

# Platingruppenminerale in Chromititen von Kraubath

von Frank MELCHER und Heinrich MALI

## Zusammenfassung

Eine komplexe Paragenese von Platingruppenmineralen wird aus Chromititen vom Sommergraben bei Chromwerk, Steiermark (Kraubather Ultramafit) beschrieben. Ein- und mehrphasige Einschlüsse im Chromit enthalten die Minerale Laurit, Kaschinit, Cuproiridsit, Cuprorhodsit, Ruthenium, Platin, Isoferroplatin, Sperryolith, Sulfarsenide der Elemente Ir, Ru, Rh und Pt, sowie einige unbekannte (Ni-Cu-Fe-Ir-Rh-Pt)-Sulfide oder nicht näher charakterisierbare Phasen (Pd-Sb).

## Summary

Platinum group minerals forming a complex assemblage in chromitite are described from the Sommergraben at Chromwerk, Styria (ultramafic massif of Kraubath). Chromite carries mono- as well as polyphase inclusions including the minerals laurite, kashinite, cuproiridsite, cuprorhodsite, ruthenium, platinum, sperrylite, and sulfarsenides of the elements Ir, Ru, Rh and Pt. Several unknown (Ni-Cu-Fe-Ir-Rh-Pt) sulfides or poorly characterized phases (Pd-Sb) are also described.

## Einleitung

Vor knapp 10 Jahren haben Oskar Thalhammer und Eugen Stumpfl die ersten Minerale der Platingruppenelemente (PGM) in Österreich nachgewiesen - als Einschlüsse in Chromerzen der ultramafischen Massive vom Hochgrößen und von Kraubath in der Steiermark (THALHAMMER & STUMPF, 1988; THALHAMMER et al., 1990). Wir teilen hier Neuergebnisse über weitere Funde von PGMs mit, die kürzlich im Rahmen eines vom FWF geförderten Forschungsprojektes über ultramafische Gesteine in den Ostalpen gemacht wurden.

## Geologischer Rahmen

Die ultramafischen Massive von Kraubath, Hochgrößen und Pernegg gehören dem Speik-Komplex des ostalpinen Altkristallins an, der als altpaläozoischer, deformierter und ausgedünnter Ophiolit interpretiert wird (NEUBAUER, 1988). Im Kraubather Ultramafit tritt eine Vielzahl von unterschiedlich stark serpentinisierten Gesteinen auf (HADITSCH et al., 1982). Im Zentralteil überwiegen Harzburgite und Duniten, in denen häufig noch frischer Olivin (Forsteritgehalt 91 Mol %) erhalten ist. Massige Bronzitfelse treten vor allem im Bereich der Chromitanreicherungen zwischen Sommer- und Wintergraben auf. Disseminierter Chromit ist weit verbreitet; gangförmige und schlierenförmige Chromitite sind auf stratigraphisch kontrollierte Bereiche in Duniten und Harzburgiten beschränkt. Die Hauptanreicherungen wurden früher im Bereich des Sommergrabens bergmännisch gewonnen.

## Platingruppenminerale (PGM)

Bisher waren folgende PGM aus Kraubather Chromititen bekannt: Laurit ( $\text{RuS}_2$ ) als Einschluss in Chromit, sowie Sperryolith ( $\text{PtAs}_2$ ) und verschiedene Sulfarsenide in der silikatischen Matrix von Chromit. In Chromiten vom Hochgrößen wurden außerdem Erlichmanit ( $\text{OsS}_2$ ),

Cooperit (PtS), Irarsit (IrAsS), Hollingworthit (RhAsS), Platarsit (PtAsS), Pt-Cu-Sulfarsenide, Pd-Pt-Legierungen und reine Pt-Legierungen beschrieben (THALHAMMER et al., 1990).

In polierten Anschliffen von 10 Chromitproben aus dem Haldenmaterial des alten Chrombergbaues im Sommergraben wurden kürzlich einige für Kraubath (und Österreich) neue Phasen bestimmt. Das Probenmaterial umfaßt sehr frisch erscheinende, grobkörnige und nur wenig alterierte Duniten, in denen Chromit disseminiert sowie angereichert in Schlieren und dünnen (im cm-Bereich) Gängchen auftritt. Die Chromite sind weitgehend noch nicht zu Ferritchromit oder Magnetit alteriert und weisen typisch „magmatische“ Chemismen auf (hohe Cr/Al-Verhältnisse, niedrige  $Fe^{3+}/(Fe^{3+}+Al+Cr)$ -Verhältnisse). PGM wurden fast ausschließlich in den Chromspinellen beobachtet, selten in der Silikatmatrix. In den Fällen, in denen die Einschlüsse euhedral im nicht alterierten Chromit ausgebildet sind, werden sie als „primäre“ Einschlüsse klassifiziert (Tab. 2). „Sekundäre“ Einschlüsse treten auf (1) in serpentin- oder chloritgefüllten Rissen im Chromit, (2) assoziiert mit wasserhaltigen Einschlußphasen im Chromit (Serpentin, Chlorit) oder (3) im Randbereich der Spinelle (Ferritchromitsaum) in Kontakt mit Silikatmatrix.

Das hier beschriebene Inventar umfaßt 51 diskrete PGM. Zweiundzwanzig davon (43 %) sind Laurite, von denen 12 (55 %) als Einzelphasen ohne weitere PGM (z.T. aber mit Diopsid, Chlorit, Serpentin oder Ni-Sulfiden) und 10 (45 %) in mehrphasigen Einschlüssen auftreten. Eine Aufstellung aller beobachteten mehrphasigen Einschlüsse findet sich in Tabelle 2. Für Kraubath neu sind eine Anzahl von kombinierten Buntmetall (Cu, Ni, Fe) - PGE (Ir, Rh, Pt)-Sulfiden, vor allem Mischkristalle der Reihe Cuproiridsit - Cuprorhodsit - Malanit  $[Cu(Ir,Rh,Pt)_2S_4]$ ; ein unbenanntes Ni-Cu-Fe-Ir-Rh-Sulfid; sowie das Mineral Kaschinit,  $(Ir,Rh)_2S_3$ . In mehrphasigen Aggregaten werden Einschlüsse von Ruthenium, Isoferroplatin, Platin, und Pd-Antimonid beschrieben. Sulfarsenide (Irarsit, Hollingworthit, Ruarsit, Platarsit) kommen sowohl als anhedrale Einschlüsse in Serpentin (1 Fall), als euhedrale primäre Einschlüsse in Chromit (2 Fälle) als auch in komplexen sekundären Aggregaten vor (9 Fälle). Sperryolith tritt in den untersuchten Proben nur in sehr komplexen Verwachsungen in sekundären Einschlüssen auf. Somit umfaßt die Liste der aus Kraubath bekannten PGM Spezies nunmehr 12 benannte, 1 unbenanntes und 2 nicht näher charakterisierte Minerale (Tab. 1).

**Tabelle 1.**

Platingruppenminerale in Chromiterzen von Kraubath

Mineral	Formel
Laurit	$(Ru,Os,Ir,Rh)_2S_2$
Kaschinit	$(Ir,Rh)_2S_3$
Cuproiridsit	$CuIr_2S_4$
Cuprorhodsit	$CuRh_2S_4$
Irarsit	IrAsS
Hollingworthit	RhAsS
Ruarsit	RuAsS
Platarsit	PtAsS
Sperryolith	$PtAs_2$
Isoferroplatin	$Pt_3Fe$
Ruthenium	Ru-Os-Ir
Platin	Pt-Pd
Ni-Cu-Fe-Ir-Rh Sulfid (unbenannt)	
Ni-Cu-Fe-Ir-Rh-Pt Sulfid (nicht näher identifiziert)	
Pd-Sb Mineral (nicht näher identifiziert)	

Die Untersuchungen wurden mit einer ARL-SEMQ Elektronenstrahlmikrosonde mit vier wellenlängendispersiven Spektrometern an der Abteilung für Mineralogie und Petrologie der Montanuniversität Leoben durchgeführt. Analysenbedingungen waren 25 KV Anregungsspan-

nug und etwa 20 nA Probenstrom. Als Standards dienten reine Elemente für Os, Ir, Ru, Rh, Pt, Ni, Co; Kupferkies für Cu, Fe und S; und Arsenkies für As. Sehr kleine Körner wurden mittels EDS qualitativ charakterisiert. Repräsentative Analysen sind in Tabelle 3 aufgelistet. An den größten (> 10 µm) Körnern wurden Reflexionsmessungen (in Luft) in einem Wellenlängenbereich von 420 bis 700 nm durchgeführt (Carl Zeiss Axioplan MPM 400 Mikroskop mit Photomultiplier Typ Hamamatsu R 928). Siliziumcarbid und Pyrit wurden als Standards verwendet. Messung und Auswertung erfolgten mittels Zeiss Lambda Scan Software, Version 1.45.

**Tabelle 2.**

Liste der mehrphasigen Einschlüsse in Chromiten von Kraubath mit Angaben zur Struktur und den Längen- (L) und Breiten-(B) Verhältnissen

Einschluß (Probe)	Anzahl der Phasen (ohne Silikat)	L/B in µm	Struktur/Typ	Phasen
So2/1	5	55/42	euhedral/primär	Laurit + Cuprorhodsit + Ni-reicher Cuprorhodsit + Isoferroplatin + Magnetkies (Abb. 5)
KR-So-MG	5	21/15	anhedral/sekundär	Sperryolith + Irarsit + Pd-Sb + Nickelin + Co-Ni-Sb-As
So3/6	5	55/48	anhedral/sekundär	Sperryolith + Hollingworthit + Ruarsit + Platarsit + Laurit (Abb. 7)
KR-So6/1	3	13/10	euhedral/primär	Laurit + Cuproiridsit + Ni-reicher Cuproiridsit
96-So6/2	3	9/7	euhedral/primär	Cuproiridsit + Kaschinit + Pt-Pd (+Chlorit) (Abb. 4)
So4-1/2	3	4/3	euhedral/sekundär	Hollingworthit + Laurit + Pd-Sb (+Chlorit)
96-So6/5	2	15/11	euhedral/primär	Laurit + Os-Ir-Ru (Abb. 3)
So5/1	2	2.5/1.7	subhedral/sekundär	Laurit + (Ni)Ir-As-S
So4-1/4	2	3.2/2.5	subhedral/primär?	Laurit + Ni-Ir Sulfid
So4-2/1	2	7/5	euhedral/sekundär	Laurit + Ir-Ru-Ni-As-S
So4-2/4	2	5/5	subhedral/primär?	Pentlandit + Laurit
So1	2	31/15	anhedral/sekundär	Nickelin + Ruarsit (Abb. 6)
So9/4	2	13/11	euhedral/primär	Laurit + Isoferroplatin
So3/2	2	10/8	euhedral/primär	Os-reicher Laurit + Irarsit

### Beschreibung der PGM

#### PGE-Legierungen

Os- und Ir-reiches Ruthenium ( $Ru_{50}Os_{23}Ir_{20}Rh_5Fe_3$ ) nach der Nomenklatur von HARRIS und CABRI (1991) wurde als tröpfchenförmiger Einschluß und in Verwachsung mit Laurit identifiziert (Abb. 3; Tab. 3); das Mineral zeigt sehr hohes Reflexionsvermögen (Abb. 1A). Solche ternären Legierungen im System Os-Ir-Ru sind selten und wurden vor allem aus Seifenlagerstätten beschrieben (z.B. HAGEN et al., 1990).

Ein sehr kleines (Fläche im Anschliff  $3.5 \mu m^2$ ), hoch reflektierendes Korn einer Platin-Legierung (+ Pd, Rh; mit etwa 72 % Pt) tritt in einem polyphasen Einschluß mit Ir-Rh-Sulfid, Cu-Ir-Rh-Sulfid und Chlorit auf (Abb. 4).

Anhedrale, bis  $15 \mu m$  große Körner von Isoferroplatin ( $Pt_3Fe$ , 10 Gew. % Fe) sind Bestandteile von polyphasen Aggregaten mit Laurit, Cuprorhodsit und Magnetkies (Abb. 5). Ein Reflexionsspektrum des größten Kornes (Abb. 1A) zeigt einen Verlauf ähnlich dem von TARKIAN (1987) für Pt-Fe Legierungen mit etwa 10 % Fe angegebenen.

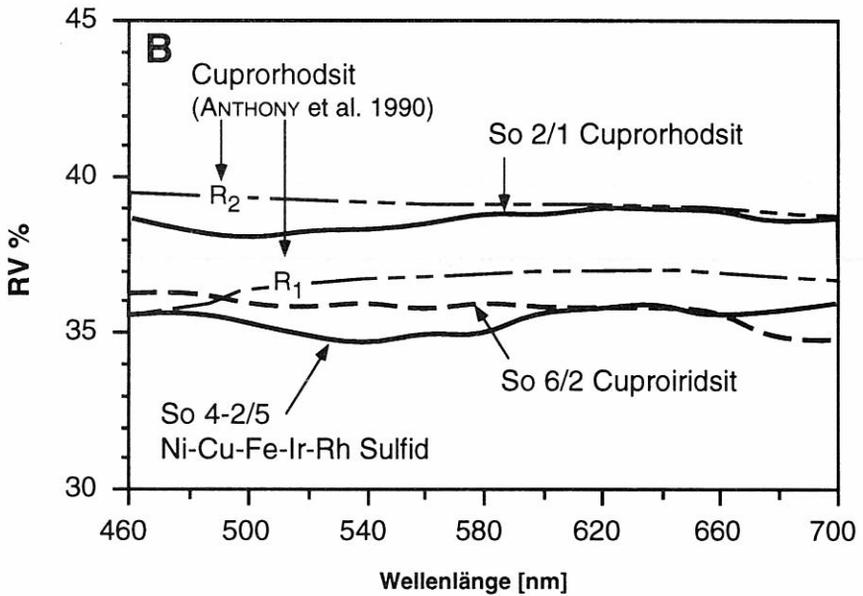
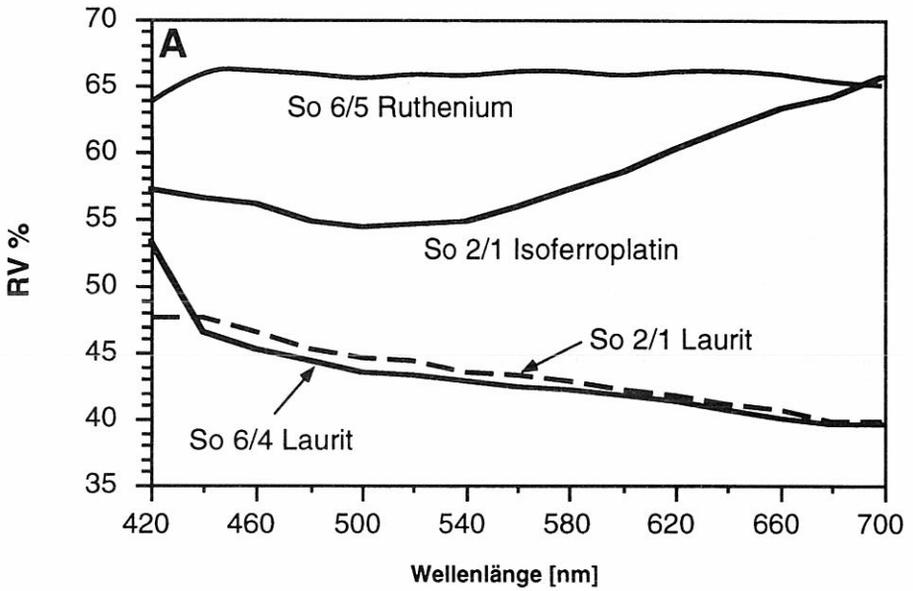


Abb. 1: Reflexionsspektren (in Luft) von Platingruppenmineralen aus Kraubather Chromititen.  
 A) Legierungen (Ruthenium, Isoferroplatin) und Laurit.  
 B) Cu-Ni-Ir-Rh-Pt-Sulfide; zum Vergleich sind R<sub>1</sub> und R<sub>2</sub> von Cuprorhodsit nach ANTHONY et al. (1990) gezeigt.



## PGE-Sulfide

Die weitaus häufigsten PGM in podiformen Chromiten allgemein, und auch in Kraubath, sind Sulfide der Mischungsreihe Laurit - Erlichmanit,  $\text{RuS}_2 - \text{OsS}_2$ . Die Minerale haben Pyritstruktur, sind mäßig hoch reflektierend ( $Y\% = 42-43$ ; Abb. 1A) bei weißgrauer Reflexionsfarbe, und sehr hart. Im Vergleich zu Pyrit oder zu den häufigen Ni-Sulfiden und Arseniden ist das Reflexionsvermögen deutlich geringer. Laurit tritt in Ausnahmen in bis zu  $50\ \mu\text{m}$  großen, meist perfekt idiomorphen Kristallen auf (Abb. 5); meist erreichen die Einschlüsse aber nur  $5-10\ \mu\text{m}$ . In den Chromiten von Kraubath wurden bisher ausschließlich Ru-dominierte Laurite nachgewiesen, mit beschränktem Einbau von Os, Ir und Rh.  $\text{Ru}/(\text{Ru}+\text{Os}+\text{Ir})$  variiert zwischen  $0.52$  und  $0.99$ ,  $\text{Os}/(\text{Ru}+\text{Os}+\text{Ir})$  zwischen  $0.01$  und  $0.32$ , und  $\text{Ir}/(\text{Ru}+\text{Os}+\text{Ir})$  zwischen  $0.00$  und  $0.13$  (Abb. 2).

In einem dreiphasigen Einschluss (mit Cuproiridsit und Pt-Pd-Legierung) tritt ein Ir- und Rh-reiches Sulfid auf (Abb. 4; Tab. 3); die Zusammensetzung entspricht dem Mineral Kaschinit  $(\text{Ir,Rh})_2\text{S}_3$ . Die Minerale der Mischungsreihe Kaschinit - Boweit kristallisieren orthorhombisch, sind schwach anisotrop, und haben graue bis graubraune Reflexionsfarben bei  $Y\%$  von  $46.3 - 47.9$ .

## PGE-Buntmetall-Sulfide

Komplexe Sulfide der Elemente Ir, Os, Rh, Pt, Ni, Cu, Co und Fe treten fast ausschließlich in mehrphasigen Einschlüssen auf. Sie sind verwachsen mit Laurit, Ir-Rh-Sulfid, und/oder einer PGE-Legierung. Sie sind selten idiomorph und meist sehr feinkörnig ( $< 10\ \mu\text{m}$ ), sodaß eine genaue optische Charakterisierung oft nicht möglich ist.

Mehrere Körner von Cu-Fe-Ir-Rh-Pt Sulfid wurden in Kraubath als Hauptbestandteile von polyphasen Einschlüssen im Chromit identifiziert (Abb. 4, 5). Diese Minerale sind Os- und Ru-frei (Tab. 3) und haben geringe Ni- und Fe-Gehalte. Sie entsprechen in ihrer Stöchiometrie einem Thiospinell der Mischreihe Cuproiridsit - Cuprorhodsit - Malanit,  $(\text{Cu,Ni,Fe})(\text{Ir,Rh,Pt})_2\text{S}_4$ . Im untersuchten Material überwiegen Ir-reiche Mischglieder [ $\text{Ir}/(\text{Ir}+\text{Rh}+\text{Pt})=0.56 - 0.73$ ], aber es tritt auch Cuprorhodsit mit  $\text{Ir}/(\text{Ir}+\text{Rh}+\text{Pt}) = 0.30$ ,  $\text{Rh}/(\text{Ir}+\text{Rh}+\text{Pt}) = 0.50$  und  $\text{Pt}/(\text{Ir}+\text{Rh}+\text{Pt}) = 0.20$  auf (Abb. 5). Häufig sind diese Thiospinelle mit Lamellen von nicht näher identifizierbaren Ni-reichen (bis  $12.4\ \text{Gew.}\% \text{ Ni}$ , und  $\text{Ni}/\text{Cu} = 2.7$ ) Ir-Rh-Pt-Sulfiden assoziiert (Abb. 5). Cuproiridsit und Cuprorhodsit wurden erstmals von RUDASHEVSKII et al. (1985) aus alluvialen Lagerstätten in Sibirien beschrieben, sind aber mittlerweile aus vielen Vorkommen unterschiedlicher Genese bekannt geworden.

Ein knapp  $6\ \mu\text{m}$  großer idiomorpher Einzeleinschluss in Chromit vom Sommergraben ergibt eine vom Thiospinell deutlich abweichende Zusammensetzung von  $(\text{Ni,Fe,Cu})_{0.62}(\text{Ir,Rh})_{0.26}\text{S}$  (Tab. 3). Solche PGE-Buntmetall Sulfide mit komplexer, wechselnder Stöchiometrie sind relativ häufig in den Chromiten des Südural (Kempirsai); dort wurde eine Summenformel von  $(\text{Ni,Cu,Fe})_{0.12-0.65}(\text{Ir,Os,Rh})_{0.21-0.92}\text{S}_{0.90-1.40}$  angegeben (MELCHER et al., 1994; MELCHER et al., 1997). Diese sehr feinkörnigen Minerale sind noch nicht näher charakterisiert, obwohl sie auch in einigen anderen Chromiterzen weltweit beschrieben wurden (z.B. AUGÉ, 1988; STOCKMAN & HLAVA, 1984; GARUTI et al., 1995; TORRES-RUIZ et al., 1996). Einige dieser Minerale bilden wahrscheinlich Mischkristalle einer Hochtemperatur-PGE-Millerit-Phase,  $(\text{Ni,PGE})_{1-x}\text{S}$ . DALTRY und WILSON (1997) listen in einer aktuellen Zusammenfassung allein 7 unbekannte Phasen auf, in denen die Elemente Ni, Fe, Cu, Ir, Rh und S enthalten sind.

Alle genannten PGE-Buntmetall-Sulfide haben graue Reflexionsfarben mit bräunlichem Stich bei einem Reflexionsvermögen deutlich unter dem von Laurit. Die Intensität der Reflexion steigt zum Teil schwach zu höheren Wellenlängen an (Abb. 1B). Insgesamt ist die Reflexion aber niedriger als bei allen anderen bekannten PGM (TARKIAN & BERNHARDT, 1984).  $Y\%$  liegt für den Cuprorhodsit von Abb. 1b bei  $38.5\ \%$  und für den Cuproiridsit etwas niedriger. Das Ni-reiche Ir-Rh-Sulfid zeigt ein, wahrscheinlich auf Grund der geringen Korngröße weniger gut definiertes, etwas abweichendes Spektrum mit  $Y\% = 35\ \%$ .

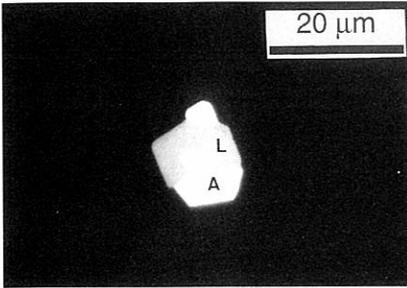


Abb. 3

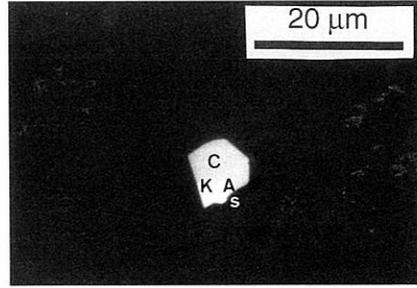


Abb. 4

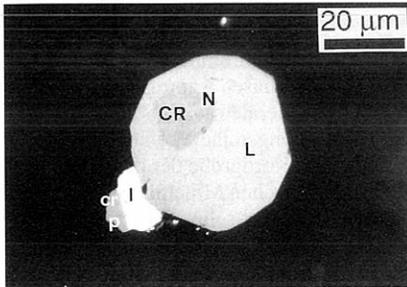


Abb. 5

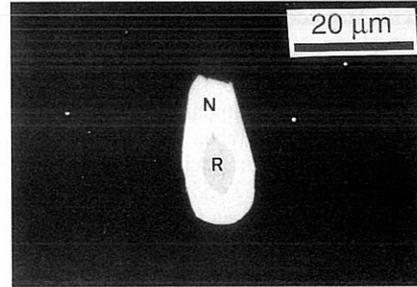


Abb. 6

Abb. 3: Primärer zweiphasiger Einschluß in Chromit (So 6/5). L = Laurit; A = Ru-Os-Ir-Legierung (drei diskrete Körner). Auflicht, Ölimmersion.

Abb. 4: Primärer mehrphasiger Einschluß in Chromit (So 6/2). C = Cuproiridsit; K = Kaschinit; A = Pt-Pd-Legierung; s = Silikat (Chlorit). Auflicht, Ölimmersion.

Abb. 5: Primärer mehrphasiger Einschluß in Chromit (So 2/1). L = Laurit; CR = Cuprorhodisit; N = Ni-reiches Ir-Rh-Pt-Sulfid; I = Isoferroplatin; p = Pyrrhotin. Zwischen CR und N ist eine dünne Lamelle (Fe-reich, nicht näher identifizierbar) im Cuprorhodisit erkennbar. Auflicht, Ölimmersion.

Abb. 6: Sekundärer zweiphasiger Einschluß in Chromit (So 1). N = Nickelin; R = Ruarsit. Auflicht, Ölimmersion.

### PGE-Sulfarsenide

Minerale der isomorphen Reihen Irarsit (IrAsS) - Hollingworthit (RhAsS) - Platarsit (PtAsS) (kubisch) und Osarsit (OsAsS) - Ruarsit (RuAsS) (monoklin) sind in Kraubather Chromit meist an sekundäre Einschlüsse gebunden. Die Zusammensetzungen reichen von reinem Irarsit und Ruarsit bis zu komplexen Ir-Rh-Pt-Ru-Sulfarseniden (Tab. 3). Maximale Korngrößen bei einphasigen Mineralen liegen bei  $22 \times 15 \mu\text{m}$ . Die Minerale zeigen graue oder weiße bis gelbliche Reflexionsfarben. Das Reflexionsvermögen ist ähnlich oder höher als das von Laurit ( $R_{546\text{nm}} 44-48\%$  für Irarsit,  $42-44\%$  für Ruarsit,  $49-52\%$  für Hollingworthit,  $50\%$  für Platarsit; TARKIAN & BERNHARDT, 1984; ANTHONY et al., 1990). Sulfarsenide treten häufig zusammen mit Serpentinmineralen auf und bilden meist polyphase Einschlüsse mit PGE-Sulfiden, -Legierungen und -Arseniden (Abb. 6). Besonders häufig sind im untersuchten Material Reaktionstexturen zwischen Sperrylith und Ni-Co-Arseniden und -Antimoniden sowie Laurit (Abb. 7). In beiden Fällen bilden sich Ir-Rh-Pt-reiche Sulfarsenidsäume um Sperrylith aus.

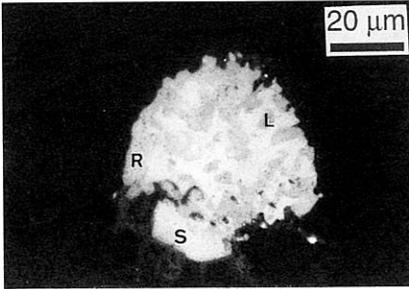


Abb. 7: Sekundärer mehrphasiger Einschluß in Chromit (So 3/6). S = Sperrylith, hell; R = Ru-Rh-Pt-Sulfarsenide, mittelgrau; L = Laurit, dunkler grau. Auflicht, Ölimmersion.

Abb. 7

## PGE-Arsenide und -Antimonide

Sperrylith,  $PtAs_2$ , tritt relativ häufig als interstitielles Mineral in Chromitit von Kraubath auf (THALHAMMER et al., 1990). Er wurde als Bestandteil eines polyphasen Aggregats aus Ni-Co-Arseniden und -Antimoniden, Ir-Rh-Pt-Sulfarsenid und Pd-Sb-Mineralen als Einschluß in Chromit vom Sommergraben identifiziert. Außerdem ist er das Ausgangsmineral einer komplexen Verdrängungstextur durch Sulfarsenide und Laurit (Abb. 7). Die Korngröße der hoch reflektierenden ( $R_{546nm} = 52 - 55 \%$ ; TARKIAN & BERNHARDT, 1984) kubischen Minerale ist kleiner als  $10 \mu m$ . In podiformen Chromiten ist Sperrylith im allgemeinen sehr selten; er ist jedoch ein Hauptplatinierzmineral in stratiformen, sulfidgebundenen Lagerstätten wie Bushveld, Stillwater, Sudbury u.a.

Eine winzige Pd-Sb-Phase wurde in einem polyphasen Korn mit Sperrylith und Irarsit-Hollingworthit in Chromit vom Sommergraben identifiziert.

## Weitere mit Chromit assoziierte Phasen

Als Einschluß im Chromit wurden Digenit, Pentlandit und Ni-Arsenide beobachtet. In Rissen im Chromit und in der Matrix treten weiters Arsenkies, Nickelin, Heazlewoodit und ein Zinn-Sulfid (!) auf.

In Chromspinell von Kraubath, vor allem aber vom Hochgrössen, können teilweise massenhaft Flüssigkeitseinschlüsse beobachtet werden. Solche Einschlüsse treten häufig in sekundären Trails und in metamorphogenen Anwachssäumen von Ferritchromit um magmatische Chromite auf.

## Diskussion

Die hier beschriebenen Platingruppenminerale aus Kraubather Chromititen ergänzen im wesentlichen die Beobachtungen von THALHAMMER et al. (1990). Auch bei unseren Untersuchungen stellte sich heraus, daß die PGM in zwei texturellen und genetischen Assoziationen vorkommen: als euhedrale (selten anhedrale) Einschlüsse in nicht alteriertem Chromit, ohne Kontakt zu wasserhaltigen Einschlußphasen ( $\Rightarrow$  primäre Einschlüsse; Tab. 2) oder als anhedrale (selten euhedrale) Einschlüsse in Serpentin/Chloritmatrix oder assoziiert mit diesen Mineralen im Chromit ( $\Rightarrow$  sekundäre Einschlüsse; Tab. 2). Dies ist typisch für sehr viele podiforme Chromite in Mantelrestiten von Ophiolitkomplexen. Die primären Einschlüsse werden meist als Hochtemperaturbildungen vor oder während der Chromitkristallisation angesehen, während die sekundären Einschlüsse auf Umverteilungen der PGE unter Zufuhr von As (und Sb) während der Serpentinisierung zurückzuführen sind (MELCHER et al., 1997). Ein ähnliches Modell kann auch für Kraubath gelten; hier sind jedoch einige Punkte zu beachten, die zeigen, daß das Kraubather Ultramafitmassiv keineswegs einen Teil eines „normalen“ paläozoischen Ophiolitkomplexes darstellt. So ist zum Beispiel das Inventar an PGM außergewöhnlich vielfältig und durch

Phasen geprägt, die normalerweise eher in stratiformen Chromitlagerstätten oder in Ultramafiten des Alaska-Typs und deren assoziierten Seifenlagerstätten auftreten (z.B. Cuprorhodisit, Isoferroplatin, Ruthenium, Sperryolith). Sehr ähnliche Minerale wurden auch aus dem Lherzolith-Massiv von Ojén (Süd-Spanien) und aus dem Phlogopit-Peridotit von Finero (Ivrea Zone; Schweiz/Italien) beschrieben (FERRARIO und GARUTI, 1990; GARUTI et al., 1995). Typische ophiolitische Chromitite (z.B. Vourinos, Griechenland; Troodos, Zypern; Tiébaghi, Neukaledonien; AUGÉ, 1988) sind durch eine wenig variable Mineralogie gekennzeichnet, die im wesentlichen die Minerale Laurit-Erlichmanit sowie Os-Ir-Legierungen umfaßt. Es gibt jedoch einige wenige ophiolitische Vorkommen, in denen ebenfalls eine speziereiche Vergesellschaftung vorliegt, z.B. auf den Shetland-Inseln und fallweise im Südural (MELCHER et al., 1997). Interessant ist auch, daß in Kraubath diskrete PGM aller 6 Platingruppenelemente vorliegen. Das resultiert in ungewöhnlichen chondrit-normalisierten PGE-Verteilungsmustern (THALHAMMER et al., 1990): Rh, Pt und Pd sind nicht abgereichert wie in vielen ophiolitischen Chromititen (MELCHER et al., 1994), sondern zeigen zum Teil Anreicherungen gegenüber Os, Ir und Ru. Die Chromitite von Kraubath zeigen in dieser Beziehung mehr Affinitäten zu Kumulaten ultramafischer Schmelzen als zu residualen Mantelgesteinen. Im Rahmen dieses FWF-Projektes wurden durch Dr. T. Meisel (Allgemeine und Analytische Chemie, MU Leoben) Analysen der Re-Os-Isotopenzusammensetzung von Chromiten aus Kraubath und vom Hochgrössen durchgeführt. Das  $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$  Verhältnis ist typisch für subozeanischen Erdmantel mit einer mesozoischen Aufschmelzungsgeschichte (MEISEL et al., 1997). Dieses Ergebnis hat einige Konsequenzen, wird doch der Speik-Komplex als altpaläozoische Ophiolitsequenz interpretiert (STUMPFL und EL AGEED, 1981; NEUBAUER, 1988). Solange jedoch die Metamorphosegeschichte der ultramafischen Massive im Speik-Komplex nicht näher geklärt ist, kann über die Ursachen der ungewöhnlichen PGE-Mineralie und Verteilungsmuster und der inkonsistenten Os-Isotopie nur spekuliert werden. Wir erhoffen, aus der Untersuchung der Gesamtgesteins- und Isotopenzusammensetzung inklusive PGE und Seltenen Erden in Kürze mehr über dieses Problem zu erfahren. Die Untersuchung der Platingruppenmineralogie der ultramafischen Komplexe ermöglicht dabei eine wichtige mineralogische Kontrolle der geochemischen Untersuchungen.

### Dank

Diese Arbeit wurde dankenswerterweise vom Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (Wien) finanziell unterstützt (Projekt P 12323-CHE an F. MELCHER). Wir danken Herrn Prof. E.F. STUMPFL und Univ.-Doz. Dr. O. THALHAMMER für stetiges Interesse und Anregungen. Für wertvolle Hilfe bei der Mikrosondenanalytik und die Ausarbeitung der Fotos sind wir Herrn Helmut MÜHLHANS, und bei den Reflexionsmessungen Mag. Monika FEICHTER zu Dank verpflichtet.

### Literatur

- ANTHONY, J.W., BIDEAUX, R.A., BLADH, K.W. und NICHOLS, M.C. (1990): Handbook of Mineralogy. Volume I: Elements, Sulfides, Sulfosalts. - Mineral Data Publishing, Tucson, Arizona.
- AUGÉ, T. (1988): Platinum-group minerals in the Tiébaghi and Vourinos ophiolitic complexes: Genetic implications. - *Can. Mineral.* 26, 177-192.
- DALTRY, V.D.C. und WILSON, A.H. (1997): Review of platinum-group mineralogy: compositions and elemental associations of the PG-minerals and unidentified PGE-phases. - *Mineral. Petrol.* 60, 185-229.
- FERRARIO, A. und GARUTI, G. (1990): Platinum-group mineral inclusions in chromitites of the Finero mafic-ultramafic complex (Ivrea-Zone, Italy). - *Mineral. Petrol.* 41, 125-143.
- GARUTI, G., GAZZOTTI, M. und TORRES-RUIZ, J. (1995): Iridium, rhodium, and platinum sulfides in chromitites from the ultramafic massifs of Finero, Italy, and Ojén, Spain. - *Can. Mineral.* 33, 509-520.
- HADITSCH, J.G., KRAUSS, P. und YAMAC, D. (1982): Beiträge für eine lagerstättenkundliche Beurteilung hinsichtlich einer hydrometallurgischen Verwertung der Kraubather Ultramafitmasse. - *Mitt. Abt. Geol. Landesmuseum Joanneum*, 42, 23-78.

- HAGEN, D., WEISER, Th. und HTAY, T. (1990): Platinum-group minerals in quaternary gold placers in the Upper Chindwin area of northern Burma. - *Mineral. Petrol.*, 42, 265-286.
- HARRIS, D.C. und CABRI, L.J. (1991): Nomenclature of platinum-group element alloys: review and revision. - *Can. Mineral.*, 29, 231-237.
- MELCHER, F., STUMPFL, E.F. und DISTLER, V. (1994): Chromite deposits of the Kempirsai massif, southern Urals, Kazakhstan. - *Trans. Instn. Min. Metall. (Sect. B: Appl. earth sci.)*, 103, B107-120.
- MELCHER, F., GRUM, W., SIMON, G., THALHAMMER, T.V. und STUMPFL, E.F. (1997): Petrogenesis of the ophiolitic giant chromite deposits of Kempirsai, Kazakhstan: a study of solid and fluid inclusions in chromite. - *J. Petrol.*, 38, 1419-1458.
- MEISEL, T., MELCHER, F., TOMASCAK, P., DINGELDEY, C. und KOLLER, F. (1997): Re-Os isotopes in orogenic peridotite massifs in the Eastern Alps, Austria. - *Chem. Geol.*, 143, 217-229.
- NEUBAUER, F. (1988): Bau und Entwicklungsgeschichte des Rennfeld-Mugel- und des Gleinalm-Kristallins (Ostalpen). - *Abh. Geol. B.-A.*, 42, 1-137.
- RUDASHEVSKII, N.S., MENSNIKOV, YU P., MOCHALOV, A.G., TRUBKIN, N.V., SHUMSKAYA, N.I. und ZHDANOV, V.V. (1985): Cuprorhodsite  $CuRh_2S_4$  and cuproiridsite  $CuIr_2S_4$  - new native thiospinels of the platinum group elements. - *Zapiski Vses. Mineral. Obshch.*, 114, 187-195 (in Russisch).
- STOCKMAN, H.W. und HLAVA, P.F. (1984): Platinum-group minerals in Alpine chromitites from southwestern Oregon. - *Econ. Geol.*, 79, 491-508.
- STUMPFL, E.F. und EL AGEED, A. (1981): Hochgrößen und Kraubath - Teile eines paläozoischen Ophiolitkomplexes. - *Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum*, 42, 161-169.
- TARKIAN, M. (1987): Compositional variations and reflectance of the common platinum-group minerals. - *Mineral. Petrol.*, 36, 169-190.
- TARKIAN, M. und BERNHARDT, J. (1984): A key-diagram for the optical determination of platinum-group minerals. - *TMPM Tschermaks Min. Petr., Mitt.* 33, 121-129.
- THALHAMMER, O.A.R. und STUMPFL, E.F. (1988): Platinum-group minerals from Hochgrößen ultramafic massif, Styria: first reported occurrence of PGM in Austria. - *Trans. Instn. Min. Metall. (Sect. B: Appl. earth sci.)*, 97, B77-82.
- THALHAMMER, O.A.R., PROCHASKA, W. und MÜHLHANS, H.W. (1990): Solid inclusions in chrome-spinels and platinum group element concentrations from the Hochgrößen and Kraubath Ultramafic Massifs (Austria). - *Contrib. Mineral. Petrol.*, 105, 66-80.
- TORRES-RUIZ, J., GARUTI, G., GAZZOTTI, M., GERVILLA, F. und FENOLL HACH-ALI, P. (1996): Platinum-group minerals in chromitites from the Ojen Iherzolite massif (Serranía de Ronda, Betic Cordillera, Southern Spain). - *Mineral. Petrol.*, 56, 25-50.

Anschrift der Verfasser:

Dr. Frank MELCHER  
 Institut für Geowissenschaften  
 Abteilung für Mineralogie und Petrologie  
 Montanuniversität  
 Peter-Tunnerstrasse 5  
 A-8700 Leoben

Dr. Heinrich MALI  
 Institut für Geowissenschaften  
 Abteilung für Geologie und Lagerstättenlehre  
 Montanuniversität  
 Peter-Tunnerstrasse 5  
 A-8700 Leoben

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der Abteilung für Mineralogie am Landesmuseum Joanneum](#)

Jahr/Year: 1998

Band/Volume: [62-63](#)

Autor(en)/Author(s): Melcher Frank, Mali Heinrich

Artikel/Article: [Platingruppenminerale in Chromititen von Kraubath 39-48](#)