

## **Mineralisation und Petrogenese im Teschengraben südlich von Krieglach, Fischbacher Alpen, Steiermark**

Klaus LASSNIG, Aberra MOGESSIE, Kurt KRENN und Franz BERNHARD

**Zusammenfassung:** Aus petrographischen, mikrostrukturellen, geothermobarometrischen und mikrothermometrischen Untersuchungsergebnissen wurden die eo-Alpinen Metamorphosebedingungen und ein Alpiner Hebungsgrad für das Gebiet Teschengraben abgeleitet. Konkordante und diskordante Quarzgänge und ihre Nebengesteine (phyllitische Glimmerschiefer und Grobgneise) wurden orientiert beprobt. Die Sulfidmineralisation findet sich in den konkordanten Quarzgängen und besteht hauptsächlich aus Arsenopyrit, Pyrit, Pyrrhotin, Chalkopyrit und Sphalerit. Da sowohl die Vererzung als auch der Grobgneis und die phyllitischen Glimmerschiefer miteinander verfaltet sind, erfolgte die Mineralisation prä- oder synkinematisch zur Faltung. Für den eo-Alpinen Metamorphosehöhenpunkt wurden Temperaturen von 450-550°C und Mindestdrücke von 7.5 kbar ermittelt. Der Hebungsgrad lässt sich anhand der Quarzgefüge sowie primärer und sekundärer Flüssigkeitseinschlüsse in eine isothermale Dekompression gefolgt von einer isobaren Abkühlung gliedern, wobei sich während der isothermalen Dekompression in niedrigen Krustenniveaus diskordante, unvererzte Quarzgänge öffneten.

**Abstract:** Based on petrography, microstructures, geothermobarometric calculations and microthermometric data of fluid inclusions, eo-Alpine metamorphic conditions and an Alpine uplift path are documented for the area at Teschengraben. Oriented samples of concordant and discordant quartz veins and their host rocks (phyllitic mica schist and coarse-grained gneiss) were collected and studied in detail. The sulphide mineralization occurs in the concordant quartz veins and consists mainly of arsenopyrite, pyrite, pyrrhotite, chalcopyrite and sphalerite. Since the mineralized veins as well as the coarse-grained gneiss and the phyllitic mica schist are folded together, it is suggested that the mineralization took place before or during the folding of these lithologies. Geothermobarometric calculations indicate that the eo-Alpine metamorphic peak ranges at temperatures between

450 and 550 °C and at minimum pressure of 7.5 kb. The uplift path can be documented using quartz textures and primary and secondary fluid inclusions as an isothermal decompression followed by isobaric cooling path. During isothermal decompression near shallow crustal levels discordant unmineralized quartz veins opened.

**Key Words:** Teschengraben, Fischbacher Alpen, Sulphides, Fluid Inclusions, Metamorphism

## 1. Einleitung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Dokumentation und Interpretation von Makro- und Mikrogefügen, Mineralparagenesen, Mineralchemismen und Flüssigkeitseinschlüssen in metamorphen Lithologien und der darin enthaltenen Sulfid-Mineralisation im Bereich des Teschengrabens südlich von Krieglach, Fischbacher Alpen. Die erhaltenen Ergebnisse sollen Rückschlüsse auf die Metamorphosebedingungen und Hebungsgeschichte dieses Kristallgebietes sowie auf die Bildungsbedingungen der Mineralisation liefern.

Die Mineralisation an der Ostflanke des Teschengrabens wird in der Literatur nur selten und unter verschiedenen Namen erwähnt. CORNELIUS (1952) nennt einen alten Stollen „Auf dem Gehänge östlich des Teschengrabens (...) bei etwa 1140 m im Quarzphyllit, nahe dem Kontakt mit einem schmalen Gneiszug im Hangenden“. Er nennt Sulfatausblühungen und zersetztes Gestein beim Stolleneingang und vermutet als Erzmineral Galenit, da laut Einheimischen hier auf Silber geschürft worden sein soll. FRIEDRICH (1953) verzeichnet auf seiner „Erzlagerstättenkarte der Ostalpen“ unter den „Alpinen Kieslagern“ ein Vorkommen mit der Bezeichnung „Fröschnitztal-Pürschling“. Weitere Angaben macht er nicht, aber die Lage dieses Vorkommens stimmt gut mit dem hier bearbeiteten überein. SCHWEIGER (1970) nennt „Ein mächtiges Pyritlager in etwa 1140 m Höhe am steilen Rotriegel („Pürschling“) östlich des Teschengrabens (...)“. Er erwähnt zwei „waagrechte Gänge“ (= Stollen) mit wassergefüllten, abwärts führenden Stollen und „starke Sulfatausblühungen infolge Zersetzung des Pyrits“. Diese Situation wurde auch 2004 angetroffen. In mineralogischer Hinsicht zitiert er CORNELIUS (1952) und schreibt von angeblichem Silber, das wohl hydrothermal mit Bleiglanz zugeführt wurde. Bei TAUCHER & HOLLERER (2001) sind als Mineral-Fundorte „Teschengraben“ und „Rotriegel“ angeführt. Die beiden Fundorte sind identisch und es handelt sich um das hier beschriebene Erzvorkommen. Eine eingehendere Dokumentation und Interpretation dieses Erzvorkommens und seines lithologischen Rahmens existiert bis dato nicht.

## 2. Lage des Arbeitsgebietes und Aufschlussituation

Das Arbeitsgebiet befindet sich an der Ostflanke des Teschengrabens, südlich von Krieglach, Fischbacher Alpen, nordöstliche Steiermark, in etwa 1100 m Seehöhe (47°30'9'' N, 15°34'24'' E). Der Teschengraben verläuft Nord – Süd und mündet im Norden in den Freßnitzgraben. Im Osten wird der Graben vom Rotriegel (1317 m), im Südosten vom Hochpürschtling (1491 m) und Graueck (1363 m) sowie im Südwesten von der Stanglalpe (1490 m) begrenzt (Abb. 1). Der Teschengraben ist relativ steil und schwer zugänglich, doch wurden in den letzten Jahren zahlreiche Forststraßen angelegt, so auch eine knapp unterhalb bzw. noch im unteren Bereich des Erzvorkommens. Es wurden drei Stollen aufgefunden, von denen einer verstürzt ist. Der untere noch zugängliche Stollen hat eine Gesamtlänge von ca. 50 m, der obere Stollen weist eine Länge von ca. 20 m auf. Untertage wie auch in zahlreichen natürlichen und künstlichen (Forststraße) Aufschlüssen ober Tage findet man konkordante, sulfidführende Quarzadern mit Mächtigkeiten im cm bis dm Bereich.

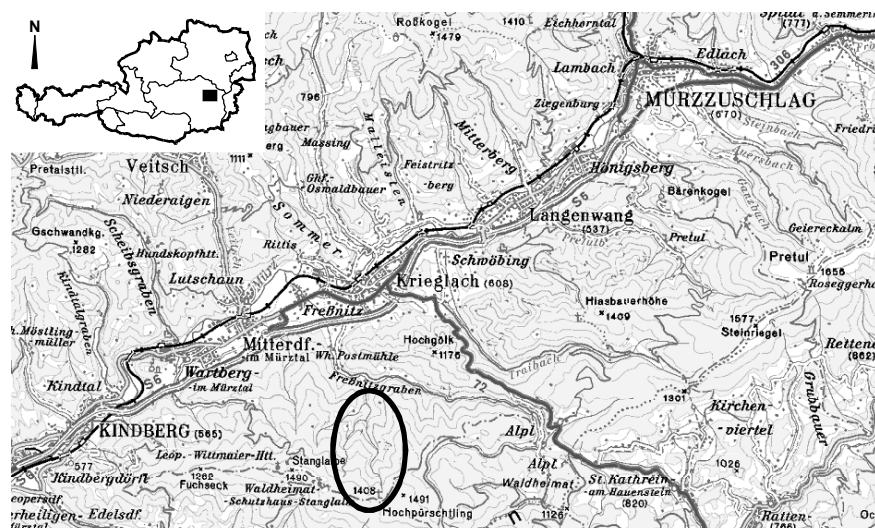


Abb. 1: Ausschnitt aus der ÖK 1:200.000. Der Teschengraben ist durch eine Ellipse markiert.

### 3. Geologischer Rahmen

SCHUSTER et al. (2001) erstellten eine geologische Karte des Ostalpenostrandes sowie eine Charakterisierung der einzelnen Kristallingebiete anhand ihrer lithologischen Zusammensetzung, ihrer Metamorphosegeschichte (geochronologische und geothermobarometrische Daten) und ihres tektonischen Baus. Die Komplexität in diesem Gebiet ergibt sich aus der polymetamorphen Entwicklung seit dem Variszikum. Die tiefen Ostalpinen Einheiten am Alpenostrand werden von Liegend nach Hangend in den Wechsel Komplex (Wechsel Fenster), Waldbach Komplex (Waldbachkristallin), Semmering Komplex und Strallegg Komplex gegliedert. Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Semmering Komplex, an der Grenze zum Strallegg Komplex. Der Semmering Komplex wird vom Liegenden ins Hangende aus mehreren Teildecken, der Stuhleck–Kirchberg–Raabalpen–Decke, der Mürz–Tachenberg Decke und der Rosskogel Decke aufgebaut. Die Rosskogel Decke sowie die Mürz–Tachenberg Decke treten im nördlichsten Teil des Komplexes auf. Es handelt sich dabei um Decken mit aufrechten und invers liegenden permomesozoischen Sedimentauflagerungen und kristallinen Faltenkernen (TOLLMANN, 1964). An Gesteinen findet man im Semmering Komplex die „Hüllschiefer“, welche sich aus phyllitischen Glimmerschiefern, Phylloniten sowie retrograd überprägten Glimmerschiefern und Gneisen zusammensetzen (BERKA, 2000). Darin eingelagert sind große Mengen von porphyrischen Granitgneisen, die schon seit VACEK (1892) als Grobgneise bezeichnet werden. Nach WIESENER (1961, 1971) treten kleine Gabbro-, Metagabbro- und Amphibolitkörper an den Grenzen der Grobgneise zu den Hüllschiefern auf. Häufig sind in die Grobgneise Leukophyllite eingeschaltet. Diese werden zum Teil wirtschaftlich genutzt (HUBER, 1994).

### 4. Kartierungsergebnisse

Das Untersuchungsgebiet selbst ist arm an lithologischer Vielfalt. Im Wesentlichen lassen sich zwei Lithologien unterscheiden: die phyllitischen Glimmerschiefer und die Grobgneise.

Bei der Geländebegehung wurden der Grobgneis, die phyllitischen Glimmerschiefer sowie die sulfidführenden Quarzmobilisate kartiert. Die dünnen dm-mächtigen Leukophyllit-Lagen im Grobgneis wurden nicht zusätzlich ausgeschieden (Abb. 2). Die Strukturkarte beinhaltet repräsentative Orientierungsdaten. Insgesamt wurden 43 Datensätze von Schieferungsflächen, b-Linearen und Streckungslinearen geplottet.

Die Schieferungsflächen fallen einheitlich mit Fallwinkeln zwischen 25° und 85° nach NNW-NNE ein. Am häufigsten wurden Fallwinkel mit ca. 60° notiert.

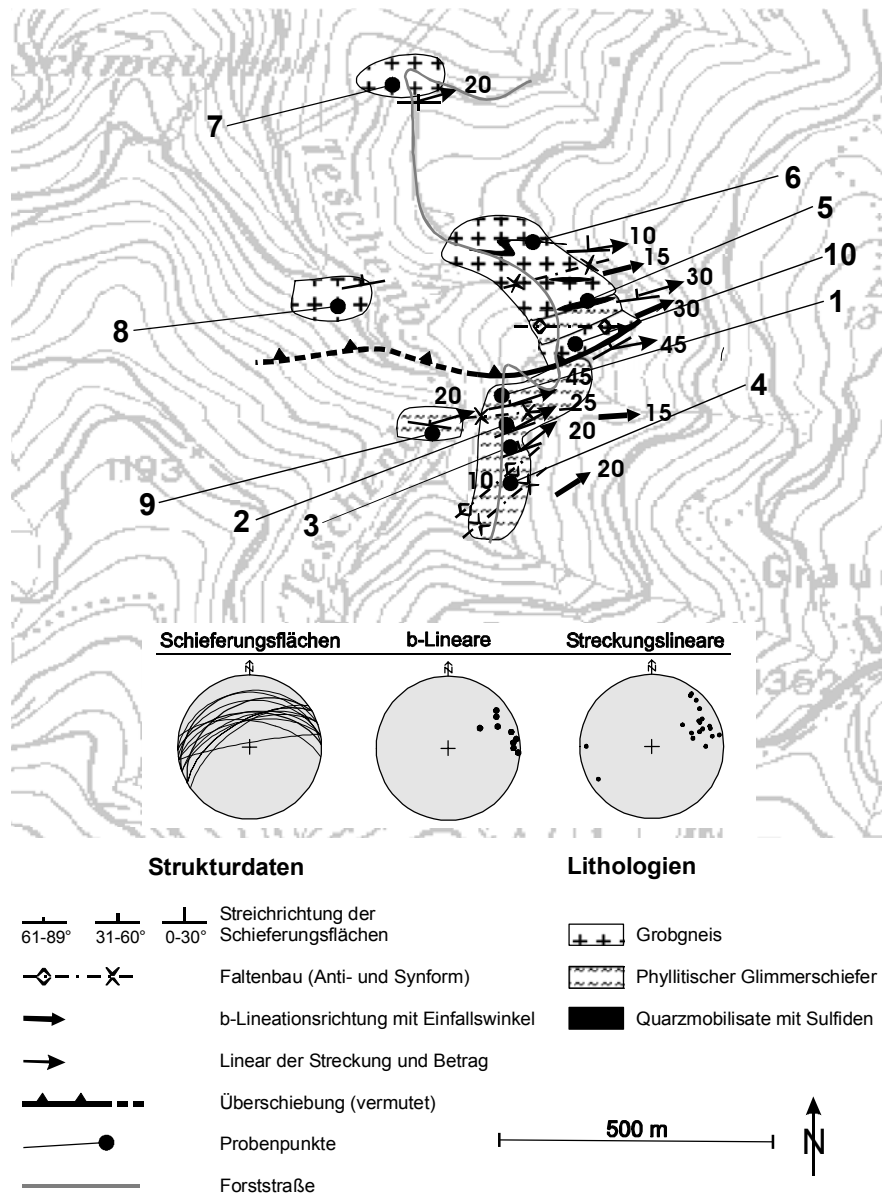


Abb. 2: Strukturkarte des Untersuchungsgebietes mit Probenpunkten.

Sämtliche Streckungslineare sowie b-Lineare von Faltenschenkeln fallen flach nach ENE ein. Die zugehörige Faltung ist SSE – vergent; Schersinnindikatoren (asymmetrische Druckschatten und Scherbänder) weisen auf eine Bewegung gegen die Streckungsrichtung (nach WSW) hin. Ein vereinfachter geologischer Querschnitt durch das Arbeitsgebiet zeigt, dass der Grobgnais und die phyllitischen Glimmerschiefer miteinander verfaltet sind (Abb. 3).

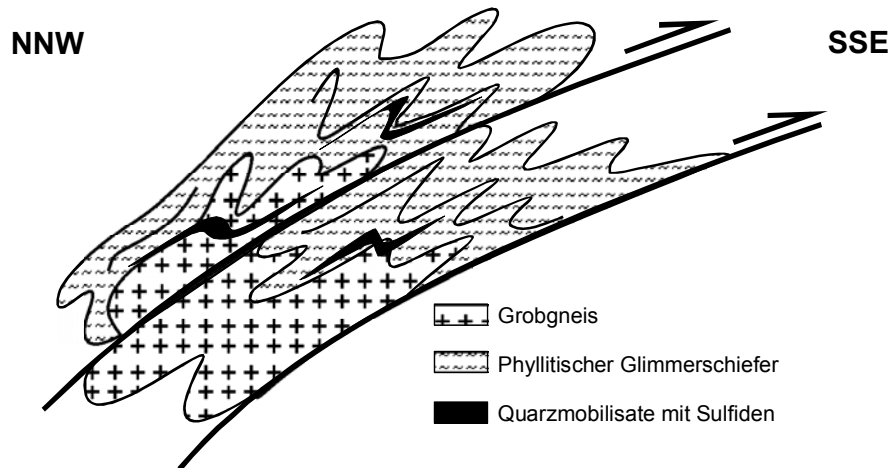


Abb. 3: Schematisches Profil durch das Untersuchungsgebiet.

## 5. Petrographie und Mikrogefüge

### 5.1. Phyllitische Glimmerschiefer (Quarzphyllite)

Nach BERKA (2000) werden die phyllitischen Glimmerschiefer in zwei unterschiedliche Typen untergliedert: (a) „Feinschiefrige Glimmerschiefer“ ohne Granat und (b) kompakte, meist dunkle „Muskovit-Chlorit-Granat-Schiefer“. Die feinschiefrigen Glimmerschiefer sind bevorzugt im Nahbereich der Grobgnais zu finden. Die kompakten Glimmerschiefer sind mit den weiter östlich auftretenden Traibachschiefern vergesellschaftet (siehe BERKA, 2000).

Die feinschiefrigen, phyllitischen Glimmerschiefer weisen am frischen Handstück eine grünlichgraue Farbe auf. Sie sind in der Regel jedoch angewittert und

## 5.2. Grobgneis

Der Grobgneis erscheint geschiefert im dm – Bereich und weist ebenfalls krenulierten Faltenbau auf (Abb. 4b). Man erkennt cm-große „Feldspat-Augen“, die das Erscheinungsbild des Orthogneises prägen. Die Hauptmineralbestand besteht aus Quarz (25 Vol%), Kalifeldspat, Albit, Muskovit und Chlorit, wobei der Plagioklas- sowie der Kalifeldspatanteil bis zu 25 Vol% betragen können. Chlorit kristallisiert z.T. auch in späten Klufthohlräumen aus. An Akzessorien findet man Ilmenit, Zirkon und Apatit. Vor allem in den Grobgneisen sind konkordante, vererzte Quarzmobilisatlagen (Quarz1) eingeschaltet (Abb. 4c).

Leukophyllite sind geringmächtig im Grobgneis eingeschaltet. Nach PROCHASKA (1997) sind diese Gesteine charakterisiert als „Gesteine, die generell an Zonen starker Durchbewegung gebunden sind und besonders im Randbereich der Grobgniese und im Grenzbereich zu den Glimmerschiefern auftreten“. Die Leukophyllite sind durch die Minerale Quarz, Muskovit und Chlorit gekennzeichnet (BERKA, 2000).

Wie in den phyllitischen Glimmerschiefern findet man auch im Grobgneis intrakristalline Deformation der Quarze. Es tritt sowohl „subgrain rotation“ (Abb. 5b), „grain boundary migration“, „grain boundary area reduction“ (Abb. 5c) als auch spröde („Kataklastisches Fließen“) Deformation auf.

Die Feldspatklasten zeigen asymmetrische Druckschatten mit Feldspatrekristallisation (gegen x), sowie spröde geknickte Deformationslamellen (Abb. 5 d,e). Dies lässt auf anhaltende Deformation während der Hebung des Gesteins ab einer Maximaltemperatur um 550-600 °C schließen (HIRTH & TULLIS, 1992). An den Hellglimmern erkennt man Isoklinalfaltung (S1-Mikrolithen), sowie eine jüngere, gegen das Streckungslinear weisende, S2-Scherbandentwicklung (Abb. 5f).

## 5.3. Quarzgänge und Mineralisation

Die einzelnen Quarzganggenerationen zeigen in Abhängigkeit ihres chronologischen Auftretens unterschiedliche temperaturabhängige, intrakristalline Deformationsregime.

Quarz 1: vererzte Quarzmobilisatlagen

Quarz 2: unvererzter Quarzgang in den phyllitischen Glimmerschiefern

Quarz 3: gering vererzte Quarze in Scherfallen

Quarz 4: Quarz-Boudins (blockig)

Aufgrund rheologischer Eigenschaften des Mikrogefüges der einzelnen Quarzgenerationen, lässt sich ein Temperaturtrend von höhertemperiertem Quarz1 zu niedrigtemperiertem Quarz4 erkennen (Tab. 1).

Tab. 1: Kristallplastische Deformation der Quarze im Untersuchungsgebiet.

Teschengraben	Kataklastisches Fließen	"Bulging"	"Subgrain Rotation"	"Grain boundary migration"	"Grain boundary area reduction"
Quarz 1				█	█
Quarz 2				█	
Quarz 3			█		
Quarz 4	█				

Sulfidische Vererzungen wurden im Teschengraben in den Stollen untertags sowie obertags gefunden. Die vererzten Quarzgenerationen (Quarz1 und Quarz3) findet man sowohl in den phyllitischen Glimmerschiefern als auch im Grobgneis (Abb. 4). Den Hauptteil der Vererzung machen Arsenopyrit und Pyrit aus. Weiters wurden Chalkopyrit, Pyrrhotin, Sphalerit und Galenit am Auflichtmikroskop und am Rasterelektronenmikroskop identifiziert. Galenit ist nur in Form von kleinen Einschlüssen im Arsenopyrit zu finden. Aufgrund gerader Korngrenzen und keiner erkennbaren Reaktionen zwischen Arsenopyrit, Pyrit und Pyrrhotin kann man auf eine Kristallisation im Gleichgewicht schließen.

Arsenopyrit, Pyrit, Pyrrhotin, Chalkopyrit und Galenit wurden chemisch analysiert, wobei die Analysen von Galenit keine eindeutigen Ergebnisse lieferten. Der Grund dafür liegt in der geringen Körngröße der Galenitkristalle, die an der Grenze der Auflösung des Elektronenstrahls liegt (Fig.5g, h). Die Messungen haben dadurch eine Beeinflussung durch das umgebende Mineral (Arsenopyrit) erfahren. Die Mineralchemie der Sulfide in den Quarzadern der phyllitischen Glimmerschiefer und der Grobgnese ist gleich (Tab. 2).

Tab. 2: Analysen der Sulfide. Werte in Atom-%.

	Asp	Asp	Po	Po	Py	Py	Cp	Cp
As	29.91	31.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.63	25.03
Fe	32.97	34.21	46.49	47.32	34.17	32.54	25.43	24.78
S	36.32	34.41	53.42	52.58	65.68	66.79	49.78	50.27
Summe	99.20	100.49	99.91	99.90	99.85	99.33	99.84	100.08



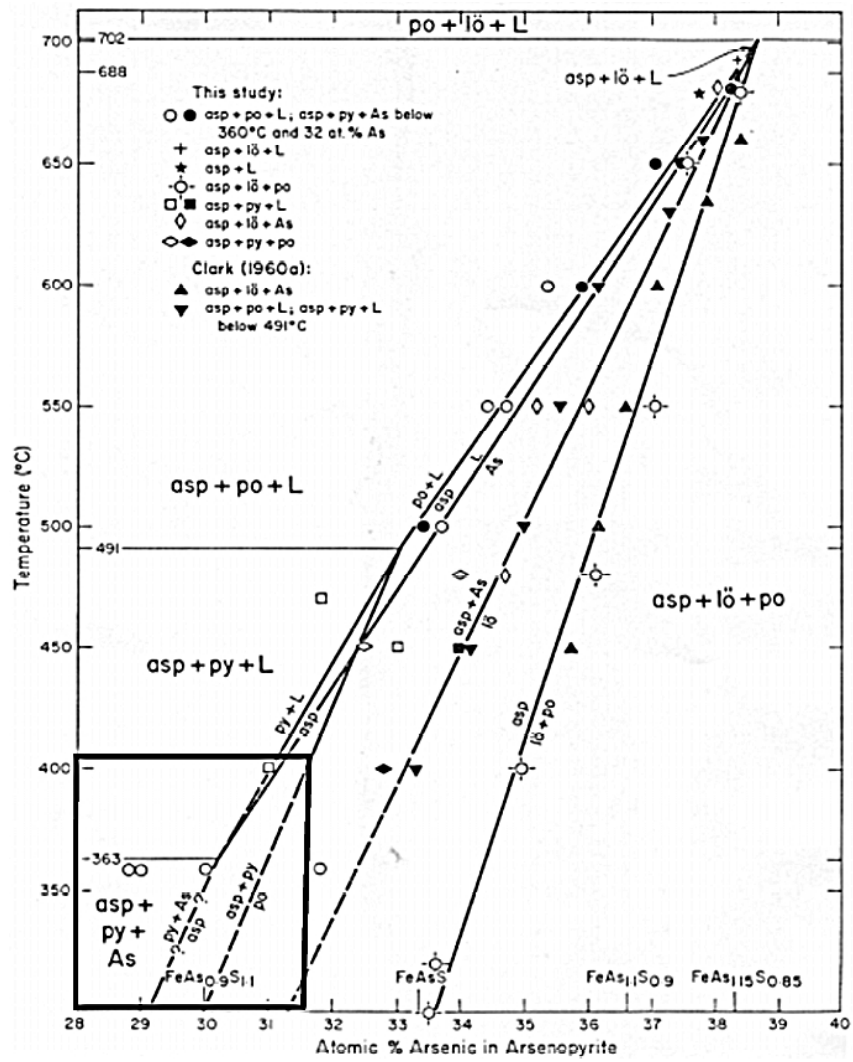


Abb. 6: T-X Diagramm nach KRETSCHMAR & SCOTT (1976). Markierter Bereich beschreibt den Temperaturbereich der auftretenden Mineralparagenesen.

## **6. Geothermobarometrie**

Zur Ermittlung von Druck-Temperaturbedingungen der Gesteine des Untersuchungsgebietes wurden als Geothermobarometer das Arsenopyrit-Thermometer, das Muskovit-Plagioklas-Kationenaustausch-Thermometer sowie das Phengit-Barometer verwendet.

### **6.1. Arsenopyrit – Geothermometer**

Die Bildungstemperatur des Arsenopyrits lässt sich nach KRETSCHMAR & SCOTT (1976) anhand seines Arsengehaltes bestimmen. Bei diesem Thermometer werden alle Analysen mit Gewichtsprozentsummen kleiner als 98.0 % und größer als 101.0 % ignoriert. Die in dieser Arbeit gemessenen Arsenopyrite ergaben jedoch immer eine höhere Gesamtsumme (meistens ca. 103 %). Die Arsengehalte lagen dabei zwischen 29.98 atom% und 31.87 atom% (Tab. 2). Vernachlässigt man jetzt die Tatsache, dass die ermittelten Gewichtsprozentsummen zu hoch sind, erhält man Temperaturen von 300°C bis 405°C (Abb. 6). Der Mittelwert von rund 350°C korreliert dabei relativ gut mit der durch das Muskovit – Plagioklas Thermometer erhaltenen Temperatur (siehe unten).

### **6.2. Muskovit – Plagioklas – Geothermometer**

Das Muskovit - Plagioklas Kationenaustausch-Thermometer wurde als passendes Geothermometer aus dem Softwarepaket PET (DACHS, 1998) für Silikate verwendet und ergab ein Temperaturintervall von  $377 \pm 47^\circ\text{C}$ . Die Mineralchemie der verwendeten Mineralphasen ist in Tab. 3a, b angeführt.

### **6.3. Phengit – Geobarometer**

Wegen der Druckabhängigkeit des Siliziumgehalts im phengitischen Hellglimmer und dem Vorhandensein von Plagioklas im Mineralbestand der Grobogneise kann das Phengit-Geobarometer nach MASSONE & SCHREYER (1987) angewendet werden. Der Silizium-Gehalt in phengitischen Hellglimmern der Grobogneise erstreckt sich von 3.29 bis 3.32 apfu (Tab. 3b) und die daraus abgeleiteten Drücke liegen bei einer mittleren Temperatur von 350 °C zwischen 6.5 und 7 kbar (Abb. 7).

Die aus den geothermobarometrischen Untersuchungsmethoden ermittelten P-T Bedingungen der Vererzung und der Rahmengesteine liegen daher sowohl für die phyllitischen Glimmerschiefer als auch für die Grobgnese bei einer gemittelten Temperatur um 350°C und P = 6.5-7 kbar.

Tab. 3a: Mineralchemie phyllitischer Glimmerschiefer.

Gew.%	Ms	Ms	Chl	Chl	Pl	Pl
SiO <sub>2</sub>	49.55	49.95	25.40	25.88	69.85	70.08
TiO <sub>2</sub>	0.53	0.59	0.12	0	0	0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	29.32	29.95	20.35	20.56	19.26	19.35
FeO	2.82	3.02	27.37	26.73	0	0
MnO	0	0	0.22	0.23	0	0
MgO	2.16	2.46	13.33	13.58	0	0
CaO	0	0	0.07	0	0.10	0
K <sub>2</sub> O	10.36	10.03	0.04	0	0	0
Na <sub>2</sub> O	0.36	0.41	0	0.14	11.88	11.50
F	0.27	0.22	0.12	0.17	0	0
Cl	0	0.01	0.06	0	0	0
Total	95.37	96.64	87.08	87.29	101.09	100.93
O	22	22	28	28	8	8
Si	3.32	3.30	2.74	2.77	3.01	3.02
Ti	0.03	0.03	0.01	0	0	0
Al	2.31	2.33	2.58	2.59	0.98	0.98
Fe <sup>2+</sup>	0.16	0.17	2.47	2.39	0	0
Mn	0	0	0.02	0.02	0	0
Mg	0.22	0.24	2.14	2.16	0	0
Ca	0	0	0.01	0	0.01	0
K	0.89	0.84	0.01	0	0	0
Na	0.05	0.05	0	0.03	0.99	0.96
F	0.06	0.05	0.04	0.06	0	0
Cl	0	0	0.01	0	0	0
Summe	7.04	7.01	10.03	10.02	4.99	4.96

Tab. 3b: Mineralchemie Grobgneis.

Gew.%	Ms	Ms	Chl	Chl	Pl	Pl
SiO <sub>2</sub>	47.28	47.07	34.02	29.17	70.17	69.08
TiO <sub>2</sub>	0.53	0.53	3.12	0	0	0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27.65	27.06	13.35	18.61	19.28	19.12
FeO	4.40	4.71	23.09	28.26	0	0
MnO	0	0	0.14	0.34	0	0
MgO	2.00	1.90	6.89	10.66	0	0
CaO	0	0	0	0	0	0.20
K <sub>2</sub> O	10.92	9.47	9.04	0.23	0	0.08
Na <sub>2</sub> O	0.40	0.31	0.14	0.11	9.36	11.01
F	0	0.22	0.48	0	0	0
Total	93.18	91.27	90.27	87.38	98.81	99.49
O	22	22	28	28	8	8
Si	3.29	3.32	3.65	3.11	3.06	3.02
Ti	0.02	0.03	0.17	0	0	0
Al	2.27	2.25	1.69	2.34	0.99	0.99
Fe <sup>2+</sup>	0.27	0.28	2.07	2.52	0	0
Mn	0	0	0.01	0.03	0	0
Mg	0.21	0.20	1.10	1.69	0	0
Ca	0	0	0	0	0	0.01
K	0.97	0.85	1.24	0.03	0	0
Na	0.05	0.04	0.03	0.02	0.79	0.93
F	0	0.05	0.16	0	0	0
Summe	7.08	7.02	10.12	9.74	4.84	4.95

## 7. Flüssigkeitseinschlussuntersuchungen und Mikrothermometrie

Untersuchungen an Flüssigkeitseinschlüssen wurden in den Quarzganggenerationen Quarz1 (konkordant, vererzt) und Quarz4 (diskordant) durchgeführt. Einschlussuntersuchungen an Quarz 3 waren aufgrund von intensiver Rekristallisation in den Faltenscheiteln und zu geringer Größe der Einschlüsse (<5µm) nicht möglich.

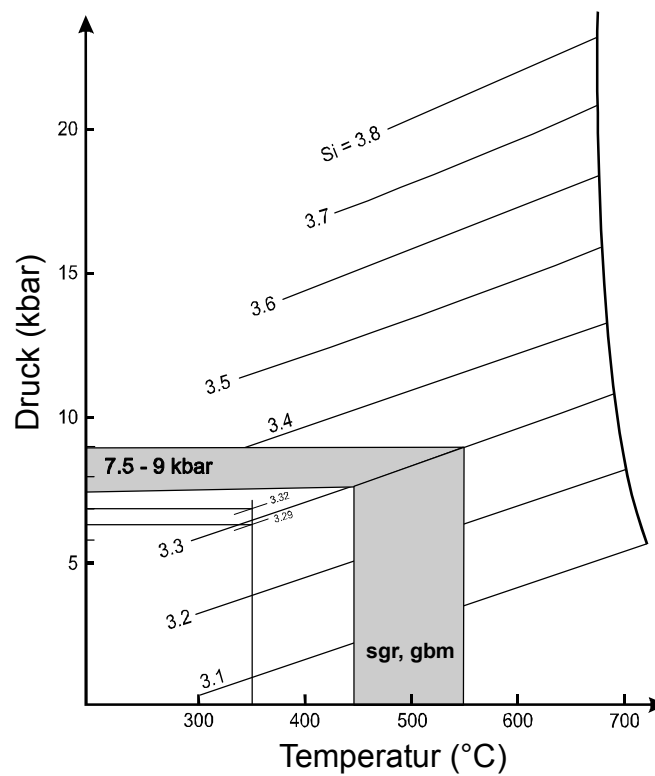


Abb. 7: Phengit-Barometer nach MASSONE & SCHREYER (1987).

Flüssigkeitseinschlüsse (FIs) treten in den sulfidführenden Quarzadern (Quarz1) mit einer durchschnittlichen Größe von ca.  $5\mu\text{m}$  auf. Selten groß entwickelte FIs erreichen ca.  $10\mu\text{m}$ . Alle gemessenen Flüssigkeitseinschlüsse erwiesen sich als saline, wässrige Lösungen. Bei Raumtemperatur ( $\sim 21^\circ\text{C}$ ) sind sie zweiphasig (flüssig: L, gasförmig: V). Die Füllgrade aller gemessenen FIs (Verhältnis L/V) erstrecken sich von 0.75-0.95 flüssigen Anteils bei Raumtemperatur. Die eutektischen Temperaturen aller gemessenen FIs liegen zwischen  $-39$  und  $-43^\circ\text{C}$  (Tab. 4). Dies lässt nach GOLDSTEIN & REYNOLDS (1994) auf ein salinares, wässriges System aus  $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}\pm\text{MgCl}_2$  schließen. Die ermittelten Temperaturen des letzten Schmelzens ( $T_m$ ) liegen bei primären FIs zwischen  $-23.1$  und  $-18.2^\circ\text{C}$  und weisen auf einen relativ hohen Salzgehalt hin (Tab. 4). Diese primären FIs weisen

einen Füllgrad von 0.75 auf. Weiters lassen sich noch Fls mit einem Füllgrad von 0.95 unterscheiden. Diese Einschlüsse sind, aufgrund ihres textuellen Auftretens, zwischen den Subkorn Grenzen während der Rekristallisation der Quarze gebildet worden (vgl. ROEDDER, 1984) und weder an „trails“ noch an „cluster“ gebunden. Ihre  $T_m$  weist auf geringeren Salzgehalt hin und reicht von  $-8.5$  bis  $-1.6^\circ\text{C}$ . Im gleichen Fragment des Dickschliffes sind auch „trailgebundene“ (sekundäre) Fls zu finden, deren  $T_m$  zwischen  $-5.1$  und  $-4.4^\circ\text{C}$  schwankt.

Primäre Fls aus jüngeren diskordanten Quarzen (Quarz4) ergaben ein  $T_m$  von  $-0.6$  bis  $-0.2^\circ\text{C}$ . Aus diesem chronologischen Auftreten der Fls lässt sich auf eine allgemeine Abnahme des Salzgehaltes des Fluids entlang des P-T-Pfades schließen.

Die ermittelte Homogenisierungstemperatur ( $T_h$ ) gibt die Mindestbildungstemperatur der Fls wieder (ROEDDER, 1984). Die Messungen an primären Einschlüssen in Quarz1 ergaben Temperaturen ( $T_h$ ) zwischen  $240$  und  $250^\circ\text{C}$ . Die Fls, die im Quarz1 während der dynamischen Quarzrekristallisation gebildet worden sind, zeigen Homogenisierungstemperaturen zwischen  $272$  und  $297^\circ\text{C}$  (Tab. 4). Die  $T_h$  der „trailgebundenen“ Fls in den duktil deformierten Quarzen (Quarz1) schwankt zwischen  $155$  und  $210^\circ\text{C}$ .

Tab. 4: Flüssigkeitseinschlusstabelle

		eutektische Temperatur $T_e$	Letztschmelzen $T_m$	Homogenisierungstemperatur $T_h$
Quarz1	Primäre Fls	$-40,4$ bis $-40,0^\circ\text{C}$	$-23,1$ bis $-18,2^\circ\text{C}$	$240,0$ bis $250,4^\circ\text{C}$
	Reequilibrierte Fls	$-43,2$ bis $-40,7^\circ\text{C}$	$-8,5$ bis $-1,6^\circ\text{C}$	$272,0$ bis $297,0^\circ\text{C}$
	Trailgebundene Fls	$-41,5$ bis $-39,2^\circ\text{C}$	$-5,1$ bis $-4,4^\circ\text{C}$	$155,2$ bis $210,8^\circ\text{C}$
Quarz4	Primäre Fls	$-40,8$ bis $-39,7^\circ\text{C}$	$-0,6$ bis $-0,2^\circ\text{C}$	$199,0$ bis $260,5^\circ\text{C}$

Bei den jungen Quarzen (Quarz4) die spröde Deformation („Kataklastisches Fließen“) zeigen, ergaben die Messungen am Heiz-Kühltisch eine  $T_h$  von  $199$  bis  $260^\circ\text{C}$ . Bei diesen Fls dürfte die Mindestbildungstemperatur relativ gut mit der tatsächlichen Bildungstemperatur von Quarz4 übereinstimmen, da Rheologieuntersuchungen auf eine Maximaltemperatur während der spröden Verformung der Quarze auf ca.  $250^\circ\text{C}$  hinweisen.

## 8. Interpretation und Diskussion

Das Phengit-Barometer wurde in Kapitel 6 mit der aus dem Muskovit – Plagioklas Geothermometer ermittelten Temperatur korreliert. Dabei ergaben sich Druckbedingungen von 6.5-7 kbar. Weil die Quarze (Quarz1) dynamische Rekristallisation (sgr, gbm) aufweisen und Plagioklas in den Druckschatten und randlich rekristallisiert, muss man aber von syndeformativen Mindesttemperaturen um 450 bis 550°C während der eo-Alpinen Metamorphose ausgehen. Korreliert man den mittleren Si-Gehalt der untersuchten Heliglimmer von 3.30 apfu nun mit diesen Temperaturen, so erhält man Druckbedingungen von 7.5 bis 9 kbar (Abb. 7). Diese P-T-Bedingungen sind mit den Ergebnissen der weiter im Osten anschließenden Traibachschiefer vergleichbar und weisen auf leicht höhere Druckbedingungen im Untersuchungsgebiet hin. BERKA (2000) ermittelte Temperaturen von 520-560°C und Drucke von 5.5-8.5 kbar für den eo-Alpinen Metamorphosehöhepunkt in den Traibachschiefern.

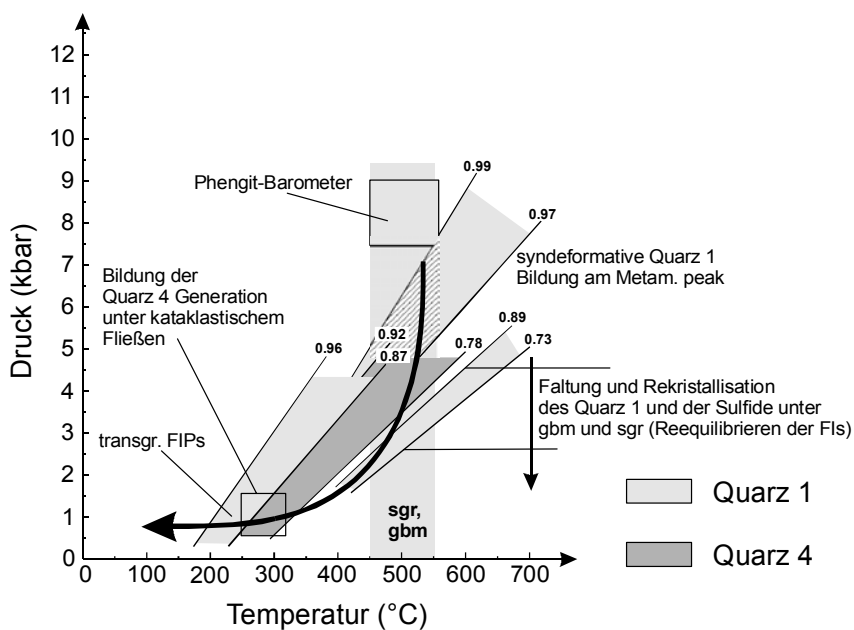


Abb. 8: Ableitung eines P-T-d Pfades. Die Musterfüllung stellt den maximalen Bereich der Bildungsbedingungen von Quarz1 dar, ermittelt aus einem Verschnitt der FI-Daten primärer Einschlüsse in Quarz 1 mit den Temperaturen von „sgr“ und „gbm“ dar (ermitteltes Temperaturintervall nach STIPP et al., 2002).

Abbildung 8 zeigt den resultierenden P-T-d-Pfad, basierend auf geothermobarometrischen Untersuchungen an den phyllitischen Glimmerschiefern und Grobgneisen sowie auf der Mikrothermometrie an konkordanten und diskordanten Quarzgängen. Die Bildungsbedingungen des Quarz1 wurden aus dem Isochorenfeld (Dichten von 0.99-0.97) der primären Fls in Quarz1 der sulfidführenden konkordanten Quarzmobilisatlagen ermittelt. Der ermittelte Metamorphosehöhenpunkt wird von den Isochoren der primären Einschlüsse im Quarz1 nicht erreicht. Das könnte auf post-peak-metamorphe Neueinstellung der Einschlussdichte primärer Fls hinweisen. Unterstützt wird dies auch durch erkennbare Dekrepitationstexturen ehemaliger höher dichter Einschlüsse. Da in Quarz1 auch Fls mit geringerer Dichte (Dichten von 0.89-0.73) auftreten, kann man Hebung unter isothermaler Dekompression (ITD) mit andauernder dynamischer Quarzrekristallisation (sgr, gbm: 450-550°C) ableiten. Die Gesteine des Untersuchungsgebietes wurden dabei durch Alpine NE-gerichtete Überschiebungstektonik, die sich im Untersuchungsgebiet durch eine inverse Lagerung (SSE – vergente Faltung) kennzeichnet, gehoben. Es kam zu duktiler Deformation und Rekristallisation der Quarze unter NW-SE gerichteter Hauptnormalspannung. Durch das Vorhandensein zusätzlicher Scherindikatoren senkrecht zur Streckungsrichtung liegt eine Kombination aus Überschiebungstektonik und Lateralbewegung vor, die transpressive bzw. transtensive Hebung vermuten lässt. Die Fls wurden während der Rekristallisation in ihrer Dichte neu eingestellt (reequilibrirt). Während isobaren Abkühlens (IBC), bei Temperaturen zwischen 200 und 350°C, kam es in einem flachen Krustenniveau bei 1-2 kbar zur Bildung der diskordanten, unvererzten Quarzgeneration. Die in diesen jungen Quarzen (Quarz 4) enthaltenen Fls (Dichten von 0.92-0.78) ergeben Mindestbildungstemperaturen, die gut mit der Quarzrheologie des kataklastisches Fließens übereinstimmen.

Die „Fluidtrails“ in der älteren Quarzmobilisatgeneration (Quarz1) mit Dichten von 0.96-0.87 sind aufgrund der niedrigen Homogenisierungstemperaturen und ihrer Texturen (transgranulare FIPs) als junge Fls zu interpretieren. Die Einschlüsse sind bei der Verheilung von Mikrorissen im Quarz entstanden und weisen auf späte, meteorische Wässer hin. Die Bildungszeit der Mineralisation muss aufgrund der Quarzgefüge (1) spätestens syndeformativ, während des eo-Alpinen Metamorphosehöhenpunktes, sein. Sie kann (2) aber auch älter sein. Im Fall (1) würde die Mineralisation während der Deformation bei Temperaturen von 450-550°C entstanden sein. Im Fall (2) ist eine Altersobergrenze mit der Intrusion der Grobgnese gegeben, da sie auch in diesen – und nicht nur in den phyllitischen Glimmerschiefern – enthalten ist. Mit dem Vorkommen der Mineralisation in den Grobgneisen ist auch ihre synsedimentäre Bildung auszuschließen. Bildungsbedingungen können im Fall (2) jedoch nicht angegeben werden, da die Mineralisation während der darauf folgenden eo-Alpinen tektonometamorphen Überprägung völlig rekristallisierte.



## Dank

Hans-Peter Bojar vom Landesmuseum Joanneum danken wir für die Hilfestellung bei der Anwendung des Arsenopyrit-Thermometers. Herr DI Peter Tomazic machte uns auf diese Mineralisation aufmerksam.

## Literaturverzeichnis

- BERKA, R. (2000): Zur Stellung der Traibachschiefer im Semmering-Wechsel-System. – Diplomarbeit an der Formal- und Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Wien, 133 pp.
- CORNELIUS, H. P. (1952): Die Geologie des Mürztalgebietes. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt SB4, 1-94.
- DACHS, E. (1998): PET: Petrological Elementary Tools for Mathematica. – Computer and Geosciences 24, 3, 219-235.
- FRIEDRICH, O. M. (1953): Zur Erzlagerstättenkarte der Ostalpen. Radex-Rundschau, Heft 7/8, 371-407.
- GOLDSTEIN, R. H. & REYNOLDS, T. J. (1994): Systematics of fluid inclusions in diagenetic minerals. – SEPM (Society for Sedimentary Geology), Short Course Notes 31, 199 pp.
- HIRT, G. & TULLIS, J. (1992): Dislocation creep regimes in quartz aggregates. – Journal of Structural Geology 14, 145-159.
- HUBER, M. (1994): Bildung und geotektonische Bedeutung von Scherzonen (Leukophylliten) am Alpenostrand.- Dissertation am Institut für Geowissenschaften, Universität Leoben, 136 pp.
- KRETSCHMAR, U. & SCOTT, S. D. (1976): Phase relations involving Arsenopyrite in the System Fe-As-S and their application. – Canadian Mineralogist 14, 364-386.
- MASSONE, H. J. & SCHREYER, W. (1987): Phengite geobarometry based on the limiting assemblage with K-feldspar, phlogopite and quartz. – Contributions to Mineralogy and Petrology 96, 212-224.
- PROCHASKA, W., HUBER, M. & BECHTEL, A. (1997): Die alpidische Leukophyllitbildung am Alpenostrand.- Archiv für Lagerstättenforschung der Geologischen Bundesanstalt 20, 37-52.
- ROEDDER, E. (1984): Fluid Inclusions.- Reviews in Mineralogy, Mineralogical Society of America 12, 664 pp.
- SCHUSTER, K., BERKA, R., DRAGANITS, E., FRANK, W. & SCHUSTER, R. (2001): Lithologien, Metamorphosegeschichte und tektonischer Bau der kristallinen Einheiten am Alpenostrand. – Geologische Bundesanstalt, Arbeitstagung 2001, Neuberg an der Mürz: 29-56.
- SCHWEIGER, H. (1970): Lagerstätten und Mineralien-Fundorte im Bezirk Mürzzuschlag.- In: 10 Jahre Bundesgymnasium und Bundesrealgymnasium Mürzzuschlag, 1959-1969. Festschrift und Jahresbericht, 46-64.

- STIPP, M., STÜNITZ, H., HEILBRONNER, R. & SCHMID, S. M. (2002): The eastern Tonale fault zone: a „natural laboratory” for crystal plastic deformation of quartz over a temperature range from 250 to 700°C. – *Journal of Structural Geology* 24, 1861-1884.
- TAUCHER, J. & HOLLERER, Ch. E. (2001): Die Mineralien des Bundeslandes Steiermark in Österreich. Verlag C. E. Hollerer, Graz, 1159 pp.
- TOLLMANN, A. (1964): Exkursion II/6. Semmering-Grauwackenzone. – *Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft Wien* 57, 193-203.
- VACEK, E. (1892): Ueber die krystallinischen Inseln am Ostende der alpinen Centralzone. – *Verhandlungen der Geologischen Reichsanstalt*, 367-377.
- WIESENER, H. (1961): Die Korund-Spinellfelse der Oststeiermark als Restite einer Anatexis.- *Mitteilungsblatt Abteilung für Mineralogie am Landesmuseum Joanneum*, Heft 1, 1-30.
- WIESENER, H. (1971): Gesteinsserien und Metamorphose im Ostabschnitt der Österreichischen Zentralalpen. – *Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*, Jahrgang 1971, Heft 2, 344-357.

Anschrift der Verfasser:

Klaus LASSNIG, Bakk., Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Aberra MOGESSIE und  
Mag. Dr. Kurt KRENN  
Institut für Erdwissenschaften, Bereich Mineralogie und Petrologie  
Karl-Franzens-Universität Graz  
Universitätsplatz 2, A-8010 Graz  
lassnig@egam.tugraz.at  
aberra.mogessie@uni-graz.at  
kurt.krenn@uni-graz.at

Mag. Dr. Franz BERNHARD  
Fasangasse 11, A-8073 Feldkirchen  
bernhard11at@yahoo.de

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Joannea Mineralogie](#)

Jahr/Year: 2006

Band/Volume: [3](#)

Autor(en)/Author(s): Lassnig Klaus, Mogessie Aberra, Krenn Kurt, Bernhard Franz

Artikel/Article: [Mineralisation und Petrogenese im Teschengraben südlich von Krieglach, Fischbacher Alpen, Steiermark 5-24](#)