

**MOLDANUBISCHE KORUNDVORKOMMEN MIT RUBIN UND SAPHIR
BEI DROSENDORF, WALDVIERTEL, NIEDERÖSTERREICH**

von

Andreas Ertl¹, Franz Brandstätter² & Markus Prem¹

¹Institut für Mineralogie und Kristallographie
Universität Wien, Geozentrum, Althanstrasse 14, A-1090 Wien, Austria

²Mineralogisch-Petrographische Abteilung
Naturhistorisches Museum, Burgring 7, A-1010 Wien, Austria

Zusammenfassung

Aus dem Bereich der Bunten Serie des Moldanubikums ~3 km südöstlich von Drosendorf wurde Korund von drei Fundstellen bestimmt, die sich im Umkreis von ~150 m befinden. Farbloser, grünlichgrauer und blauer Korund (Saphir), auch in bis zu ~12 cm langen spindelförmigen Kristallen, wurde aus Plumasiten die in Amphibolit und Serpentinitt eingelagert sind, bestimmt. Rote Cr-haltige Korund-Kristalle (Rubin) bis zu ~3 cm treten in einem Zoisit-Amphibolit auf. Begleitminerale in den Plumasiten sind Plagioklas, Spinell, Dravit-Schörl, sowie die Mineralphasen Margarit, Böhmit, Diaspor, Tosudit, Halloysit, Illit-1M und Illit-2M₁, welche sich wahrscheinlich während einer retrograden bzw. hydrothermalen Überprägung gebildet haben. Aus dem Zoisit-Amphibolit wurden weiters Cr-haltiger Zoisit, Pargasit, Anorthit und Spinell bestimmt. Stellenweise ist hellgrüner kristalliner Zoisit mit eingelagertem dunkelgrünem-schwarzem Pargasit und Rubin anzutreffen, und man somit diese Partien auch als „Anyolit“ bezeichnen kann. „Anyolit“ war bisher nur von einem einzigen Vorkommen bei Longido, Kilimanjaro, Tansania, bekannt. Während Rubin typische Gehalte an Cr₂O₃ (0.56 Gew.-%), Fe₂O₃ (0.30 Gew.-%) und TiO₂ (0.02 Gew.-%) aufweist, zeigt blauer Saphir höhere Gehalte an Fe₂O₃ (0.91 Gew.-%) und TiO₂ (0.08 Gew.-%).

Summary

Moldanubian corundum occurrences with ruby and sapphire near to the village Drosendorf, Lower Austria

Corundum was identified approximately 3 km southeast of the village Drosendorf from three sites (within a distance of ~150 m) within the Moldanubian Bunte Series. Colourless, greenish-grey and blue corundum (sapphire) was also found in dipyrmidal crystals (up to ~12 cm in length) in plumasites that occur in amphibolite and serpentinite bodies. Red Cr-bearing corundum crystals (ruby) up to ~3 cm in length were found in zoisite-amphibolite. Associated minerals in the plumasites are plagioclase, spinel, and tourmaline of the dravite-schorl series, and also margarite, boehmite, diaspore, tosudite, halloysite, illite-1M and illite-2M₁, which probably

formed under retrograde and also hydrothermal metamorphic conditions. Associated minerals in the zoisite-amphibolite are Cr-bearing zoisite, pargasite, anorthite and spinel. Pale-green crystalline zoisite, intergrown with ruby and some dark green to black pargasite can also be described as “anyolite”. To date “anyolite” is only known from one locality near Longido, Kilimanjaro, Tanzania. Whereas ruby has typical concentrations of Cr_2O_3 (0.56 wt.%), Fe_2O_3 (0.30 wt.%) and TiO_2 (0.02 wt.%), blue sapphire contains higher amounts of Fe_2O_3 (0.91 wt.%) and TiO_2 (0.08 wt.%).

Einleitung

Aus der „Drosendorfer Einheit“, die der Bunten Serie des Moldanubikums angehört, aus dem Bereich von Wolfsbach, südöstlich von Drosendorf, Niederösterreich, wurde bereits von NIEDERMAYR (1986) Korund in Form mehrerer cm großer graugrüner spätiger Massen (mit z.T. noch mit gut erkennbarer spindelförmiger Gestalt) vergesellschaftet mit Plagioklas, Diaspor, Glimmer, Vermiculit und Harmotom, aus desilifiziertem Pegmatit beschrieben. Von FECHNER & GÖTZINGER (1985) wurde Korund aus der Plumazitzone im Kontaktbereich eines Pegmatites zum Serpentin bei Klein-Heinrichschlag, nordwestlich von Krems, sowie von einigen weiteren Vorkommen des Moldanubikums, beschrieben. KOLLER (1979) beschreibt Korund aus einem Hornblende-führenden Quarzmonzodiorit vom Steinbruch Artolz westlich von Pfaffenschlag, Niederösterreich. Korund (mit FeO : 0.18 Gew.%, Cr_2O_3 : 0.06 Gew.%), findet sich hier in schlierigen Bereichen, welche bis zu einer Größe von 2 cm auftreten können. KOLLER (1979) beschreibt weiters, dass neben Korund (farblose Körner bis 0.6 mm Durchmesser), der teilweise in Margarit umgewandelt wurde, noch ein dunkelgrünes Mineral der Spinell-Gruppe (Hercynit) mit der Zusammensetzung $(\text{Fe}^{2+}_{0.78}\text{Mg}_{0.18}\text{Mn}^{2+}_{0.02})\text{Al}_2\text{O}_4$ bestimmt werden konnte. Aus einem Orthopyroxen-führenden Quarzporit (ebenfalls aus dem Steinbruch Artolz) wurde Hercynit mit der Zusammensetzung $(\text{Fe}^{2+}_{0.70}\text{Mg}_{0.28}\text{Mn}^{2+}_{0.01})\text{Al}_2\text{O}_4$ bestimmt, welcher von spät gebildetem Diaspor verdrängt wurde (KOLLER, 1979). Der Temperaturbereich der Bildungsbedingungen für die Resorptionsschlieren mit Korund und Spinell wurde von KOLLER (1979) mit $\geq 800^\circ\text{C}$ angegeben.

Die Bunte Serie besteht aus Sillimanit-führenden Paragneisen, Graphitgneisen, Amphiboliten, Kalksilikatfelsen, Serpentiniten, sowie Marmoren (FUCHS & MATURA, 1976). Diese Einheiten proterozoischen Alters (FRANK et al., 1990; FRANK, 1994), vorher dem Paläozoikum zugeordnet (ANDRUSOV & ÈORNÁ 1976, PACLTOVÁ, 1980, 1986), wurden während der variszischen Metamorphose bei PT-Bedingungen von ~ 8 -11 kbar/ ~ 700 - 800°C überprägt (PETRAKAKIS, 1986a, 1986b; PETRAKAKIS & JAWECKI, 1995). Es folgte eine isothermale Dekompression zu Druckbedingungen von ~ 5 -6 kbar, und danach eine isobare Abkühlung bei 600 - 450°C (CARSWELL, 1991; PETRAKAKIS & JAWECKI, 1995). Aus Granatkernen von Moldanubischen Granuliten des Dunkelsteiner Waldes wurden von PETRAKAKIS & JAWECKI (1995) Einschlüsse von Korund, Spinell, Diaspor, Zoisit, Anorthit und Margarit beschrieben. Zoisit und Margarit wird von diesen Autoren als frühe retrograde Bildung bei Temperaturen von 650 - 540°C (bei ~ 7 kbar) beschrieben. Durch eine darauffolgende retrograde Überprägung bei $\sim 400^\circ\text{C}$ wurde Korund teilweise zu Diaspor umgewandelt (PETRAKAKIS & JAWECKI, 1995). DAS et al. (2006) beschreiben die Bildungstemperatur für Korund- und Spinell-Einschlüsse in Granatkernen aus Granulit von Eastern Ghats, Indien, mit $\geq 800^\circ\text{C}$.

Korundvorkommen bei Drosendorf

Aus dem Bereich der Bunten Serie ~3 km südöstlich von Drosendorf wurde kürzlich Material von drei Fundstellen, die sich im Umkreis von ~150 m befinden, vorgelegt. Im Folgenden werden diese Fundstellen mit I, II und III bezeichnet. Röntgenographische und chemische (Elektronenstrahlmikrosonde) Untersuchungen erbrachten folgende Mineralvergesellschaftungen:

Fundstelle I:

Korund (farblos), Böhmit, Diaspor, Spinell, Margarit, Plagioklas.

Fundstelle II:

Korund (farblos, blau, grünlichgrau), Böhmit, Tosudit, Halloysit-7Å, Plagioklas, Illit-1M, Illit-2M1, Dravit-Schörl.

Fundstelle III:

Korund (rot, dunkelbau), Zoisit, Spinell, Pargasit, Anorthit.

	Korund farblos, Fundstelle # 1	Korund farblos Fundstelle # 2	Korund blau Fundstelle # 2	Korund rot Fundstelle # 3	Zoisit hellgrün Fundstelle # 3	Zoisit grün Tansania	Spinell schwarz Fundstelle # 1
SiO ₂	0.09	0.09	0.06	0.05	39.71	39.16	0.07
Al ₂ O ₃	99.06	99.72	99.23	98.95	31.58	33.50	66.12
TiO ₂	0.04	0.02	0.08	0.02	0.16	0.001	0.03
Cr ₂ O ₃	0.02	b.d.	b.d.	0.56	0.51	0.33	-
V ₂ O ₃	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0.04	-	-
MgO	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0.04	b.d.	19.22
FeO	-	-	-	-	-	b.d.	13.06
Fe ₂ O ₃	0.56	0.56	0.91	0.30	0.68	1.75	1.56
MnO	0.04	0.04	0.03	0.02	0.07	0.014	0.17
CaO	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	24.95	25.02	0.01
Na ₂ O	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
K ₂ O	0.03	0.02	0.02	0.02	0.04	b.d.	0.03
Summe	99.84	100.45	100.36	99.92	97.78	99.78	100.24

Tabelle 1

Zusammensetzung von Korund, Spinell und Zoisit von Fundstellen SO Drosendorf.

Anmerkungen: Mittelwert von drei Analysen. b.d.: unter der Nachweisgrenze. Spinell: ZnO ist unter der Nachweisgrenze. -: nicht gemessen. Fe wird für Korund und Zoisit als Fe₂O₃ angegeben. FeO/Fe₂O₃ wird für Spinell durch die Stöchiometrie berechnet. Chemische Analyse von Zoisit aus Longido, Tansania, aus GAME (1954).

Es scheint sich bei Fundstelle I und II um desilifizierte, durch Anatexis entstandene Pegmatoide (Plumasite) zu handeln, die in ultrabasische Gesteine eingedrungen sind. Bei Fundstelle I finden sich Linsen (bis zu ~70 cm Länge und ~30 cm Breite), welche im (bereits stark verwitterten) Amphibolit eingelagert sind. Aus dem Amphibolit konnten röntgenographisch noch Klinochlor, sowie Prehnit-Kristalle aus winzigen Hohlräumen, bestimmt werden. Der Korund ist hier farblos ausgebildet und bildet Knollen bis ~20 cm Durchmesser. Nur selten finden sich undeutlich ausgebildete spindelförmige Kristalle bis ~1 cm Länge. Farbloser Korund von dieser Fundstelle zeigt einen Fe₂O₃-Gehalt von 0.56 Gew.-%, einen TiO₂-Gehalt von 0.04 Gew.-%, sowie einen an der Nachweisgrenze liegenden Cr₂O₃-Gehalt (Tabelle 1). Begleitminerale sind Böhmit, Diaspor, Plagioklas, Margarit und Spinell. Spinell bildet winzige dunkelgrüne-schwarze oktaedrisch ausgebildete Kristalle mit der Zusammensetzung (Mg_{0.73}Fe²⁺_{0.28})(Al_{1.97}Fe³⁺_{0.03})O₄ (Tabelle 1). Margarit ist ein Alterationsprodukt von Korund (Korund + Anorthit + H₂O ==> Margarit; HELGESON et al., 1978). Die Bildungen der Mineralphasen Diaspor (Korund + H₂O ==> Diaspor) und Böhmit (die teilweise mit Korund verwachsen und makroskopisch nicht von diesem zu unterscheiden sind) werden einer hydrothermalen Überprägung zugeschrieben (siehe auch BRINDLEY & RADOSLOVICH, 1955).

Bei Fundstelle II finden sich hauptsächlich aus feinkörnigem weißem Plagioklas bestehende Knollen, die in Serpentin eingelagert sind. Im Serpentin konnten Lizardit und Klinochlor röntgenographisch nachgewiesen werden. Korund bildet teilweise recht große, bis zu ~12 cm lange spindelförmige, sehr gut ausgebildete, hellgrünlichgraue Kristalle mit bis zu ~3.5 cm Durchmesser, die in feinkörnigem Plagioklas eingewachsen sind. Farbloser Korund von dieser Fundstelle zeigt einen Fe₂O₃-Gehalt von 0.56 Gew.-%, sowie einen an der Nachweisgrenze liegenden TiO₂- und Cr₂O₃-Gehalt (Tabelle 1). Intensiv blauer Korund zeigt höhere Gehalte von Fe₂O₃ (0.91 Gew.-%) und TiO₂ (0.08 Gew.-%), wobei auch hier der Cr₂O₃-Gehalt an der Nachweisgrenze liegt (Tabelle 1). Dies ist konsistent mit der beobachteten blauen Farbe, die durch IVCT (Intervalence Charge Transfer) von Fe²⁺-Fe³⁺ und Fe²⁺-Ti⁴⁺ beschrieben wurde (BURNS & BURNS, 1984; SCHMETZER, 1987; KIEFERT et al., 1996; MILISENDA & HENN, 1996). Als Begleitminerale finden sich weiters noch Böhmit, Tosudit, Halloysit-7Å, Illit-1M, Illit-2M₁, sowie selten winzige schwarze Turmalin-Kriställchen. Dieser Turmalin hat die Gitterkonstanten a = 15.931(2), c = 7.199(2) Å, und ist daher der Dravit-Schörl-Mischkristallreihe zuzuordnen. Tosudit ist ein mixed layer Schichtsilikat (1 : 1 Schichten von Chlorit und Smectit), mit der Formel (Na,Ca)_{0.5}MgAl₅[(OH)₅/(Si,Al)₄O₁₀]₂ · 5H₂O, welches bei hydrothormaler Alteration gebildet werden kann (ŠRODOŇ, 1999). Von MERCERON et al. (1988) wurde beschrieben, dass Tosudit gemeinsam mit dioktaedrischem Chlorit und Mineralien der Serpentin-Gruppe auftreten kann. Tosudit findet sich auf der Fundstelle II im Kontaktbereich zum Serpentin und ist tatsächlich mit zwei Mineralien der Serpentin-Gruppe verwachsen, mit Lizardit und Halloysit-7Å. Die Bildungstemperatur für Tosudit wird mit ~100-250°C angenommen (MORRISON & PARRY, 1986; MERCERON et al., 1988). Mit Korund, Böhmit und Spinell vergesellschaftet kommt Illit-1M, Illit-2M₁, sowie Klinochlor vor. Das gemeinsame Auftreten von Illit-1M und Illit-2M₁ zeigt, dass die Transformation vom 1M- zum 2M₁-Polytyp nicht abgeschlossen wurde. Diese Transformation ist ein wichtiger Indikator für die Evolution von der Diagenese zur Niedrigtemperatur-Metamorphose (FREY, 1987; BAULUZ et al., 2000). Das gemeinsame Auftreten beider Illit-Polytypen lässt auf Temperaturen von ~250-300°C schließen, was ungefähr konsistent mit der Bildungstemperatur von Tosudit ist (siehe auch WANG et al., 2003). Illit-1M und Illit-

2M₁ werden als Neubildungen durch hydrothermale Alteration angenommen. Aufgrund der Beschreibung der Farbe der Korund-Kristalle sowie der Assoziation mit weißem kristallinem Plagioklas wird vermutet, dass es sich bei der hier beschriebenen Fundstelle II um die von NIEDERMAYR (1986) nicht näher angegebene Fundstelle für graugrüne spindelförmige Korund-Kristalle bei Wolfsbach handeln könnte.

Bei Fundstelle III findet sich ein Zoisit-Amphibolit. In diesem befinden sich „Anyolit“-Linsen. „Anyolit“ kann als metamorphes Gestein, welches hauptsächlich aus grünem Zoisit, rotem Korund (Rubin), sowie aus (dunkel gefärbten) Mineralien der Amphibolgruppe besteht, definiert werden. Aus dem Amphibolit konnte weiters Pargasit und Klinochlor röntgenographisch bestimmt werden. Im Anyolit finden sich hellgrüner feinkristalliner Zoisit mit der Formel $\text{Ca}_2(\text{Al}_{2,84}\text{Fe}^{3+}_{0,04}\text{Cr}^{3+}_{0,03}\text{Ti}^{4+}_{0,01}\text{Mn}^{2+}_{0,01}\text{Mg}_{0,01})[\text{O}/\text{OH}/\text{SiO}_4/\text{Si}_2\text{O}_7]$ (mit 0.51 Gew.-% Cr_2O_3), dunkelgrüner-schwarzer Pargasit (blockig bis faserig ausgebildete Kristalle), roter Korund (Rubin), sowie selten Spinell (in winzigen schwarzen oktaedrischen Kristallen). Der teilweise intensiv rot gefärbte Korund hat einen Cr_2O_3 -Gehalt von 0.56 Gew.-%, sowie einen Fe_2O_3 -Gehalt von 0.30 Gew.-% (V_2O_5 und TiO_2 an der Nachweisgrenze; Tabelle 1). Dies ist konsistent mit der beobachteten roten Farbe, die durch Einlagerungen von Cr^{3+} -Metallionen hervorgerufen wird (SCHMETZER & BANK, 1981; TARAN et al., 1994). Der rote Korund tritt in undeutlichen blockig ausgebildeten Kristallen mit bis zu ~3 cm Länge auf, und hat selten dunkelbraune Flecken in den Randzonen der Kristalle. Roter Korund kommt relativ häufig in den Randbereichen der Zoisit-reichen Partien zum Zoisit-armen Amphibolit vor. Weiters können auch noch ~1 cm dicke Kluffüllungen von glasig farblosem Anorthit im Zoisit-Amphibolit beobachtet werden. PT-Bestimmungen einer ähnlichen Mineralvergesellschaftung (Korund, Zoisit, Amphibol, Anorthit, Spinell und Kyanit) aus dem mafischen-ultramafischen Buck Creek Komplex, der in Amphibolit eingebettet ist (Eastern Blue Ridge, North Carolina, U.S.A.), ergaben >11 kbar/700-850°C (PETERSON et al., 1998; LANG et al., 2004). Vergleichbar werden die PT-Bedingungen für die Hochtemperatur-Metamorphose der Bunten Serie des Moldanubikums mit ~8-11 kbar/~700-800°C angegeben (PETRAKAKIS & JAWECKI, 1995; PETRAKAKIS, 1997).

An der Fundstelle III finden sich durchaus schleifwürdige Exemplare von rotem Korund, die auch der Farbe entsprechend als Rubin bezeichnet werden können. Interessant erscheint, dass sich in der Bunten Serie des Moldanubikums somit ein Vorkommen von „Anyolit“ findet, welches dem einzig bekannten Vorkommen von der Mundarara Mine, Longido, Kilimanjaro, Tansania, sehr ähnlich ist (GAME, 1954). An der Fundstelle II finden sich in den größeren Korund-Kristallen auch intensiv blau gefärbte schleifwürdige Partien, die als Saphir bezeichnet werden können. Blaue Saphire aus Plumasiten der Vorkommen Kinyiki, Kenya und Kashmir, zeigen typischerweise <0.5 Gew.-% Fe_2O_3 , wobei die Rubine aus dem Mangare Gebiet, Kenya, bis zu ~0.40 Gew.-% Cr_2O_3 und <0.05 Gew.-% Fe_2O_3 haben (SIMONET et al., 2005). SCHMETZER et al. (2003) beschreiben Rubine (mit 0.14-1.80 Gew.-% Cr_2O_3 , 0.21-0.32 Gew.-% Fe_2O_3 , sowie bis zu 0.04 Gew.-% TiO_2) aus Myanmar, die mit Anorthit, Pargasit und Picotit vergesellschaftet sind. Blauer Saphir aus dem Plumasit der Fundstelle II zeigt somit einen deutlich höheren Fe_2O_3 -Gehalt (~0.9 Gew.-%) als von den vorher beschriebenen Plumasit-Vorkommen. Rubin von der Fundstelle III hingegen weist eher typische Gehalte an Cr_2O_3 (0.56 Gew.-%), Fe_2O_3 (0.30 Gew.-%) und TiO_2 (0.02 Gew.-%) auf (Tabelle 1).

Danksagung

Wir möchten uns für zur Verfügung gestellte Mineralien- und Gesteinsproben sehr herzlich bei Herrn Albert Prayer, sowie auch bei Fam. Dvorak, bedanken. Vielen Dank bei Prof. Friedrich Koller, Universität Wien, für die konstruktiven Kommentare, sowie bei Prof. John M. Hughes, University of Vermont, U.S.A., für die Korrektur des Summary.

Literatur

- ANDRUSOV, D. & ÈORNÁ, O. (1976): Über das Alter des Moldanubikums nach mikrofloristischen Untersuchungen. – *Geol. Práce, Spr.*, 65, 81-89.
- BAULUZ, B., PEACOR, D. R. & LOPEZ, J. M. G. (2000): Transmission electron microscopy study of illitization in pelites from the Iberian Range, Spain: Layer-by-layer replacement? – *Clays Clay Miner.*, 48, 374-384.
- BRINDLEY, G. W. & RADOSLOVICH, E. W. (1955): X-ray Studies of the Alteration of Soda Feldspar. – *Clays Clay Miner.*, 4, 330-336.
- BURNS, R. C. & BURNS, V. M. (1984): Optical and Mössbauer spectra of transition-metal-doped corundum and periclase. – *Adv. Ceram.*, 10, 46-61.
- CARSWELL, D. A. (1991): Variscan high P-T metamorphism and uplift history in the Moldanubian Zone of the Bohemian Massif in Lower Austria. – *Eur. J. Mineral.*, 3, 323-342.
- DAS, K., BOSE, S., OHNISHI, I. & DASGUPTA, S. (2006): Garnet-spinel intergrowths in ultrahigh-temperature granulite, Eastern Ghats, India: Possible evidence of an early Tschermak-rich orthopyroxene during prograde metamorphism. – *Am. Mineral.*, 91, 375-384.
- FECHNER, K. & GÖTZINGER, M. (1985): Zur Mineralogie eines Korund-führenden Pegmatites und seiner Reaktionszonen zum Serpentin (Kl.-Heinrichschlag W Krems, Niederösterreich). – *Mitt. Öster. Mineral. Ges.*, 130, 45-56.
- FRANK, W. (1994): Geochronology and Evolution of the south Bohemian Massif: a review. – *Mitt. Öster. Mineral. Ges.*, 139, 41-43.
- FRANK, W., SCHARBERT, S., THÖNI, M., POPP, F. & HAMMER, S. (1990): Isotopengeologische Neuergebnisse zur Entwicklungsgeschichte der Böhmisches Masse. Proterozoische Gesteinsserien und variscische Hauptorogenese. – *Österr. Beitr. Meteorol. Geophys.*, 3, 185-228.
- FREY, M. (1987): Very low-grade metamorphism of clastic sedimentary rocks. In: FREY, M. (Ed.): *Low Temperature Metamorphism*. Blackie, Glasgow and London, 9-58.
- FUCHS, G. & MATURA, A. (1976): Zur Geologie des Kristallins der südlichen Böhmisches Masse. – *Jb. Geol. B.-A.*, 119, 1-43.
- GAME, P. M. (1954): Zoisite-amphibolite with corundum from Tanganyika. – *Mineral. Mag.*, 30, 458-466.
- HELGESON, H. C., DELANY, J. M., NESBITT, H. W. & BIRD, D. K. (1978): Summary and critique of the thermodynamic properties of rockforming minerals. – *Amer. J. Sci.*, 278A, 1-229.
- KIEFERT, L., SCHMETZER, K., KRZEMNICKI, M. S., BERNHARDT, H.-J. & HÄNNI, H. A. (1996): Sapphires from Andranondambo area, Madagascar. – *J. Gemm.*, 25, 185-209.
- KOLLER, F. (1979): Ein Beitrag zur Bildung von Spinell in basischen Intrusivgesteinen des nördlichen Waldviertels, Österreich. – *Österr. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl., Anz.*, 1979, 3, 79-85.
- LANG, H. M., WACHTER, A. J., PETERSON, V. L. & RYAN, J. G. (2004): Coexisting clinopyroxene/spinel and amphibole/spinel symplectites in metatroctolites from the Buck Creek ultramafic body, North Carolina Blue Ridge. – *Am. Mineral.*, 89, 20-30.
- MILISENDA, C. C. & HENN, U. (1996) Compositional characteristics of sapphires from a new find in Madagascar. – *J. Gemm.*, 25, 177-184.

- MERCERON, T., INOUE, A., BOUCHET, A. & MEUNIER, A. (1988): Lithium-bearing donbassite and todusite from Echassie' res, Massif Central, France. – *Clays Clay Miner.*, 36, 39-46.
- MORRISON, S. J. & PARRY, W. T. (1986): Dioctahedral corrensite in Permian red beds, Lisbon Valley, Utah. – *Clays Clay Miner.*, 34, 613-624.
- NIEDERMAYR, G. (1986): 633. Diaspor, Harmotom, Korund und Prehnit aus dem Bereich von Wolfsbach, SE Drosendorf, Niederösterreich. – In: NIEDERMAYR, G., MOSER, B., POSTL, W. & WALTER, F. (1986): *Neue Mineralfunde aus Österreich XXXV. – Carinthia II*, 176, 521-547.
- PACLTOVÁ, B. (1980): Further micropaleontological data for the Paleozoic age of the Moldanubian carbonate rocks. – *Èas. Miner. Geol.*, 25, 275-279.
- PACLTOVÁ, B. (1986): Palynology of metamorphic rocks (methodological study). – *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 48, 347-356.
- PETERSON, V. L., EMILIO, M. & RYAN, J. G. (1998): P-T History and structural controls on the Buck Creek mafic-ultramafic complex, Eastern Blue Ridge, North Carolina. – In: *Program and Abstracts GSA Annual Meeting*, 26-29 October, 1998. Toronto, Canada.
- PETRAKAKIS, K. (1986a): Metamorphism of high-grade gneisses from the Moldanubian Zone, Austria, with particular reference to the garnets. – *J. Met. Geol.*, 4, 323-344.
- PETRAKAKIS, K. (1986b): Metamorphoseentwicklung in der südlichen Bunten Serie am Beispiel einiger Gneise, Moldanubikum, Niederösterreich. – *TMPM Tschermaks Min. Petr. Mitt.*, 35, 243-259.
- PETRAKAKIS, K. (1997): Evolution of Moldanubian rocks in Austria: a review and synthesis. – *J. Metam. Geol.*, 15, 203-222.
- PETRAKAKIS, K. & JAWECKI, C. (1995): High-grade metamorphism and retrogression of Moldanubian granulites, Austria. – *Eur. J. Mineral.*, 7, 1183-1203.
- SCHMETZER, K. (1987): Zur Deutung der Farbursache blauer Sapphire - eine Diskussion. – *N. Jb. Mineral. Mh.*, 1987, 337-343.
- SCHMETZER, K. & BANK, H. (1981): The colour of natural corundum. – *N. Jb. Mineral. Mh.*, 1981, 59-68.
- SCHMETZER, K., BERNHARDT, H.-J. & GÜBELIN, E.J. (2003): An anorthite-pargasite-picotite assemblage. – *J. Gemm.*, 28, 385-391.
- SIMONET, C., FRITSCH, E. & LASNIER, B. (2005): A proposed genetic classification of gem-corundum deposits. <http://www.kasigau.fr/pages/classif1pag.html> (vom 5. April 2008).
- ŚRODOŃ, J. (1999): Nature of mixed-layer clays and mechanisms of their formation and alteration. – *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 27, 19-53.
- TARAN, M. N., LANGER, K., PLATONOV, A. N. & INDUTNY, V. V. (1994): Optical absorption investigation of Cr³⁺ ion-bearing minerals in the temperature range 77-797 K. – *Phys. Chem. Minerals.*, 21, 360-372.
- WANG, H., ZHOU, J., XU, Q., LIU, C. & ZHU, M. (2003): Very low-grade metamorphism of the Mesoproterozoic and the Lower Paleozoic along the profile from Huangtudian to Xianxi in the central-northern part of Hunan Province, China. – *Science in China (Series D), Earth Sciences (English Edition)*, 46, 672-682.

received: 14.04.2008

accepted: 05.05.2008