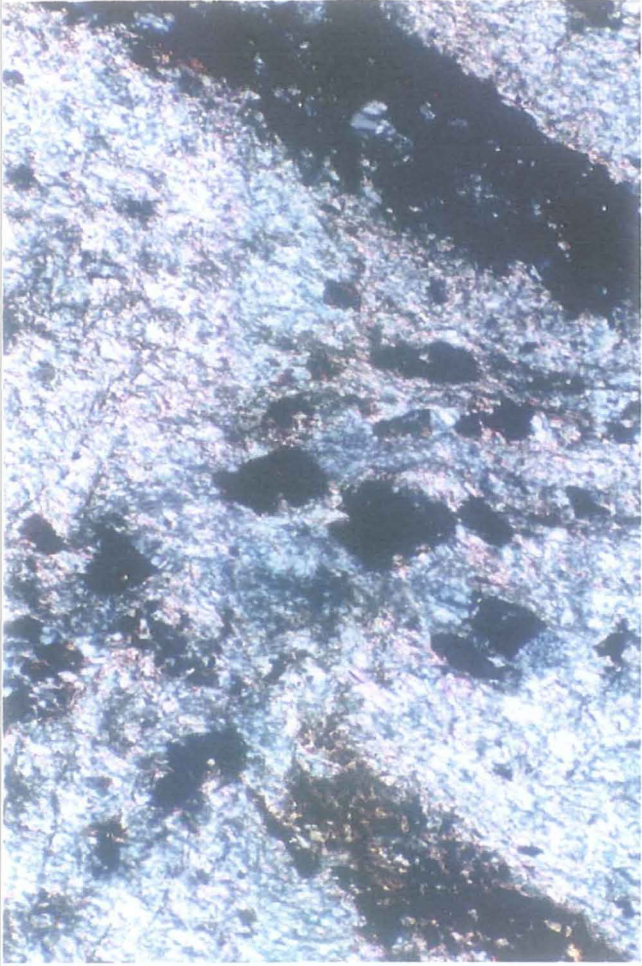


Abb. 8

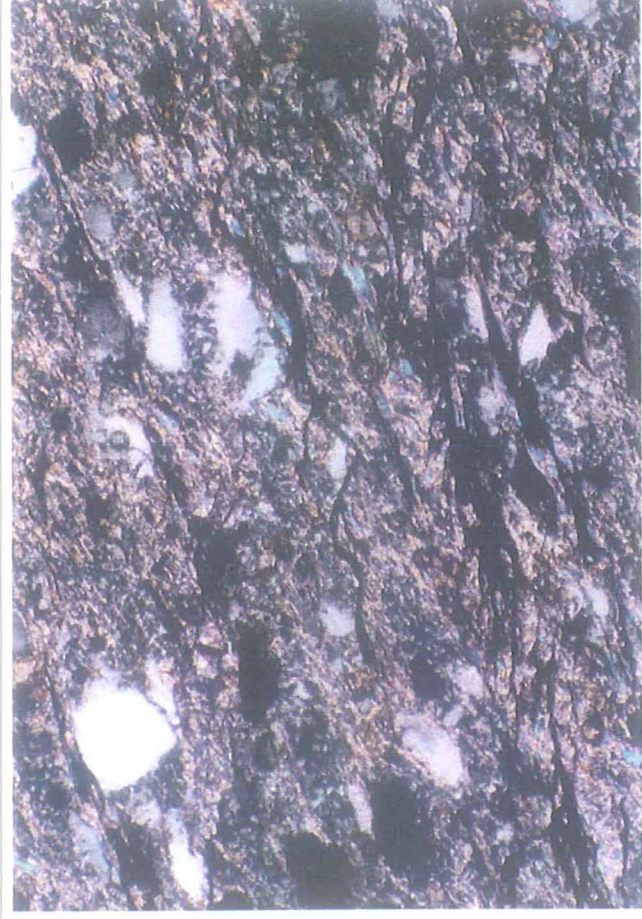


Abb. 9



Abb. 10

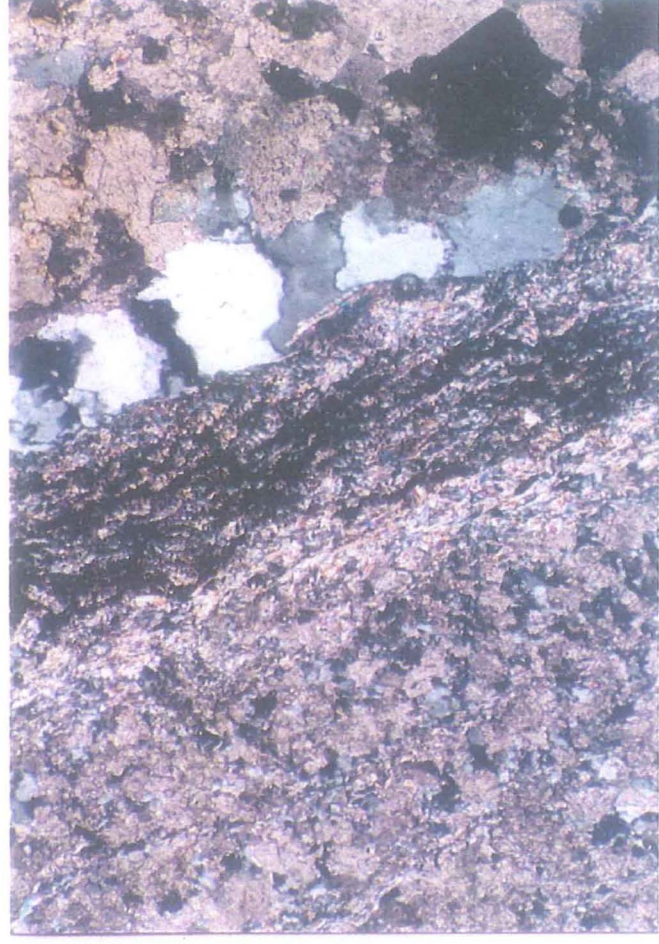


Abb. 11

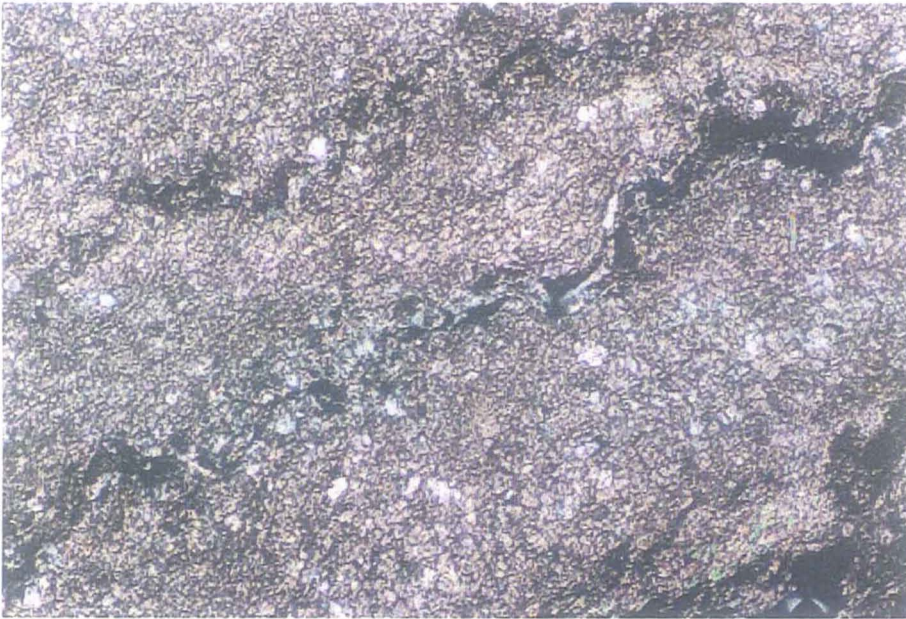


Abb.12

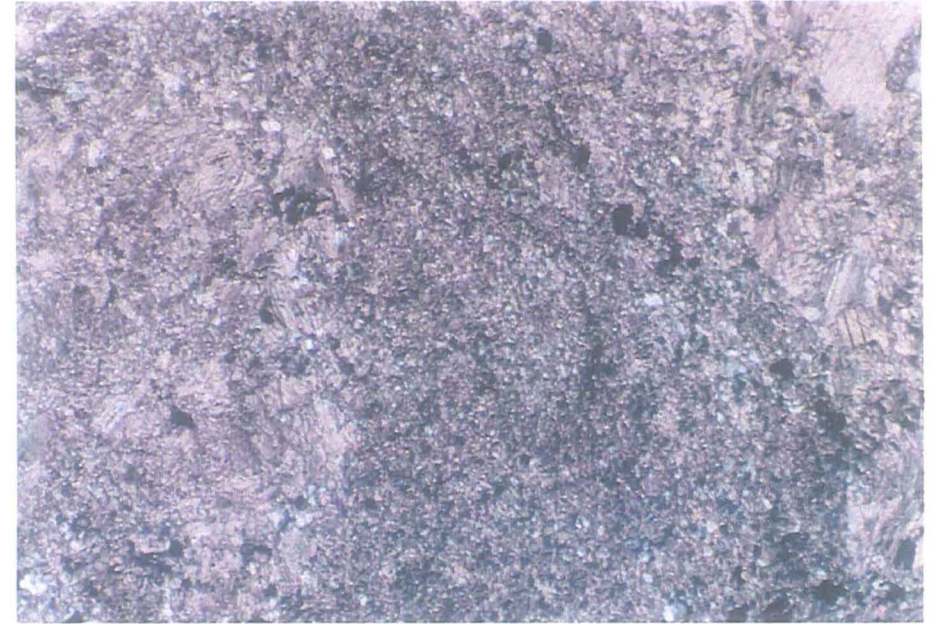


Abb. 13

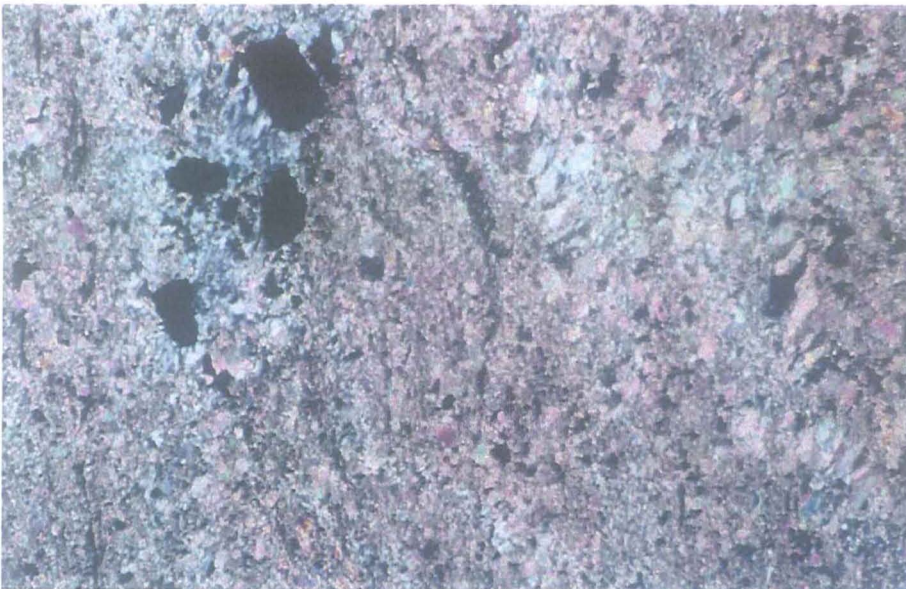


Abb. 14

Bildtafel 2- Gesteine

Abb. 12: Violetter Flasermarmor. Zu sehen ist die Feinkörnige Quarz- Karbonat Grundmasse. Glimmeranreicherung entlang und innerhalb der parallel angeordneten Bänder nicht auflösbarer Mineralphasen. Die Glimmer sind leicht deformiert und ausgelängt. Gut erkennbar ist die Paralleltexur des Gesteins.(Schliff Par 7/99; 4x)

Abb. 13: Hellgrauer Marmor. Sulfidkörner in einer Karbonatgrundmasse mit untergeordnet Quarz.(PAR 4/99;2.5x)

Abb. 14: Quarz- Muskovit- Marmor. Feinkörniges und grobspätiges Karbonat mit Quarz, deformiertem Glimmer, Sulfidkörnern mit Quarzhöfen. (PAR 8/99; 2.5x)

Bildtafel 3-Gangarten

Abb. 15: Par 1.1. Quarz- Karbonatgang. Auffällig die Deformation des Karbonats.

Abb. 16: Par 14: Karbonatische Gangart; grobspätiges Aussehen, große Karbonatkristalle, die der Gangart ihr pinolitähnliches Aussehen verleihen.

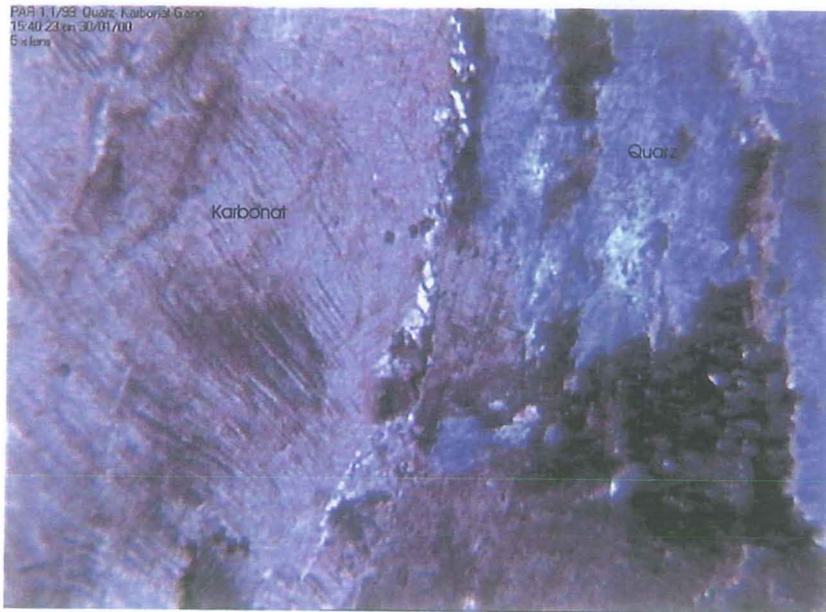


Abb. 15

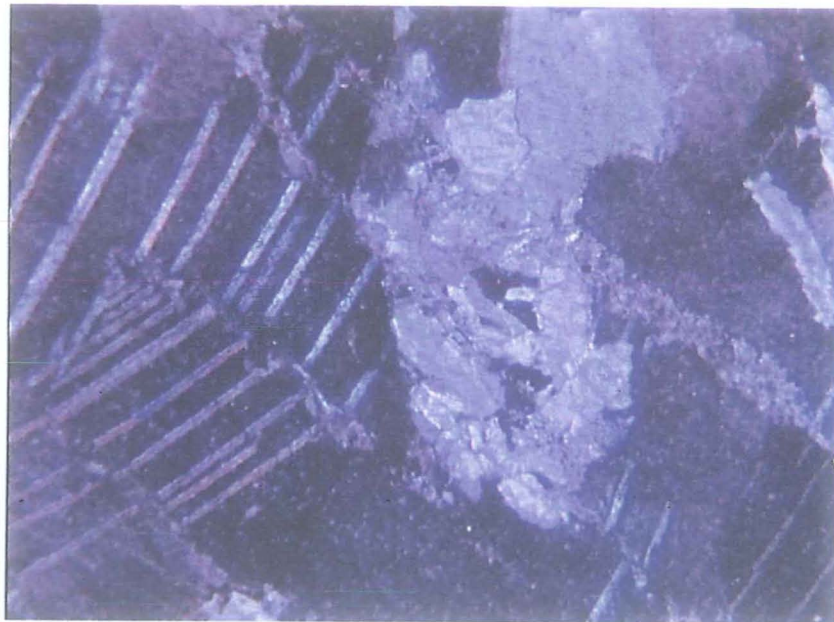


Abb. 16

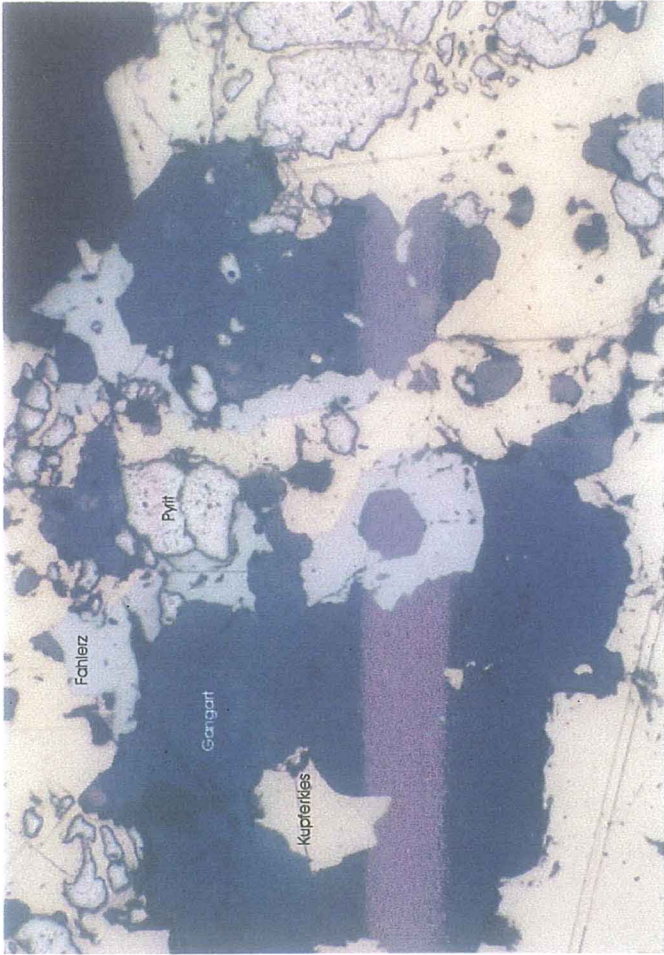


Abb. 17

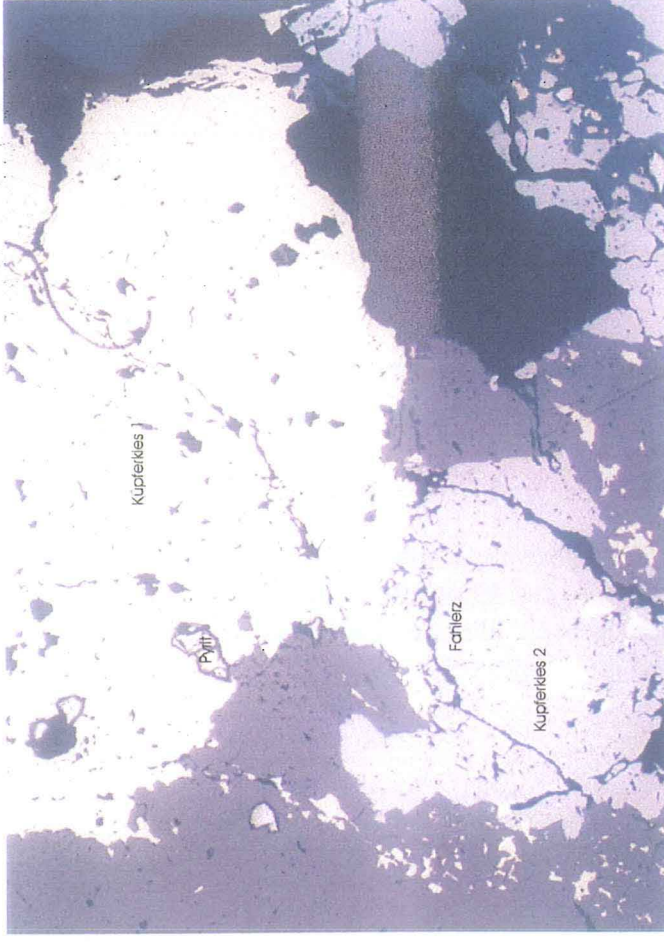


Abb. 18



Abb. 19

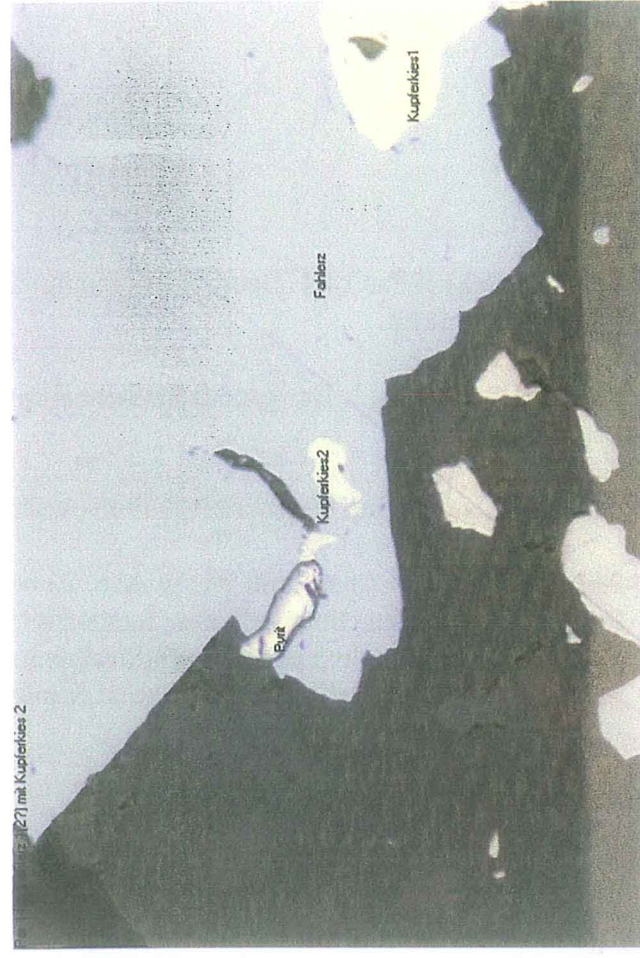


Abb. 20

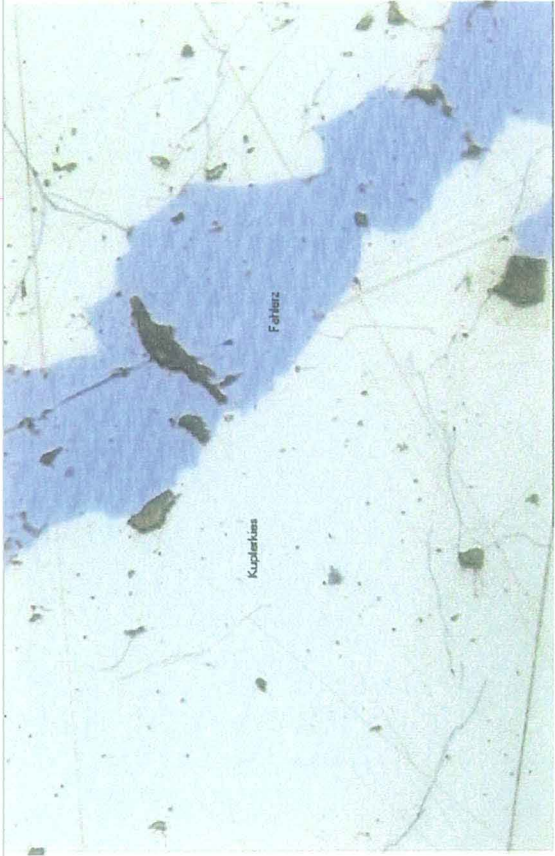


Abb. 21



Abb. 22

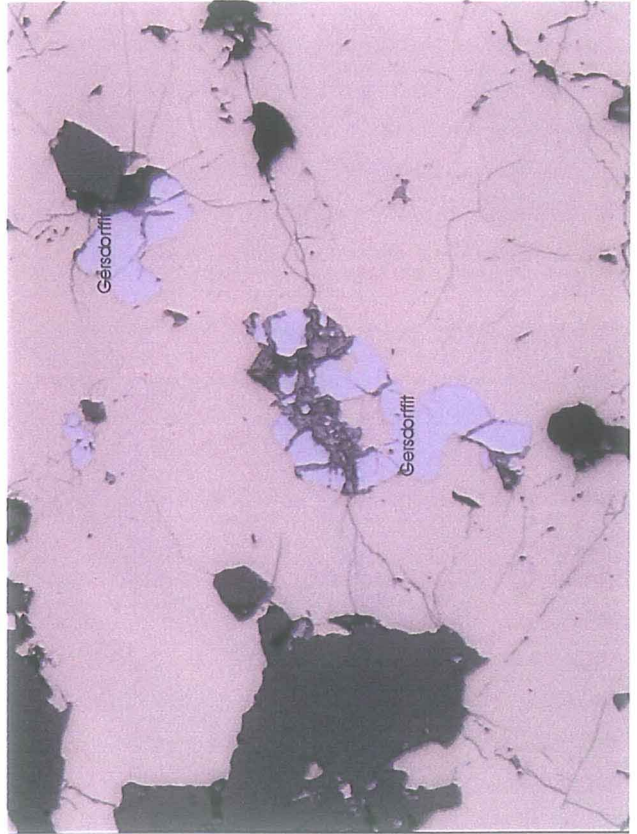


Abb. 23

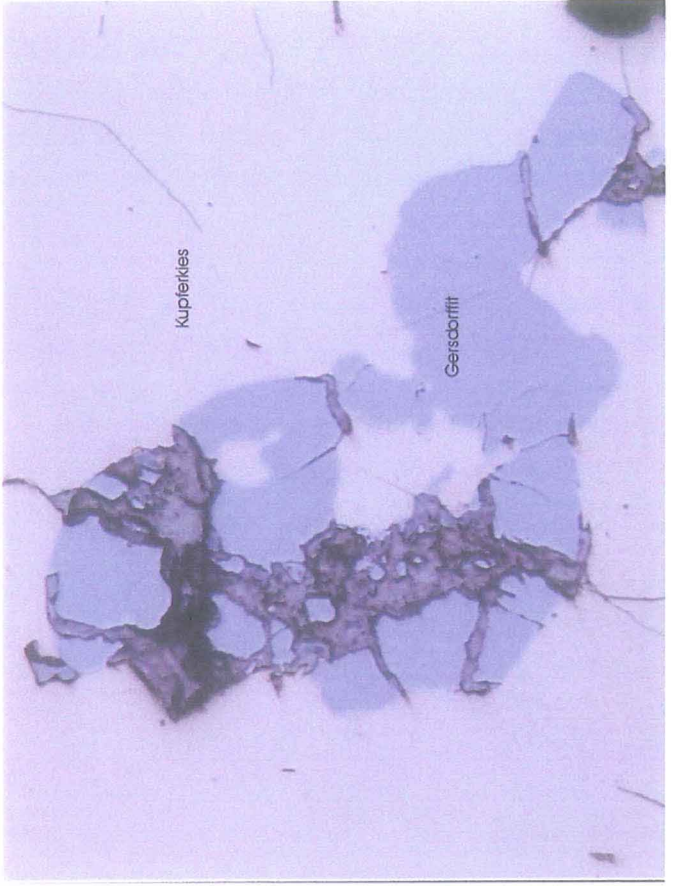


Abb. 24

Beilagenverzeichnis

Beilage 1: Geologische Karte des Paradeisstollens (Maßstab 1: 1000) und Aufschlußkartierung der darüberliegenden Geländeabschnitte.

Beilage 2: Geologische Karte der Hinteren Radmer nach einer Kartierung der Fa. GEO-ÖKO (PIRKL & NEINAVAIE).

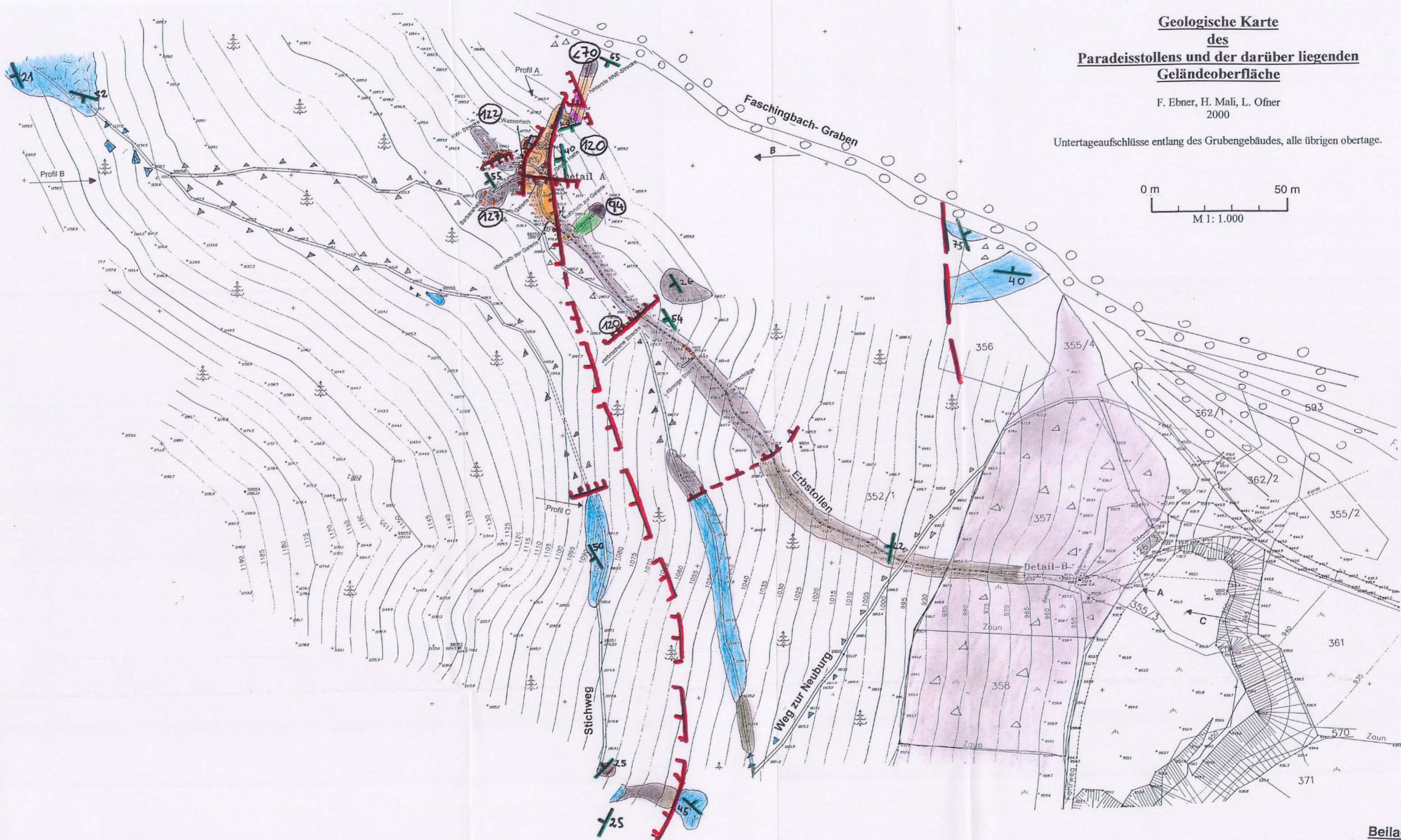
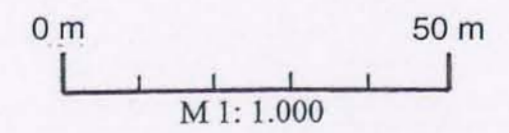
Beilage 3 – 5: Geologische Profile durch den Paradeisstollen (Maßstab 1: 1000). Legende wie auf Beilage 1.

Beilage 6: Tektonische Detailaufnahme des Paradeisstollens (Maßstab 1: 100). Farblich hervorgehoben sind nur die Gangbildungen. Die angegebenen Flächendaten (im CLAR-System) sind nach Flächentypen getrennt (s Schicht-/Schieferungsflächen, St Störungsflächen, K Kluftflächen).

**Geologische Karte
des
Paradeisstollens und der darüber liegenden
Geländeoberfläche**

F. Ebner, H. Mali, L. Ofner
2000

Untertageaufschlüsse entlang des Grubengebäudes, alle übrigen ober Tage.



Legende	
Phyllitische Grauwackenschiefer:	
	Serizitphyllit
	Graphitphyllit
	Kalkphyllit
Marmore:	
	Violetter Flasermarmor
	Quarz- Muskovit- Marmor
	Quarzführender hellgrauer Marmor
	Rohwand
	Mächtige Erzgänge
	Geringmächtige Erzgänge
	Wildbachschutt
	Wildbachschutfächer
	Hangschutt
	Bergbauhalde
	Streichen und Fallen mit Angabe des Einfallens
	Störung mit Richtung des Einfallens
	Position des Grubengebäudes unter der Geländeoberkante

Strukturgeologische Karte des Paradeisstollens

M 1: 100
L. Ofner 2000

