

## **Geochemie und Vererzung im Kraubath-Massiv, südöstlich von Kraubath an der Mur, Steiermark, Österreich**

Peter KOLLEGER, Aberra MOGESSIE und Heinz MALI

### **Mit 4 Kartenbeilagen**

**Zusammenfassung:** Im ersten Schritt der Untersuchungen am Kraubath-Massiv wurden die Vorkommen von Chrom, Nickel, Eisen und Mangan durch statistische Bearbeitung von Gesamtgesteinsanalysen evaluiert. Hierbei konnten ältere Arbeiten zur lokalen und regionalen Verbreitung der besprochenen Elemente relativiert werden. Zudem konnten durch die Ermittlung von etwaigen Korrelationen der analysierten Elemente und Oxide Zusammenhänge zwischen dem Auftreten der zu betrachtenden Metalle hergestellt werden. Durch den Vergleich der Obertage-Gesamtgesteinsanalysen mit Untertageproben einer Kernbohrung im Zentralteil des Massivs wurden die Einflüsse der Verwitterung und Alteration und weiterhin Konzentrationsschwankungen von Chrom, Nickel, Eisen und Mangan auf lokalem Maßstab ermittelt.

Im zweiten Schritt wurde die Widerspiegelung der im Gestein anzutreffenden Metall-Elementkonzentrationen, mit besonderem Augenmerk auf das Auftreten von Chrom, in den Sedimenten von Fließgewässern mit Einzugsgebieten im Areal des Kraubath-Massivs untersucht. Nach der Diskriminierung der Einzugsgebiete, welche teilweise über das Kraubath-Massiv hinausreichen, konnten richtungsweisende Anomalien der Elementkonzentrationen für mögliche, weitere Prospektionen, insbesondere auf Chrom, herausgefunden werden.

Durch umfangreiche Literaturrecherchen wurde versucht, alle massiven Chromitvererzungen, auf die in den letzten 150 Jahren Abbautätigkeit umgegangen ist, wieder aufzufinden um die entsprechenden Erze weiterführenden Untersuchungen zuzuführen. Im ersten Schritt dieser Untersuchungen wurden Chrom-Spinelle und Silikate sowie deren feste Einschlüsse von Metallverbindungen und Platingruppenmineralen durch- und auflichtmikroskopisch untersucht. Im zweiten Schritt, der elektronenmikroskopischen Untersuchung, konnten bei den Chrom-Spinellen, wie bereits mannigfaltig in der Literatur beschrieben, Zonierungen festgestellt werden. Im Zuge der Untersuchung der festen Einschlüsse wurde ein bisher im Kraubath-Massiv noch nicht beschriebenes Mineral angetroffen. Zur Abrundung dieser Arbeit wurde das Auftreten und Erscheinungsbild von Platingruppenmineralen untersucht.

**Summary:** During the first stage investigation of the Kraubath massif, the occurrence of chromium, nickel and manganese were evaluated using statistical methods. Based on this the conclusion made by earlier researchers on the local and regional distribution of the elements has been reconsidered. In addition, based on correlation of the analysed elements and oxides, it was possible to find out the relationship between the expected elements and the elements that are actually concentrated in the area of investigation. A comparison of bulk chemical analyses of surface and core samples from the center of the massif show the influence of weathering and alteration which led to local fluctuating concentrations in chromium, nickel, iron and manganese.

The second stage of the investigation dealt with the analyses of chromium in the stream sediments along the central Kraubath massif in order to correlate its concentration in chromite bearing rocks in the study area. Based on this data, areas of chromium anomaly have been documented in the Kraubath massif and its surrounding areas, which could be used for further prospection.

An intensive literature search has been conducted in order to document the reports that have been written on the chromite mining activities of the area for the last 150 years, with the aim of using this database for further research. Investigation of the chrome-spinel and the rock-forming silicates plus the sulphide, metal and platinum-group-mineral inclusions has been made using transmitted and reflected light microscopy. Textural and chemical analyses of the chrome spinel was undertaken and the optical and chemical zoning of the chrome spinel was documented. In addition, a solid inclusion which has not been reported from rocks of the Kraubath massif has been detected. To make this research as complete as possible the occurrence and chemistry of the platinum-group-minerals has been conducted.

## 1. Einleitung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Dokumentation und Interpretation von Gesamtgesteinsanalysen auf statistischer Basis, dem Vergleich von obertage und untertage Messergebnissen, lokalen und regionalen Element-Konzentrationsverteilungen und deren Widerspiegelung in Bachsedimenten, der petrologischen und mineralogischen Beschreibung der auftretenden Chromitvererzungen und der Analyse von festen Einschlüssen sowie von auftretenden Platingruppenmineralen.

Das Kraubath-Massiv ist seit über 150 Jahren Ziel bergmännischer Abbautätigkeit, einerseits von Erzen, wie der Chromitabbau der Bereiche Sommergraben, Wintergraben und Mitterberg oder jener der Eisenerze des Lichtensteiner Berges und andererseits von Gesteinsmassen, wie der Abbau der

Hartsteinwerke Preg oder die Gewinnung von ultramafischen Massen zur Herstellung von Feuerfestmaterialien im Bereich des Lobminggrabens. Aus diesem Grunde findet sich mannigfaltige Literatur, die sich mit diesem Gebiet beschäftigt, doch eine zusammenfassende Arbeit zum Auftreten und Erscheinungsbild der Chromitvererzungen wurde bis dato noch nicht verfasst. Durch umfangreiche Literaturrecherchen in den Archiven der Geologischen Bundesanstalt, dem Landesmuseum Joanneum und der Montanbehörde Süd in Leoben konnte der Großteil der vererzten Bereiche wieder gefunden und beprobt werden.

## **2. Lage des Arbeitsgebietes**

Das Kraubath-Massiv befindet sich im Bereich des Murtales im Bundesland Steiermark in Österreich, südlich des Ortes Kraubath an der Mur. Es besitzt eine ostnordost-west-südwestliche Ausdehnung von ca. 13 km, bei einer maximalen Breite von ca. 2,5 km, wobei die Seehöhen der aufgeschlossenen Bereiche zwischen 580 bis 1155 m variieren. (Karte 1)

## **3. Allgemeiner geologischer Rahmen**

Das Kraubath-Massiv stellt einen Teil des Speik-Komplexes im mittelostalpinen Basement der Muriden Einheit dar und liegt tektonisch auf dem spät-proterozoischen bis früh-paläozoischen Kernkomplex, einer magmatic arc Entwicklung (NEUBAUER & FRISCH, 1993). STUMPFL & EL AGEED (1981) beschreiben das Kraubath-Massiv als stark deformierten und metamorphen Ophiolith-Komplex. Im Vergleich zu den anderen in der mittelostalpinen Decke auftretenden ultramafischen Gesteinsassoziationen, den Hochgrößen- und Pernegg-Komplexen, weisen die Kraubather Gesteine geringe Serpentinisierungsgrade und höhere Gehalte an reliktschen Olivin, Orthopyroxenen und Chrom-Spinellen auf (MELCHER et al., 2002; ANGEL, 1964). Das morphologische Erscheinungsbild zeigt eine langgestreckte Linsenform, welche im Süden vorwiegend durch Amphibolite und im Norden durch saure kristalline Schiefer begrenzt wird. Mineralogisch ist des Kraubath-Massiv hauptsächlich aus Duniten und Harzburgiten mit vereinzelt Linsen von grobkörnigen Orthopyroxeniten ("Bronziten") und Amphiboliten aufgebaut (HADITSCH, 1981; HIESSLEITNER, 1953). (Karte 1)

#### **4. Geologie der vererzten Bereiche**

Die Chrom-Spinelle treten einerseits als podiforme Schlieren-Typ Konzentrate und andererseits als kleine gebänderte Körper sowie in disseminierter Form in den Serpentiniten und den serpentinierten Duniten auf. Während der Serpentinisierung und Metamorphose fanden Alterationen statt, welche zu einer Zonierung der Chromite führten, die in den chromreichen Kernbereichen den geringsten Einfluss hatten und in Richtung des Randes zu Abreicherungen an Cr, Al und Mg sowie Anreicherungen an  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  und Ni führten (THALHAMMER et al., 1990). Innerhalb der Chromite treten neben silikatischen Einschlüssen Fe, Ni und Cu Sulfide und Arsenide sowie Minerale der Platingruppenelemente, hauptsächlich Ru, Ir und Os Sulfide und Legierungen auf. Erhöhte Konzentrationen an Rh, Pd und Pt im Bezug zu anderen ophiolitischen, podiformen Chromiten werden durch THALHAMMER et al. (1990) und MALITCH et al. (2001) beschrieben. Insgesamt konnten in den Kraubather Chromiten 35 Minerale der Edelmetalle gefunden werden, wobei kompositionelle Unterschiede zwischen den podiformen und gebänderten Vorkommen aufgetreten sind (MALITCH et al., 2003).

#### **5. Statistische Untersuchungen**

##### **5.1. Statistische Auswertung von Gesamtgesteinsanalysen bezüglich Chrom, Nickel, Eisen und Mangan**

Zur statistischen Auswertung der Vorkommen von Chrom, Nickel, Eisen und Mangan in den Gesteinen des Kraubath-Massivs wurden geochemische Analysen von PETERSEN-KRAUB (1978) herangezogen. Von den insgesamt 215 Proben wurden nur jene ausgewählt, welche von PETERSEN-KRAUB (1978) als unverwittert beschrieben und in Form von Presstabletten mittels Röntgenfluoreszenzspektralanalyse ausgewertet wurden. Als mittlere totale Analysenfehler werden von diesem Autor für die Elemente Cr 1,99 %, Ni 1,89 %, Fe 0,52 % und Mn 1,32 % angegeben, wobei sich diese Werte aus zählstatistischen, apparativen und präparativen Fehlern zusammensetzen.

### 5.1.1. Häufigkeitsverteilungen der zu untersuchenden Elemente und Oxide

Zur Bestimmung der Häufigkeitsverteilung von Cr, Ni, Mn und Fe wurden 174 Proben herangezogen und die absolute Häufigkeit der gemessenen Werte nach Klassen ermittelt. In einem zweiten Schritt wurden die logarithmierten Konzentrationen in Bezug zu ihren Häufigkeiten gesetzt. (Abb. 1 a-d)

Zur numerischen Ermittlung der Häufigkeiten wurden arithmetisches Mittel, Standardabweichung, Minima und Maxima, die 25, 50 und 75 % Quantilen, der Modalwert sowie Varianz, Standardabweichung, Schiefe und Kurtosis ermittelt. (Tab. 1)

Die Konzentration des Chromanteils liegt im Mittel bei 0,32 Gew.% wobei Werte über 0,60 bzw. unter 0,10 Gew.% statistisch vernachlässigt werden können. Die Form des Histogramms folgt unter statistischen Gesichtspunkten einer zufälligen Verteilung, wobei mit Hilfe von Tests am ehesten an eine logarithmische Normalverteilung mit sehr geringen Testwerten (Shapiro-Wilk normality-test) angenähert werden kann. Die besondere Häufigkeit der Klasse von 0,20 – 0,30 Gew.% tritt hervor. Werte zwischen 0,20 und 0,50 Gew.% treten in 88 % der Proben auf und können als statistische Basis herangezogen werden. (Abb. 1a)

Die Konzentration des Nickelanteils liegt im Mittel bei 0,20 Gew.% wobei die Werte zwischen den Klassen 0,00 und 0,30 Gew.% stark streuen. Die Hauptkonzentration liegt in einem Bereich von 0,17 – 0,24 Gew.% und Werte über 0,30 Gew.% können statistisch vernachlässigt werden. Der Häufigkeitsverlauf zeigt weder in Absolutwerten noch logarithmisch oder exponentiell eine normalverteilte Form, worauf auch die hohen Schiefewerte hinweisen. (Abb. 1b)

Die  $\text{FeO}_{\text{total}}$  Werte der analysierten Proben streuen in ihren natürlichen logarithmischen Konzentrationswerten um den arithmetischen Mittelwert von ca. 7,5 Gew.% in angenäherter, normalverteilter Form. Der relativ geringe statistische Testwert (Shapiro-Wilk normality-test: LOG-NORMAL p-value = 0.004269) liegt immer noch erheblich unter dem Grenzwert von 0,05 weshalb statistisch nicht von einer Normalverteilung gesprochen werden sollte. Die leichten Schiefewerte ergeben sich aus den erhöhten Häufigkeiten der Klassen von 6,5 bis 7,5 Gew.%. Werte unter 5,5 bzw. über 10 Gew.% können statistisch vernachlässigt werden, wobei die Werte 6,8 und 8,2 Gew.% die 25 bzw. 75 % Quantilen ausmachen. (Abb. 1c)

Die ermittelten MnO Konzentrationen zeigen eine besondere Häufung in der Klasse von 0,10 bis 0,15 Gew.% wobei das arithmetische Mittel bei 0,14 Gew.% liegt und keine Normalverteilungsform feststellbar ist. Ergebnisse unter 0,10 Gew.% wurden nicht ermittelt und Werte über 0,20 Gew.% können statistisch vernachlässigt werden. (Abb. 1d)

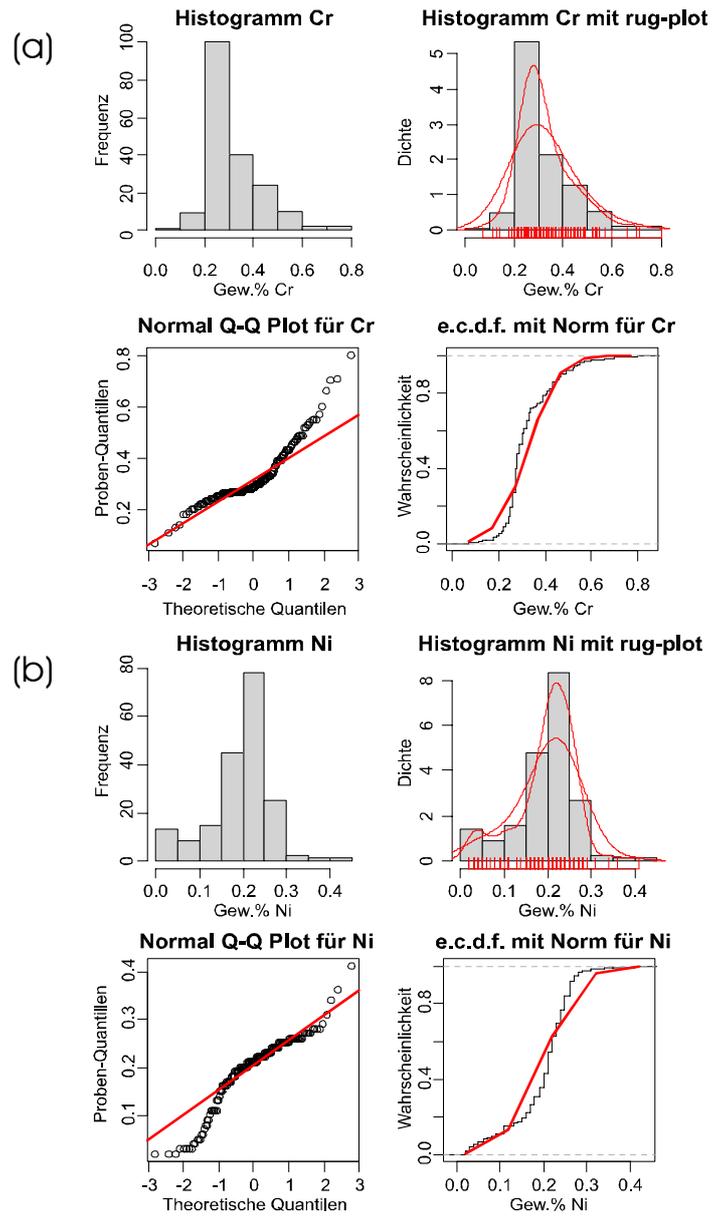


Abb. 1: Häufigkeitsverteilungen der Elemente und Oxide: Cr, Ni, MnO und FeO<sub>total</sub> (Gesamtgesteinsanalysen PETERSEN-KRAUB, 1978)

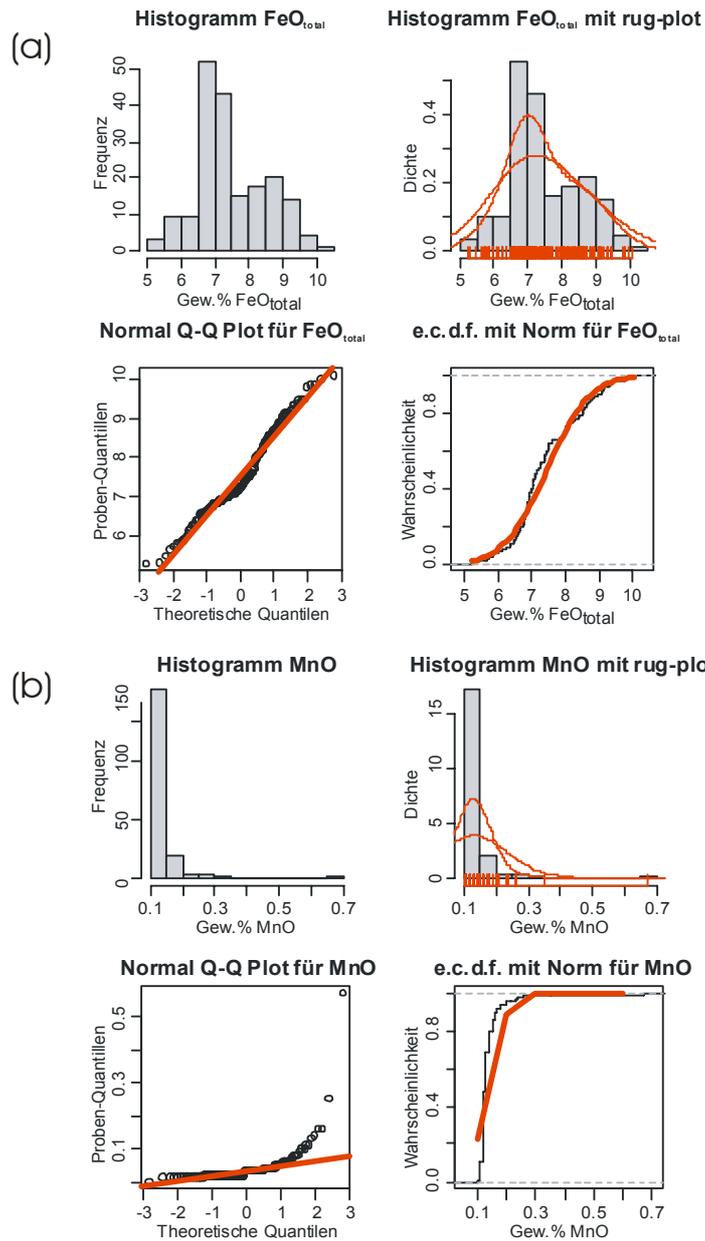


Abb. 1 (Fortsetzung): Häufigkeitsverteilungen der Elemente und Oxide: Cr, Ni, MnO und FeO<sub>total</sub> (Gesamtgesteinsanalysen PETERSEN-KRAUB, 1978)

Tab. 1: Numerische Ermittlung der Häufigkeiten (Gesamtgesteinsanalysen PETERSEN-KRAUB, 1978)

	Minimum	1. Quantile	Median	Mittelwert	3. Quantile
Cr	0,07	0,26	0,29	0,33	0,37
Ni	0,02	0,17	0,21	0,20	0,24
FeO <sub>total</sub>	5,26	6,81	7,20	7,47	8,17
MnO	0,10	0,12	0,13	0,14	0,17

	Maximum	Varianz	Standard- abweichung	Schiefe	Kurtosis
Cr	0,80	0,012	0,109	1,368	2,635
Ni	0,41	0,005	0,068	-0,788	0,849
FeO <sub>total</sub>	10,07	1,044	1,022	0,439	-0,387
MnO	0,67	0,002	0,050	7,306	70,363

### 5.1.2. Korrelationen der Konzentrationswerte:

Zur Bestimmung der Korrelationskoeffizienten wurden wiederum 174 repräsentative Proben herangezogen, welche den Ansprüchen der Unverwittertheit entsprechen. Für Cr, Ni, FeO<sub>total</sub>, MnO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO und CaO wurden die Koeffizienten bezüglich der restlichen analysierten Elemente bzw. Oxide ermittelt und graphisch dargestellt. (Abb. 2)

Das Element Cr zeigt sehr geringe Korrelationskoeffizienten mit einem Maximalwert von 0,26 bezüglich SiO<sub>2</sub>. Daraus lässt sich erkennen, dass sich der Cr-Gehalt unabhängig von der Gesamtchemie verhält und es, außer in Bereichen der Kummulatbildung, keine außergewöhnlichen Abreicherungen oder Anreicherungen im Zuge einer Differentiation gibt.

Die Ni-Konzentrationen der Proben korrelieren stark positiv mit den Gehalten an MgO sowie relativ stark negativ mit CaO und SiO<sub>2</sub>, woraus auf einen Zusammenhang mit der Olivin-Konzentration geschlossen werden kann. Aus den Diagrammen ist die steigende Ni Konzentration bei steigenden MgO- und gleichzeitig sinkenden CaO und SiO<sub>2</sub>-Gehalten gut erkennbar. (Abb. 3)

Aufgrund der geringen Mangan-Konzentrationen von durchschnittlich 0,14 Gew.% und der geringen Streuung ist, wie nicht anders zu erwarten, auch keine Korrelation mit den anderen Elementen bzw. Oxiden feststellbar.

Die FeO<sub>total</sub>-Konzentration in den Proben verhält sich weitgehend unabhängig von den weiteren analysierten Elementen und Oxiden.

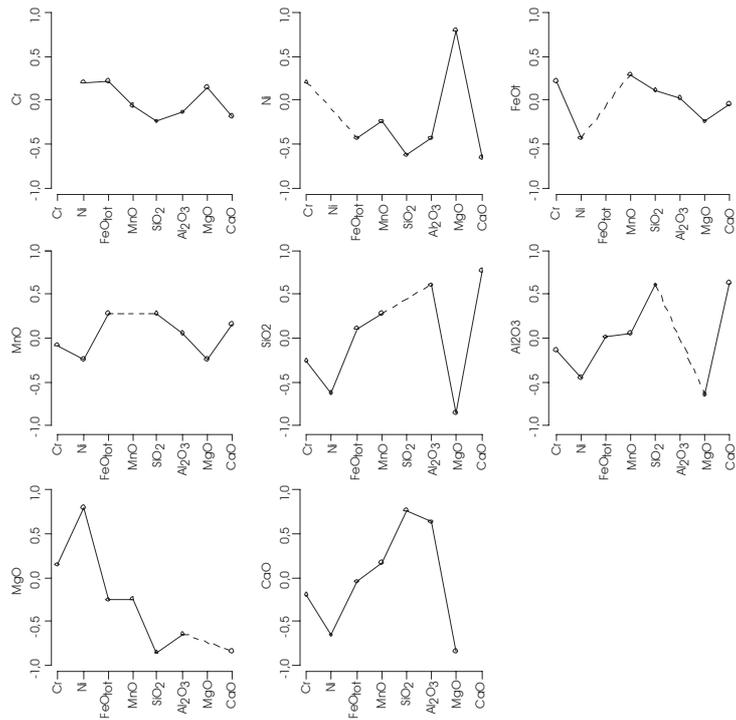


Abb. 2: Korrelationskoeffizienten der Elemente und Oxide Cr, Ni, FeO<sub>total</sub>, MnO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO und CaO bezüglich der restlichen, analysierten Elemente bzw. Oxide. Werte der x – Achsen: Elemente und Oxide im Bezug zu den Werten der y – Achsen / y – Achsen: Korrelationskoeffizienten (Gesamtgesteinsanalysen PETERSEN-KRAUB, 1978)

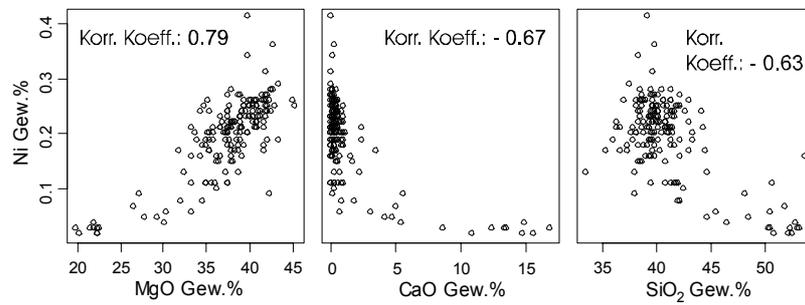


Abb. 3: Ni-Konzentrationen im Bezug zu den MgO-, CaO- und SiO<sub>2</sub>-Konzentrationen. (Gesamtgesteinsanalysen PETERSEN-KRAUB, 1978)

## **5.2. Statistische Auswertung der Cr, Ni, FeO<sub>tot</sub>, FeO, Co und Cu Verteilung der VOEST ALPINE Kernbohrung Nr. 1**

Im Bereich des Tanzmeistergrabens wurden von der VOEST ALPINE Bergbau Eisenerz im Jahre 1980 vier Bohrungen mit einem Kerndurchmesser von 27 mm abgeteuft, (VOEST ALPINE, 1980). Die technischen Daten der untersuchten Bohrung Nr. 1 weisen folgende Parameter auf:

Seehöhe des Ansatzpunktes: 712,1 m

Richtung: WSW

Neigung: horizontal

Endteufe: 90m

Aus jedem Bohrmeter wurde ein repräsentatives Kernstück halbiert, davon eine Vollanalyse sowie ein Dünnschliff und ein Anschliff gefertigt. Mittels durchlichtmikroskopischer Untersuchung wurden die Mineralkomponenten ausgezählt und im Zuge der Auflichtuntersuchung die opaken Mineralkomponenten beschrieben (VOEST ALPINE, 1980). Die verbleibenden drei Bohrungen wurden durch die VOEST ALPINE (1980) nicht weiter untersucht.

Im Endbericht der VOEST ALPINE (1980) wird für Bohrung Nr.1 eine Wechselfolge von Serpentin und Dunit ausgewiesen sowie eine Durchsetzung mit ca. 1% "Magnesitäderchen", welche nach 32 Bohrmetern abrupt aussetzt, beschrieben. Mittels Auflichtuntersuchung konnten keine lagigen, bänderigen oder schlierigen Konzentrationen von Sulfiden oder Spinellen festgestellt werden. Über die gesamte Bohrlänge wurde eine relativ gute Sortierung der Chromite mit nachträglicher kataklastischer Zerlegung ausgewiesen. Das Auftreten von sulfidischen Mineralen wird mengenmäßig als sehr unterschiedlich beschrieben und es konnten damals keine Korrelationen zwischen Ni, Cu und S festgestellt werden. Die chemisch nachgewiesenen Cr Gehalte korrelierten nicht mit dem Auftreten von Chromiten in den Schliffen, was durch die Tatsache, dass Chrom auch in den Chloriten vorkommen kann, erklärt wurde (VOEST ALPINE, 1980).

## **5.3. Häufigkeitsverteilung der Elemente und Oxide in Bohrung Nr. 1 und Vergleich mit den Obertageuntersuchungen von PETERSEN- KRAUB (1978)**

Durch den Vergleich mit den Obertagsproben sollten etwaige lokal-regionale Korrelationen herausgefunden werden. Zur Bestimmung der Häufigkeitsverteilung von Cr, Ni, FeO<sub>tot</sub> und FeO wurden jene 90 Proben verwendet welche auch die VOEST ALPINE (1980) für ihre Untersuchungen heranzog und die absolute Häufigkeit der gemessenen Werte nach Klassen ermittelt. In einem zweiten Schritt wurden die logarithmierten Konzentrationen in Bezug zu ihren Häufigkeiten gesetzt. (Abb. 4 a-d) (Tab. 2)

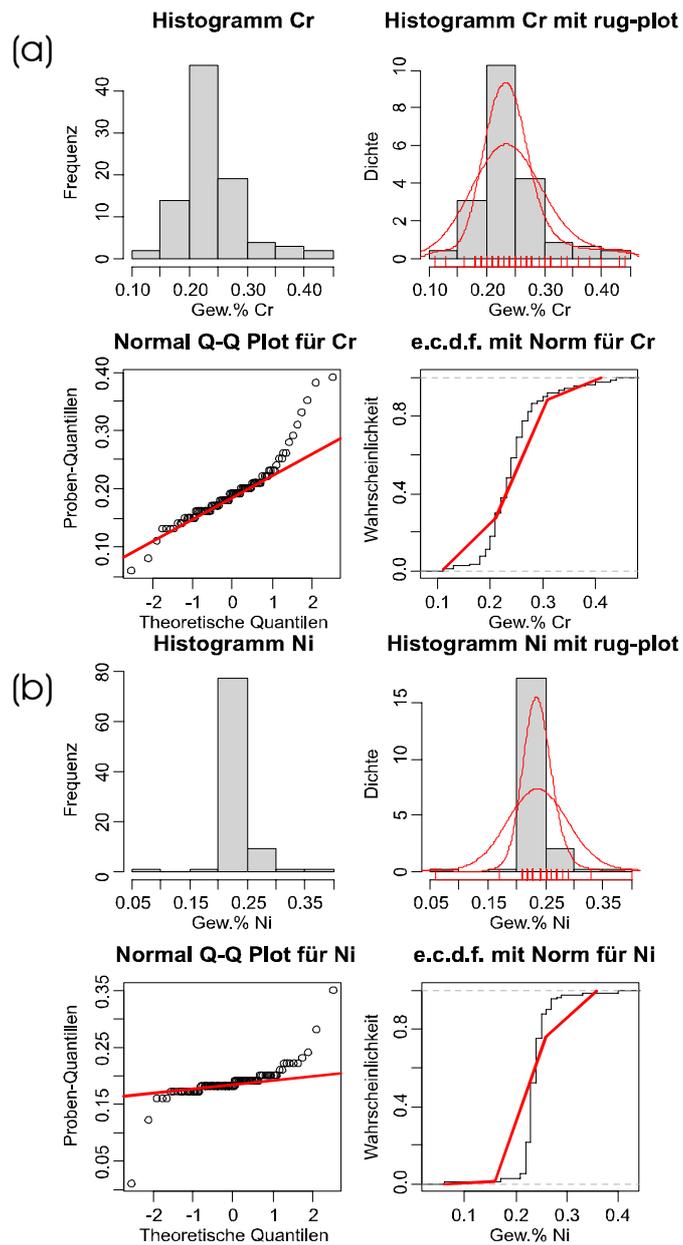


Abb. 4: Häufigkeitsverteilungen der Elemente und Oxide: Cr, Ni (Gesteinsanalysen: Bohrung 1 der VOEST ALPINE, 1980)

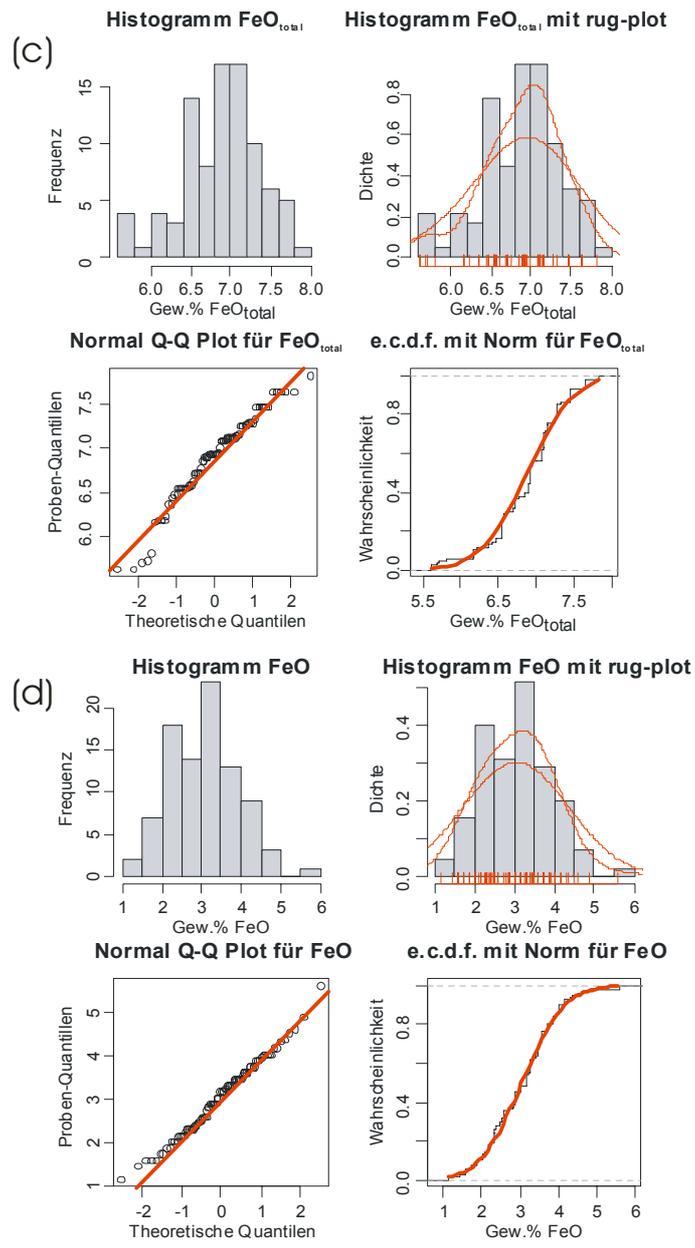


Abb. 4 (Fortsetzung): Häufigkeitsverteilungen der Elemente und Oxide: FeO und FeO<sub>total</sub> (Gesteinsanalysen: Bohrung 1 der VOEST ALPINE, 1980)

Tab. 2: Numerische Ermittlung der Häufigkeiten (Gesteinsanalysen: Bohrung 1 der VOEST ALPINE, 1980)

	Minimum	1. Quantile	Median	Mittelwert	3. Quantile
Cr	0,11	0,21	0,24	0,24	0,26
Ni	0,06	0,23	0,23	0,24	0,24
FeO <sub>total</sub>	5,62	6,55	6,93	6,88	7,15
FeO	1,15	2,34	3,13	3,04	3,59
	Maximum	Varianz	Standard- abweichung	Schiefe	Kurtosis
Cr	0,44	0,003	0,055	1,211	2,811
Ni	0,40	0,001	0,032	-0,141	15,815
FeO <sub>total</sub>	7,82	0,230	0,480	-0,612	0,202
FeO	5,60	0,737	0,858	0,142	-0,257

Die Chrom-Konzentrationen der Bohranalysen liegen mit durchschnittlich 0,24 Gew.% um 0,06 Gew.% unter jenen der Obertagsproben. Auch der Bereich der Gruppen mit den größten Häufigkeiten liegt mit den Grenzen von 0,15 bis 0,30 Gew.% unter den Obertagewerten, wobei die Bohranalysen keine Normalverteilung zeigen. (Abb. 4a) Lokal kann deshalb von keiner besonderen Anreicherung oder wie im Bericht der VOEST ALPINE (1980) von "Lagerstätten" auf bestimmten Bohrm Metern gesprochen werden. (Abb. 6) Bei der Chrom-Konzentration bezüglich der anderen analysierten Elemente und Oxide kann wie bei den Obertagsproben keinerlei Korrelation festgestellt werden.

Bei der Betrachtung der Nickel Konzentrationshistogramme kann eine sehr diskrete Häufung der Werte in der Gruppe von 0,20 bis 0,25 Gew.% ausgemacht werden. Diese Gruppe stellt zwar auch in den Obertageproben jene mit der größten Häufigkeit dar, dort aber treten auch ähnlich viele Proben mit weitaus geringeren Werten auf. Deshalb kann auf einen zufälligen Treffer der Bohrung in einem Bereich mit ähnlichem arithmetischem Mittel, in diesem Fall 0,20 Gew.%, geschlossen werden. (Abb. 4b) Bei der Betrachtung der Konzentrationsschwankungen auf dieser Bohrlänge sollte daher in keinem Fall von Anreicherungen oder "Lagerstätten", wie von der VOEST ALPINE (1980) vorgeschlagen, gesprochen werden. Bei der Ermittlung der Korrelationskoeffizienten wurde nun besonderes Augenmerk auf die Tatsache gelegt, dass von der VOEST ALPINE (1980) bei der makroskopischen Beschreibung der Bohrkern auf das Auftreten von "Magnesitäderchen" auf den ersten 32 Bohrm Metern hingewiesen wurde. Da bei den Obertagsproben eine Korrelation zwischen Ni und MgO bzw. CaO ermittelt wurde, verwunderte auf den ersten Blick, dass dies bei den Bohrkernproben nicht möglich war. (Abb. 5a) Sobald man aber die ersten 32 m aus den Berechnungen ausscheidet, kann man wieder sehr hohe Werte von 0,82 bezüglich MgO und 0,72 für CaO ermitteln. (Abb. 5b) Allein

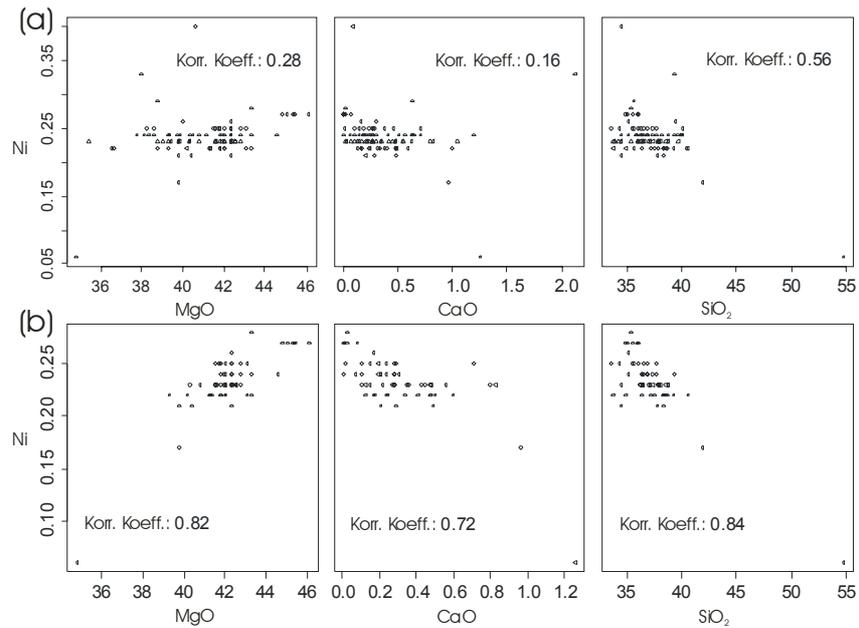


Abb. 5: Ni-Konzentrationen im Bezug zu den MgO-, CaO- und SiO<sub>2</sub>-Konzentrationen. (a) Betrachtungsbereich: 0-90 m Teufe (b) Betrachtungsbereich: 33-90 m Teufe (alle Angaben in Gew. %) (Gesteinsanalysen: Bohrung 1 der VOEST ALPINE, 1980)

die Korrelation mit der SiO<sub>2</sub> Konzentration bleibt vom Auftreten des Magnesits relativ unbeeindruckt. Wenn man für den Bereich ab 32 Bohrmetern wiederum die Häufigkeitsverteilung ermittelt, zeigt sich das selbe Bild wie für die Gesamtbohrung mit einem arithmetischen Mittel von 0,23 Gew.%. Aus diesen Ergebnissen kann man darauf schließen, dass sowohl obertage als auch untertage Nickel vorwiegend durch Substitution in den Silikaten vorkommt und ein Zusammenhang mit der ursprünglichen Olivin Konzentration hergestellt werden kann. Die Magnesitgenese scheint also auch die Ni Konzentration im Gesamtgestein in diesem Bereich zu beeinflussen. (Abb. 6)

Die Eisen-Total-Werte der analysierten Proben wurden zu Vergleichszwecken in FeO-Totalwerte umgerechnet und liegen mit ihrem arithmetischen Mittel von 6,88 Gew.% um 0,59 Gew.% unter jenem der Obertageproben, wobei die Minima und Maxima innerhalb der Obertage-Grenzen liegen. Beim Vergleich der Modalwerte erhält man eine geringere Abweichung von lediglich 0,12 Gew.% und die Gruppen der maximalen Häufigkeiten fallen in das selbe Feld von 0,65 bis 0,75 Gew.%. Die Messergebnisse korrelieren somit gut mit den Obertagswerten und zeigen keine besonderen Anomalien. (Abb. 4c) Wenn man die Konzentrationen von FeO und FeO<sub>total</sub> bezüglich ihrer Laufmeter aufzeichnet und

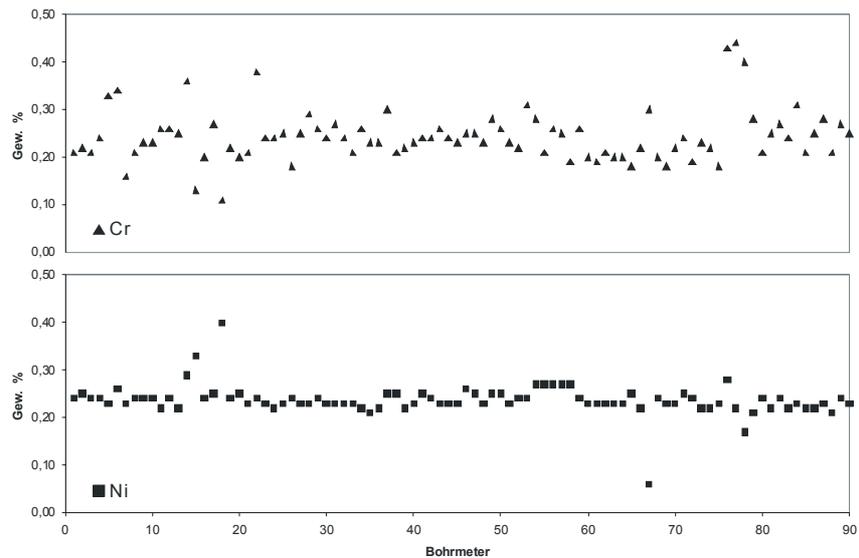


Abb. 6: Chrom- und Nickel-Konzentrationen bezüglich Bohrmetern (Gesteinsanalysen: Bohrung 1 der VOEST ALPINE, 1980)

lineare Regressionskurven ermittelt, kann man erkennen, dass die tatsächlichen Werte den ermittelten Regressionen gut folgen. (Abb. 7) Die Eisenoxid-Totalkonzentrationen zeigen dabei eine Abnahme von 7,30 zu 6,40 Gew.% mit zunehmender Teufe. Im Gegensatz dazu weist das tatsächlich auftretende FeO eine Zunahme von 2,20 auf 3,90 Gew.% auf. Anhand dieser Ergebnisse lässt sich erkennen, dass es in Richtung obertage durch Verwitterungsprozesse zu einer relativen Eisenanreicherung kommt und somit auch die Analysen von PETERSEN-KRAUB (1978) dahingehend zu interpretieren sind. Im Verlauf der FeO-Konzentration lässt sich wiederum eine Depression der Werte bis 32 Bohrmetern mit dem vermehrten Auftreten von Magnesitadern erkennen, in deren Bereich die Eisenoxidation verstärkten Einfluss nehmen konnte. (Abb. 7) Ein weiteres Indiz hierfür kann durch den Vergleich der Konzentrationsverläufe von FeO und  $\text{FeO}_{\text{total}}$  gefunden werden. Die  $\text{FeO}_{\text{total}}$ -Konzentrationen nähern sich zwar einer normalverteilten Form an, welche aber statistisch nicht belegbar ist. Im Gegenzug dazu kann bei den FeO-Konzentrationen mittels eines Shapiro-Wilk normality-test ein p-value von 0.6607 errechnet werden, welches für eine Normalverteilung hoch signifikant ist und wiederum den Einfluss der Verwitterung auf die erhaltenen Eisenkonzentrationen zeigt. (Abb. 4d)

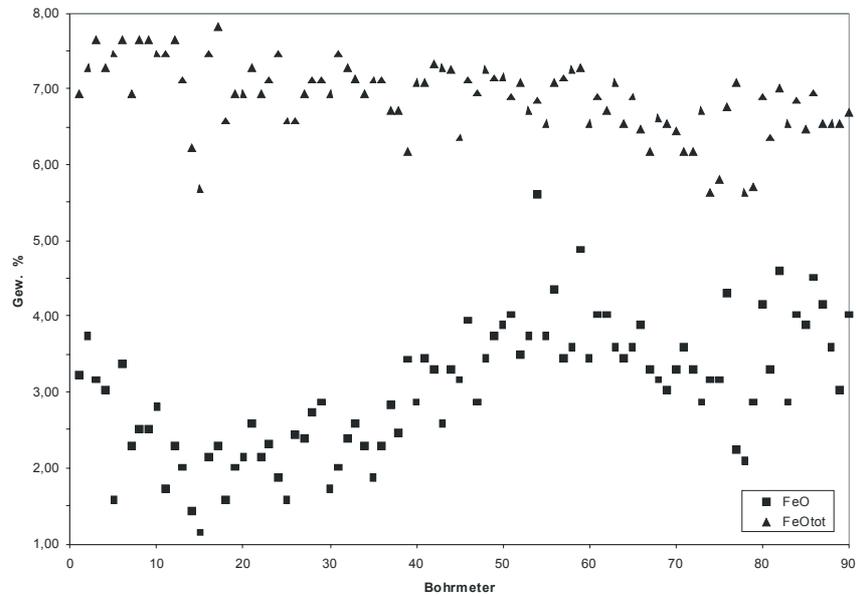


Abb. 7: FeO- und FeO<sub>total</sub>-Konzentrationen bezüglich Bohrmeter (Gesteinsanalysen: Bohrung 1 der VOEST ALPINE, 1980)

Aus den arithmetischen Mittelwerten der Co- und Cu- Konzentrationen von 0,01 bzw. 0,004 Gew. % und der Abwesenheit von Ausreißern mit signifikanten Häufigkeiten ist die untergeordnete Bedeutung dieser beiden Elemente, ähnlich jener des Oxids MnO, in Bezug auf die Gesamtgesteinszusammensetzung abzuleiten.

#### 5.4. Untersuchung der regionalen Konzentrationsverteilungen der Elemente Eisen, Nickel und Chrom

Um mögliche regionale Verteilungs- und Korrelationsmuster der Elemente Eisen, Nickel und Chrom zu erkennen, wurden die geochemischen Daten der Analysen von PETERSEN-KRAUB (1978) in Bezug zu ihren Positionen im Gelände gesetzt. Bereits die erste Betrachtung der räumlichen Verteilung der Probenpunkte schließt die Möglichkeit eines regionalen Vergleichs aus, da PETERSEN-KRAUB (1978) seiner Beschreibung nach bevorzugt leicht erreichbare Areale wie einzelne Gräben und Rücken beprobte, woraus sich eine sehr ungleichmäßige Probenpunktdichte ergibt. Aus diesem Grund wurden die Analysen in sechs Gebiete zusammengefasst, in denen die Proben in geringeren Abständen zueinander aufgenommen wurden und

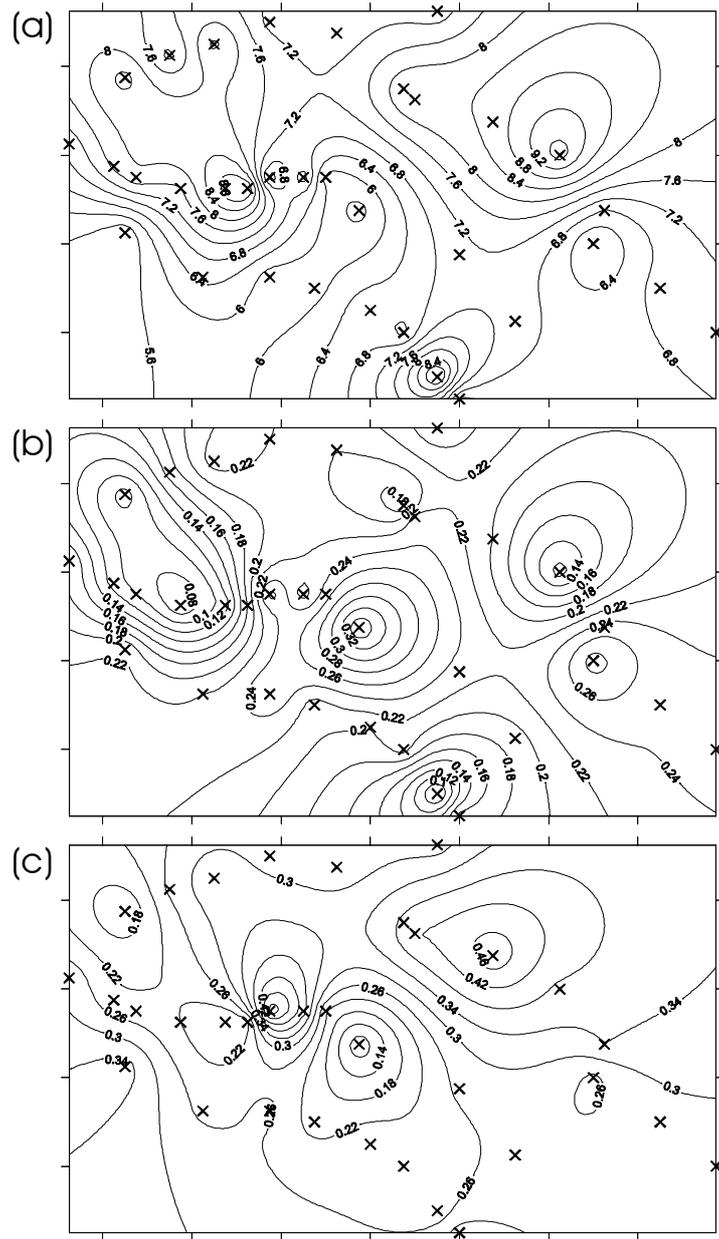


Abb. 8: Konzentrationsverteilung von (a)  $\text{FeO}_{\text{total}}$ , (b) Ni und (c) Cr. Alle Angaben in Gew. %. Lage des untersuchten Gebietes ist der Karte 1 zu entnehmen. (Gesamtgesteinsanalysen PETERSEN-KRAUß, 1978)

mittels mehrerer Griddingmethoden wie z.B. Kriging, natural oder nearest neighbor, inverse distance to a power und local polynomial, verrechnet. Keine dieser Methoden führt zu verwertbaren Ergebnissen, da die Konzentrationen von Eisen, Nickel und Chrom weder über hunderte Meter noch im Nahbereich verfolgbare Zu- oder Abnahmetendenzen zeigen. Darüber hinaus macht das Auftreten von statistisch sehr hohen direkt neben sehr geringen Werten eine Interpolation der Konzentrationen unmöglich. Als Illustration hierfür wurde stellvertretend für die anderen Gebiete der Bereich Sommer- und Wintergraben ausgewählt und mittels der Kriging-Methode verrechnet. (Karte 1) Eine mathematische Bearbeitung ist zwar möglich, aber die ermittelten Konzentrationslinien lassen sich anhand der tatsächlich auftretenden Werte nicht überprüfen, da für die erheblichen Schwankungen bereits auf kurze Distanzen die Probendichte nicht ausreicht. (Abb. 8)

Als einzig verbleibende Möglichkeit, die Daten im Gelände darzustellen, bleibt die bereits von PETERSEN-KRAUB (1978) gewählte Punktdarstellung. Hierfür wurden die Analysen in Anlehnung an die ermittelte statistische Verteilung jeweils in drei Gruppen unterteilt, wobei die jeweilige mittlere Gruppe dem Wertebereich der am häufigsten auftretenden Klassen entspricht sowie die oberen bzw. unteren Gruppen die gemessenen Maxima bzw. Minima als Grenzen aufweisen. (Karten 2–4)

## **6. Untersuchung von Bachsedimenten auf Anreicherungen von Cr, Ni, Fe und Mn**

Ziel der Untersuchung der Bachsedimente war es, Anomalien der betreffenden Elemente in den Einzugsgebieten der Bäche und deren Widerspiegelung in den Sedimenten zu untersuchen und so auf mögliche Lagerstätten oder Anreicherungen, insbesondere in Bezug auf Chrom, zu schließen.

### **Probenaufbereitung**

Aus insgesamt acht Bächen im Bereich des Kraubath-Massivs wurden jeweils ca. 4 kg Sediment entnommen und weiteren Untersuchungen zugeführt. Bei der Entnahme wurde bereits im Vorfeld darauf geachtet, dass die gesamte Menge nicht punktuell entnommen wird, sondern sich über einen Bereich von bis zu 50 Bach-Laufmetern erstreckt. Im ersten Schritt der Aufbereitung wurden die Proben nass, mittels Sieben mit den Maschenweiten von 2000, 1000, 500, 250, 125  $\mu\text{m}$  in einzelne Fraktionen aufgetrennt, wobei Korndurchmesser über 2000  $\mu\text{m}$  ausgeschieden wurden. In der ersten Versuchsanordnung, bei der es die Anreicherungen bezüglich der Kornfraktionen zu untersuchen galt, wurden alle Proben nach dem Trocknen und Wiegen geviertelt und mittels einer Scheibenschwingmühle gemahlen. In der zweiten Versuchsanordnung, zur

Bestimmung der regionalen Konzentrationen, wurden lediglich die Proben der 125  $\mu\text{m}$  Fraktion, wie oben genannt, bearbeitet. Nach abermaligem Trocknen bei 105  $^{\circ}\text{C}$  und anschließendem Glühen bei 1050  $^{\circ}\text{C}$  konnten von jeweils einem Gramm geglühtem Pulver Schmelztabletten hergestellt werden. Die Schmelztabletten wurden mittels Röntgenfluoreszenzanalyse untersucht und anschließend verrechnet, sodass schlussendlich die Element- und Oxidkonzentrationen in verarbeitbarer Form vorlagen.

### 6.1. Erste Versuchsanordnung zur Untersuchung von Anreicherungen bezüglich der Kornfraktionen

Zur Bestimmung in welchen Kornfraktionen etwaige Anreicherungen von Chrom, Nickel, Eisen oder Mangan auftreten, wurde aus dem Bereich des Zusammenflusses der Bäche des Sommergrabens und des Wintergrabens Sedimente entnommen und in der ersten Versuchsanordnung untersucht. Dieser Bereich wurde deshalb ausgewählt, weil im Oberlauf dieser Bäche massive Chromit-Vererzungen auftreten und deshalb davon ausgegangen wurde, dass, wenn überhaupt, in diesen Sedimenten, Anreicherungen anzutreffen sein müssten.

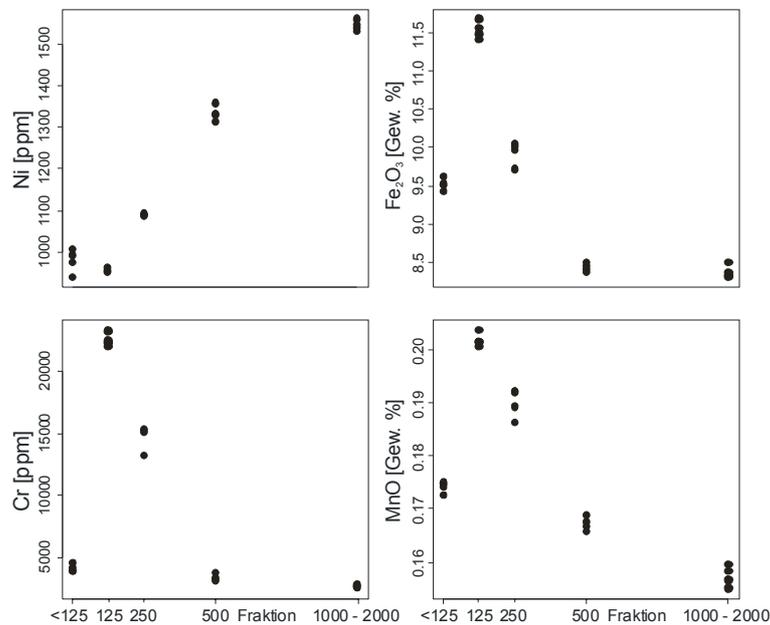


Abb. 9: Konzentrationsverteilung der Elemente und Oxide Cr, Ni,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  und MnO im bezüglich der Korngrößenfraktionen im Bereich des Zusammenflusses der Bäche des Sommergrabens und des Wintergrabens.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse, in denen die Probenviertel bezüglich ihrer Fraktionen aufgetragen wurden, sind bereits auf den ersten Blick An- und Abreicherungstendenzen erkennbar. (Abb. 9) Die Chrom-Konzentrationen zeigen in der 125  $\mu\text{m}$  Fraktion bis zu siebenfache und in der 250  $\mu\text{m}$ -Fraktion ca. fünffache Anreicherungen bezüglich der Mittelwerte des Gesamtgesteins nach PETERSEN-KRAUB (1978). Dies kann man dahingehend interpretieren, dass im Oberlauf der Bäche Chromvererzungen auftreten und im Zuge der Erosion in den Vorfluter befördert wurden. Ohne diese Vererzungen wäre es höchstwahrscheinlich nicht zu derart massiven Anreicherungen gekommen, da, wie in weiterer Folge besprochen wird, andere Entwässerungssysteme diese Charakteristik nicht oder nur in geringem Maße aufweisen.

Entgegen den Chrom-Trends zeigen die Nickel-Konzentrationen in den Korngrößenbereichen zwischen 0 und 500  $\mu\text{m}$  Abreicherungen bis zu 50 % gegenüber den Obertagsproben von PETERSEN-KRAUB (1978). Bei steigender Korngröße ist wiederum eine Annäherung an die Obertagsmittelwerte erkennbar, wobei diese aber von der 1000  $\mu\text{m}$  Fraktion noch nicht erreicht werden. Dieser Trend weist, ähnlich jenem der Bohrkernanalysen, auf die Beeinflussung der Ni-Konzentration durch die Verwitterung hin.

Die gemessenen Konzentrationen der Eisen (III)-Oxide wurden zu Vergleichszwecken in Eisen (II)-Oxid umgerechnet und liegen im unteren Korngrößenbereich von 0 bis 500  $\mu\text{m}$  durchwegs über den Gesamtgesteinsanalysen von PETERSEN-KRAUB (1978) mit einem Maximum von ca. 10,4 Gew.%  $\text{FeO}_{\text{total}}$  in der 125  $\mu\text{m}$  Fraktion. Die Proben des Bereichs von 500 bis 2000  $\mu\text{m}$  erreichen mit ca. 7,55 Gew.% annähernd wieder jene Durchschnittswerte der Obertagsproben. Dieser Verlauf weist wiederum, ähnlich jenem der Bohrkernanalysen, auf die relativ starke Beeinflussung durch die Verwitterung hin.

Der Konzentrationsgang von Mangan zeigt einen ähnlichen Verlauf wie jener des Eisens mit Anreicherungen im unteren Korngrößenbereich bis 500  $\mu\text{m}$ , wobei auch in der Fraktion  $>500 \mu\text{m}$  leicht erhöhte Werte feststellbar sind. Erst ab der  $>1000 \mu\text{m}$ -Fraktion nähern sich die Konzentrationen wieder an die arithmetischen Mittel der Obertagsproben an.

## 6.2. Weiterführende Untersuchung der Bachsedimente

Den Ergebnissen der ersten Versuchsanordnung zur Folge wurden für die weiterführenden Untersuchungen der anderen Bachsedimente nur mehr die  $>125 \mu\text{m}$  Fraktionen (125 bis 250  $\mu\text{m}$  Korngrößenbereich) ausgewählt und nach den selben, oben genannten, Aufschlussmethoden bearbeitet. Die Proben wurden, wenn nicht anders beschrieben jeweils an den Grenzen des Kraubath-Massives zum Umgebungsgestein aus den Bächen der folgenden Gräben entnommen: Augraben (AUG1), Sommergraben (SOM1) und Wintergraben (WIN1) (Entnahmen

am Talschluss der Gräben), Lobminggraben (LOB1), Pöttlergraben (POT1), Tanzmeistergraben (TAN1), Törringgraben (TOR1). (Karte 5)

### 6.3. Diskriminierung der Sediment-Herkunftsgebiete

Die Einzugsgebiete mehrerer untersuchter Bäche reichen teilweise über die Grenzen des Kraubath-Massives hinaus, wodurch es zu Kontaminationen mit Umgebungsgesteinen kommen kann, welche in weiterer Folge die absoluten Messwerte der zu untersuchenden Elemente und Oxide beeinflussen. Im ersten Diskriminierungsschritt wurden die Ergebnisse der Messungen in ein AFM-Diagramm eingetragen. (Abb. 10a)

Bereits auf den ersten Blick kann man aufgrund erhöhter Na-, K- und Fe-Werte erkennen, dass die Sedimente des Törring- und des Tanzmeistergrabens mehr oder weniger stark vom Umgebungsgestein beeinflusst werden. Die Magnesiumkonzentration wirkt aber Probleme bei der Diskriminierung auf, da es in mehreren Bereichen des Kraubath-Massives, wie auch aus dem Diagramm am Beispiel des Augrabens erkennbar, zu Magnesit-Anreicherungen kommt, welche die MgO-Konzentrationen beeinflussen.

Zur weiteren Diskriminierung wurden ausgewählte Spurenelemente herangezogen, die für felsische oder mafische Herkunftsgebiete indikativ sind. (Abb. 10b) Bei der Betrachtung der Korrelationen zwischen Sr, Y, Ba und Co ergeben sich gut interpretierbare Trends zunehmender Kontaminationen, wobei andere Elemente wie Sc oder Th kaum verwertbare Ergebnisse zeigen. Aus diesen Diagrammen ist ersichtlich, dass die Bäche des Au- und des Wintergrabens, wie aus dem Kartenbild nicht anders zu erwarten, frei von Kontaminationen sind, worauf insbesondere die hohen Co und geringen Y Werte hinweisen, welche den Konzentrationen im Gesamtgestein, einer Probe des Mitterberges (GR1) entsprechen.

Durch die geringfügig erhöhten Sr-, Ba- und besonders Y-Konzentrationen, verweisen die Sedimente des Sommergrabenbachs darauf, dass sein Einzugsgebiet im Oberlauf die Schotter des Lichtensteinerberges miteinbezieht und es dadurch zu einer Kontamination gekommen ist. Der Pöttlergrabenbach hat seinen Verlauf grundsätzlich im Kraubath-Massiv und dürfte keine Kontamination zeigen, jedoch wurde wahrscheinlich der Bereich der Probennahme am Zufluss zum Lobmingbach durch dessen Sedimente beeinflusst.

Die Sedimente des Lobmingbaches zeigen bereits stärker erhöhte Kontaminationswerte, bleiben aber in den Elementen Sr und Y noch erheblich unter den Bereichen Tanzmeister- und Törringgraben. Der Tanzmeistergrabenbach verläuft nur ca. 1,70 km seiner Gesamtlänge auf den ultramafischen Gesteinen, zeigt jedoch noch, gegenüber dem Törringgrabenbach mit lediglich ca. 1 km Verlauf, leicht erhöhte Co Werte.

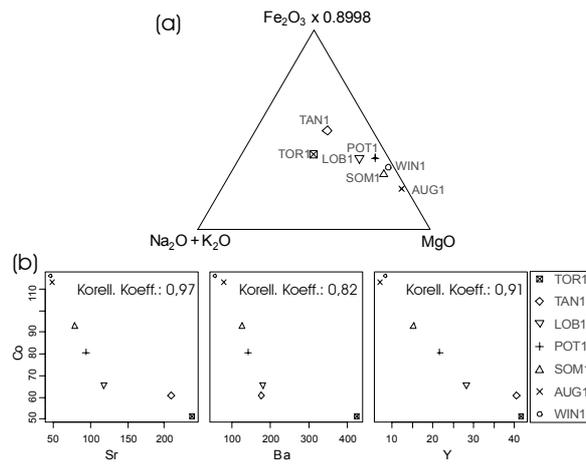


Abb. 10: Diskriminierungsdiagramme der Bachsedimentanalysen der  $>125 \mu m$ -Fraktion: (a) AFM Diagramm, (b) Korrelationsdiagramme der Elemente Co, Sr, Ba und Y

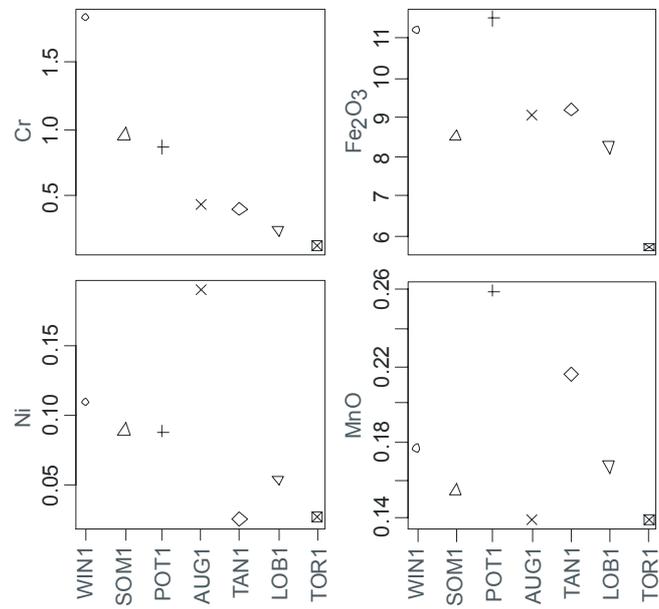


Abb. 11: Ergebnisse der Bachsedimentanalysen der  $>125 \mu m$ -Fraktion mit Sortierung nach absteigenden Cr-Konzentrationen (alle Angaben in Gew. %)

Diesen Ergebnissen zur Folge können für die Untersuchungen der Cr-, Ni-, Fe- und Mn- Konzentrationen die Bachsedimente folgender Gräben direkt herangezogen werden: Au graben, Sommergraben, Wintergraben und Pöttlergraben. Bei den Proben der Bereiche Tanzmeistergraben, Lobminggraben und Törringgraben müssen die bisweilen relativ starken Kontaminationen durch Umgebungsgesteine berücksichtigt werden.

#### **6.4. Interpretation der Bachsedimentanalysen**

Vor der Betrachtung der Ergebnisse (Abb 11.) muss nochmals darauf hingewiesen werden, dass es sich bei den Basisdaten um Punktaufnahmen von jeweils einer Probe handelt und sich dadurch augenscheinlich keine statistische Aussage treffen lässt. Dennoch können qualitative und richtungsweisende Ergebnisse in Bezug auf das Auftreten von Anomalien in den Einzugsgebieten getroffen werden.

Die Bereiche des Au grabens und Wintergrabens können aufgrund der Herkunftsgebietsanalyse als frei von Kontaminationen angenommen werden, zeigen aber in ihren Chrom-Konzentrationen ein völlig unterschiedliches Bild. Mit 0,43 Gew.% Cr weist der Au grabenbach gegenüber dem Wintergrabenbach mit 1,83 Gew.% Cr erheblich geringere Werte auf, woraus geschlossen werden kann, dass in seinem Einzugsgebiet keine Chrom-Vererzungen ähnlich jenen im Sommer- und Wintergraben auftreten. Die gemessenen 0,43 Gew.% entsprechen wahrscheinlich den Anreicherungen, welche sich im Zuge der erosiven und sedimentären Prozesse aus den durchschnittlich 0,32 Gew.% des Gesamtgesteins ergeben.

Ein überraschendes Ergebnis stellen die ähnlichen Chrom-Konzentrationen im Sommergraben und im Pöttlergrabenbach dar. Da aus der Herkunftsgebietsanalyse mit ähnlichen Kontaminationswerten gerechnet werden kann, aber einzig HIESSLEITNER (1953) K.A. REDLICH zitiert, welcher nach Gesprächen mit der ansässigen Bevölkerung einen "Chromschurf" im Pöttlergraben erwähnt, sollte in weiteren Untersuchungen den prognostizierten Vererzungen nachgegangen und etwaige Lagerstätten gesucht werden.

Der Tanzmeistergrabenbach ist aufgrund hoher Kontaminationswerte schwer zu interpretieren, besitzt aber immer noch Anreicherungen, ähnlich jenen des Au grabenbachs, weshalb Chromlagerstätten nicht vorderhand auszuschließen sind.

Da in der ersten Versuchsanordnung herausgefunden wurde, dass man sich in der  $>125 \mu\text{m}$ -Fraktion in einem allgemeinen Abreicherungsgebiet von Nickel befindet, sind auch die nun gemessenen Werte dahingehend zu interpretieren. Auf den ersten Blick lassen sich drei Bereiche des Konzentrationsdiagramms ausmachen. (Abb. 11) Jener des Wintergrabens, der wie bereits beschrieben frei von Kontaminationen ist, in dem auch der Sommer- und der Pöttlergraben zu liegen kommen, welcher als ein Bereich mit anscheinend durchschnittlichen

Abreicherungen bezüglich der mittleren Gesamtgesteinskonzentrationen von 0,20 Gew.% zu definieren ist.

Entgegen diesem Trend weisen die gemessenen 0,19 Gew.% Ni im Aufraben auf eine relative Anreicherung hin, wobei aber die Obertagsproben von PETERSEN-KRAUB (1978) mit einem lokalen Durchschnitt von 0,24 Gew.% nicht darauf hinzuweisen scheinen, weshalb auch dieses Phänomen noch weiter geklärt werden sollte. Der dritte Bereich mit starken Abreicherungen und hohen Kontaminationswerten lässt bisweilen keine weiteren Interpretationen zu.

Die Eisen(III)-Oxidkonzentrationen verhalten sich relativ unabhängig von ihren Kontaminationswerten und sind deshalb kaum zu bewerten. Zur genaueren Interpretation müssten Proben am Zutritt der Bäche zum Kraubath-Massiv gezogen und mit jenen am Austritt verglichen werden, um die quantitative Anlieferung von Eisen aus dem Hinterland zu evaluieren.

Im Bezug auf die Mangan-Konzentrationen ist auf die Erhöhung im Bereich des Pöttlergrabens hinzuweisen, welche auch mit relativ hohen punktuell gemessenen Analysewerten der Obertagsproben von PETERSEN-KRAUB (1978) korrelieren. Im Gegenzug dazu zeigen die Aufraben- und Sommergrabensedimente nur geringe Anreicherungstendenzen im Vergleich zu den Gesamtgesteinskonzentrationen. Welche Faktoren bei der Anreicherung im Pöttlergraben eine Rolle spielen, könnte in weiterführenden Untersuchungen geklärt werden. (Abb. 11) (Karte 5)

## **7. Untersuchung der Chrom-Spinelle und ihrer Einschlüsse**

Zur Untersuchung der Chrom-Spinelle und ihrer Einschlüsse wurden von den im Gelände genommenen Proben Dünnschliffe und Anschliffe hergestellt, wobei bei der Probenauswahl besonderes Augenmerk auf Kontaktzonen von Bereichen mit hohen Chromit-Konzentrationen mit dem Umgebungsgestein gelegt wurde. Im Zuge von durchlichtmikroskopischen Untersuchungen wurden die silikatischen Bestandteile der Schliffe einer groben Beurteilung unterzogen. Die Chromite und insbesondere deren Einschlüsse wurden auflichtmikroskopisch bearbeitet und anschließend mittels eines Rasterelektronenmikroskops analysiert.

### **7.1. Probenbeschreibung**

Durch umfassende Literaturrecherchen wurden Daten und Kartenmaterial zurückgehend bis auf das Jahr 1866 gesammelt um Bereiche zu finden, in denen früher Bergbautätigkeit auf Chromit umgegangen ist. Viele Tagebaue und Stollen, welche vom K.K. REVIERBERGAMT LEOBEN (1915) und von BLUM (1921) beschrieben

wurden, konnten leider regional nicht zugeordnet werden oder waren im Gelände nicht mehr auffindbar. Aus dem Bericht des REVIERBERGAMTES LEOBEN (1930) war zu entnehmen, dass nach dem Ersten Weltkrieg ein Großteil der Stollen aus Sicherheitsgründen verschüttet wurde. Aufgrund der schwierigen Aufschlussverhältnisse wurden in weiterer Folge auch Abraumhalden im Bereich des Mitterberges, welche auf ca. 5000 m<sup>3</sup> geschätzt wurden (CORNELIUS, 1944), beprobt. Die Lokalitäten der Freischurfe, nach denen ein Teil der späteren Probennahmepunkte benannt wurde, konnten in weiterer Folge durch die "Massenlagerungskarte vom Chromerzbergbau" (BLUM, 1866), die "Karte des Mitterberger-Erzbruches" (BLUM, 1881) sowie die „Geologische Karte der Umgebung des Serpentinstockes von Kraubath in Steiermark“ (CLAR, 1929) genauer positioniert werden. Die Literaturrecherche ergab somit, dass mögliche Chromitvererzungen über das gesamte Kraubath-Massiv, mit Ausnahme des Bereiches Ramberg, verteilt sind und mit den größten Wahrscheinlichkeiten in den Bereichen Sommergraben, Wintergraben, Mitterberg, Fledlberg und Gulsen vorkommen sollten. Die beiden letztgenannten Bereiche entsprechen durch die Abbautätigkeit der Preger Hartsteinwerke nicht mehr den Beschreibungen von HIESSLEITNER (1938) und sind großteils aus Sicherheitsgründen zurzeit nicht zugänglich.

Die so erhaltenen 35 Hoffnungspunkte wurden systematisch beprobt, wobei aufgrund der bereits oben angesprochenen Probleme nur in fünf Fällen massive Chromvererzungen anzutreffen waren.

Daraufhin wurden aus über siebzig Proben fünf Stück ausgewählt, welche für Bereiche mit unterschiedlichen Chromit-Konzentrationen, einerseits in Form von Schlieren-Typ-Konzentrat und andererseits in disseminierten Aggregaten, als repräsentativ erachtet wurden. (Karte 1)

## **7.2. Beschreibung der Probenpunkte**

Der sogenannte "Gregor" Freischurf auf 840 m Seehöhe befindet sich am Nordhang des Mitterberges. Aus der "Karte des Mitterberger-Erzbruches" (BLUM, 1881) sind mehrere Stollen und Freischurfe zu entnehmen, von denen heute nur mehr wenige Bereiche frei zugänglich sind. Die Vererzungen treten großteils in Schlieren-Typ-Konzentrat auf und bilden Körper von ca. 30 x 30 cm Größe, welche in diesem Bereich teilweise tektonisch verstellt wurden. Von diesen Körpern wurden mehrere Proben genommen. (06 KR GR2)

Die zurzeit quantitativ am stärksten zu Tage tretenden Vererzungen im Sommergraben kommen in der Region im Nahbereich des sogenannten "Franzstollens" vor. Auf ca. 735 m Seehöhe befinden sich im nördlichen, orographisch rechten Hangbereich drei Stollen, von denen der unterste, entgegen einer geplanten Verstärkung und Abschließung im Jahre 1938, (REVIERBERGAMT

LEOBEN, 1938) noch heute zugänglich ist. Im Wandbereich der beiden oberen Stollen treten Chromit-Vererzungen in gebänderter Form mit Stärken bis 0,15 m auf. Ohne Hinweise aus der Literatur konnte allerdings auch massiver Chromit, die entnommene Probe (06 KR FR5 HA), auf einer Halde gefunden werden, welche sich ca. 100 Höhenmeter über den zuvor besprochenen Stollen befindet.

Im Bereich des sogenannten "Heiligenkreuz" Freischurfes befindet sich auf ca. 700 m Seehöhe, ungefähr 10 m über dem Niveau des vorbeiführenden Schotterweges, ein verbrochener Stollen. Im Bereich des Mundloches sind einige Rollstücke mit gebänderten Chromitvererzungen auffindbar. In weiterer Folge lassen sich durch den Wegebau aufgeschlossen, in einer stark verwitterten Wand, mehrere feine, unter einen Zentimeter mächtige, chromitführende Bänder ausmachen, aus denen die Probe genommen wurde (06 KR HK1). Diese kaum 10 cm langen Chromitbänder sind teilweise tektonisch versetzt und bereits im Gelände lässt sich die starke Serpentinisierung dieser Region erkennen.

Im Bereich des Tagebaues Nr. III, welchen CORNELIUS (1944) in seiner "Lageskizze der Chromerz-Tagebaue am Mitterberg" beschreibt befindet sich auf ca. 840 m Seehöhe der von einem der Autoren (P.K.) benannte "Johanna"-Freischurf. Neben mehreren bis zu 0,5 m mächtigen Magnesitadern befinden sich im anstehenden Gestein ungleichmäßig verteilt, schlierenförmige, geringmächtige Chromitkörper, aus welchen die Probe (06 KR JH1) genommen wurde.

Da, wie bereits eingangs beschrieben, anstehendes Material nur in sehr bescheidenem Umfang zur Verfügung stand, wurde auch Haldenmaterial zur Analyse herangezogen. CORNELIUS (1944) beschreibt insgesamt drei Tagebaue am Nordwesthang des Mitterberges, welche von den Aufzeichnungen in der "Karte des Mitterberger-Erzbruches" (BLUM, 1881), die sich höchstwahrscheinlich auf den "Gregor" Freischurf am Nordhang beziehen, abweichen. In den stark verwitterten Brüchen war kein brauchbares Material zu finden, woraufhin aus den im Vorfeld der Abbaue liegenden, aktuell benannten "Cornelius Halden" die Probe (06 KR CO2 HA) entnommen wurde.

### **7.3. Ergebnisse der auflichtmikroskopischen Untersuchung**

#### **Chrom-Spinelle**

Die chromitische Vererzung der Probe 06 KR GR2 S1 besitzt einen relativ scharfen Kontakt zur umgebenden silikatischen Matrix, in der nur sehr vereinzelt Chromitkörner mit Größen mit max. 600 µm anzutreffen sind. In den massiven Bereichen ist der Chromit zumeist von Chloriten und Serpentin umgeben, wobei die Kornfragmente Individualgrößen von max. 700 µm besitzen und die

ursprüngliche Größe durch tektonische Beanspruchung sowie Serpentinisierung und Chloritisierung nur mehr sehr schwer auszumachen ist und womöglich bei ca. 1 bis 1,5 mm gelegen hat.

In der Probe 06 KR FR5 HA kann die chromitische Vererzung als massiv bezeichnet werden. Den einzigen Begleiter in der umgebenden silikatischen Matrix stellt Serpentin dar. Die einzelnen Chromitkörner haben Individualgrößen von max. 4000  $\mu\text{m}$  und sind in Kornfragmente mit Größen von ca. 500  $\mu\text{m}$  zerlegt. Diese Zerlegung fand wahrscheinlich zum Großteil unter tektonischer Beanspruchung statt, da parallele Bruchspuren innerhalb der Körner ausgemacht werden können.

In der Probe 06 KR HK1 liegt die chromitische Vererzung in adriger Form mit einer Breite von ca. 3 mm vor. Die Begleiter in der umgebenden silikatischen Matrix stellen hauptsächlich Serpentin, Chlorit, Olivin und Pyroxene dar. Die einzelnen Chromitkörner haben Individualgrößen von max. 3000  $\mu\text{m}$  und sind sehr stark in Kornfragmente mit Größen von ca. 500  $\mu\text{m}$  und darunter zerlegt. (Abb. 12a) Diese Zerlegung fand wahrscheinlich durch tektonische Prozesse statt. Außerhalb dieser Ader liegt der Chromit vereinzelt mit Korngrößen von max. 600  $\mu\text{m}$  vor. Weiters sind in diesem Schliff mehrere Körner zu erkennen, welche am Rand Strukturen aufweisen, die von sekundären Reaktionen herrühren könnten. (Abb. 12b)

In der Probe 06 KR JH1 kann die chromitische Vererzung als massiv bezeichnet werden. Die Begleiter in der umgebenden silikatischen Matrix stellen Serpentin und Chlorit dar. Die einzelnen Chromitkörner haben Individualgrößen von max. 2000  $\mu\text{m}$  und sind in Kornfragmente mit Größen von ca. 200 bis 400  $\mu\text{m}$  zerlegt. Weiters sind in diesem Schliff mehrere Körner zu erkennen, welche am Rand Strukturen aufweisen, die von sekundären Reaktionen herrühren könnten. (Abb. 12c)

Ähnlich den Proben JH1 und FR5 kann die chromitische Vererzung der Probe 06 KR CO2 HA als massiv bezeichnet werden. Die einzelnen Chromitkörner haben Individualgrößen von max. 2000  $\mu\text{m}$  und sind in Kornfragmente mit Größen mit ca. 500  $\mu\text{m}$  zerlegt. (Abb. 12d) Diese Zerlegung fand wahrscheinlich zum Großteil unter tektonischer Beanspruchung statt, da parallele Bruchspuren innerhalb der Körner ausgemacht werden können.

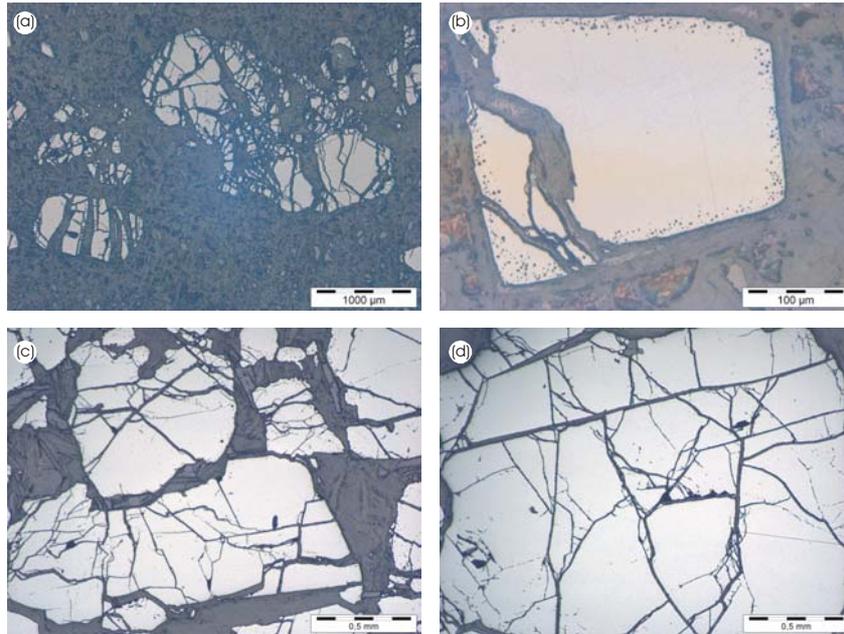


Abb. 12: Aufnahmen mittels Auflichtmikroskopie: (a),(b) Probe: 06 KR HK 1; (c) Probe: 06 KR JH1; (d) Probe: 06 KR CO2 HA

### Feste Einschlüsse

Im Bezug auf Qualität, Quantität und Chemismus der festen Einschlüsse zeigten die beprobten Lokalitäten ein sehr unterschiedliches Bild. So konnten zum Beispiel in der Probe FR5 über 30 Einschlüsse auf einer Schlieffläche von ca. 20 mal 30 mm, bei allen andere lediglich 10 auf vergleichbaren Flächen gefunden werden. Sulfidische und arsenidische Einschlüsse der Elemente Fe und Ni, seltener Cu, treten in allen Schliffen auf, wobei die größten ihrer Art mit 20 bis 60 µm in der Probe HK1 in der silikatischen Matrix auftreten. Innerhalb der Chromitkörner bleiben sie meist unter 10 µm mit ovaler oder unregelmäßiger Kornform.

Die zweite Gruppe von Einschlüssen stellen Minerale der Platingruppenelemente dar, welche aber lediglich in den Proben FR5, hier in hoher Quantität, sowie in JH1 und CO2 auftreten. Die Kornformen gestalten sich zumeist regelmäßig und lassen teilweise Kristallflächen erkennen. Ihre Größen von unter 1 bis maximal 10 µm gestaltet ihre Suche und in weiterer Folge die Analyse mittels Rasterelektronenmikroskop relativ schwierig.

## 7.4. Ergebnisse der Rasterelektronenmikroskop-Untersuchung:

### Chrom-Spinelle

Wie bereits durch THALHAMMER et al. (1990) beschrieben, konnte auch in den hier untersuchten Chromiten eine Zonierung mit einer Abreicherungen an Cr, Al, und Mg und einer Anreicherungen an  $\text{Fe}^{2+}$  und  $\text{Fe}^{3+}$  von den Kernbereichen in Richtung der Ränder nachgewiesen werden. Dieses Phänomen, welches im Zuge der Alteration durch Serpentinisierung und Metamorphose auftritt, ist, wie bereits beschrieben, auch bei der auflichtmikroskopischen Untersuchung durch randlich unregelmäßige Einschlussstrukturen zu erkennen. Zur Evaluierung der Konzentrationsunterschiede wurden an verschiedenen Chromiten Messungen der Kern- und Randbereiche sowie eine Profilmessung durchgeführt.

Bei der Vermessung der Chromite unterschiedlicher Regionen konnten gut differenzierbare Wertebereiche bezüglich der magnesium- und aluminiumreichen Kernregionen und der eisenreichen Ränder hergestellt werden. (Abb. 13) Die Chrom-Konzentrationen verhalten sich relativ unbeeindruckt, wobei nur zwei Analysen im Randbereich der Probe HK1 bei hohen Eisenwerten geringere Chrom-Konzentrationen aufweisen. Bei der Betrachtung der arithmetischen Mittel sind die Anreicherungstendenzen von FeO mit durchschnittlich 4,2 Gew.% und die Abnahmen an MgO und  $\text{Al}_2\text{O}_3$  um 1,55 bzw. 2,88 Gew.% gut erkennbar. (Tab. 3)

Ein ähnliches Bild zeigte die Profilanalyse der Probe CO2 mit zwei Messreihen, dem Profil 1, der Messpunkte 1 bis 50 und dem Profil 2 der Messpunkte 51 bis 100. (Abb. 14) Sowohl die MgO-, die  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - und auch die  $\text{TiO}_2$ -Konzentrationen nehmen vom Zentrum ausgehend ab und entsprechend dazu nehmen die FeO-Werte zu. Das FeO-Profil zeigt weiterhin, dass im rechten Randbereich, in dem keine anderen Chromitkörner angrenzen, Alterationsprozesse verstärkt Einfluss nehmen konnten. Die  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ -Gehalte verändern sich über die Profillinien nur sehr gering und zeigen ähnlich den Chromiten der anderen Regionen keine signifikanten Trends. (Abb. 15)

Tab. 3: Quantitative Analysen der Chromite im Kern- bzw. Randbereich (alle Angaben in Gew. %)

**Messung im Chromit-Zentrum**

Probe / Probenpunkt	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	FeO	Summe
CO2	8,53	7,25	0,17	58,69	0,46	22,07	97,17
HK1	7,33	11,08	0,18	55,39	0,70	24,16	98,84
FR5	9,28	11,12	0,24	56,03	0,34	22,02	99,03
JH1	7,77	8,26	0,33	57,70	0,61	22,90	97,58
GR2	7,28	8,69	0,31	58,37	0,35	24,54	99,55
<b>Arith. Mittel</b>	<b>8,04</b>	<b>9,28</b>	<b>0,25</b>	<b>57,24</b>	<b>0,49</b>	<b>23,14</b>	

**Messung am Chromit-Rand**

Probe / Probenpunkt	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	FeO	Summe
CO2_1	7,52	4,94	0,27	59,13	0,50	27,17	99,52
HK1_2	6,06	7,86	0,30	52,89	0,51	31,45	99,07
HK1_3	5,31	6,39	0,28	54,48	0,50	31,82	98,78
FR5_2	6,86	7,44	0,27	57,19	0,43	25,61	97,82
JH1_2	6,72	6,38	0,35	59,38	0,57	25,38	98,79
JH1_3	6,62	6,14	0,42	59,84	0,48	25,35	98,84
GR2_1	6,87	7,89	0,27	57,43	0,51	24,66	97,62
GR2_2	5,94	4,18	0,55	58,89	0,56	27,25	97,36
<b>Arith. Mittel</b>	<b>6,49</b>	<b>6,40</b>	<b>0,34</b>	<b>57,40</b>	<b>0,51</b>	<b>27,34</b>	

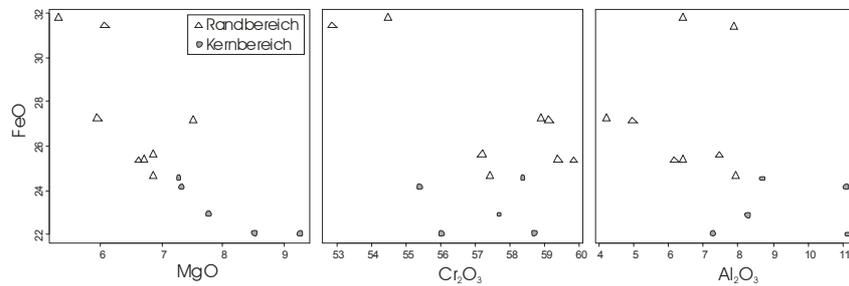


Abb. 13: Gegenüberstellung der FeO-, MgO-, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>- und Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Konzentrationen der Chromite im Kern- bzw. Randbereich (alle Angaben in Gew. %)

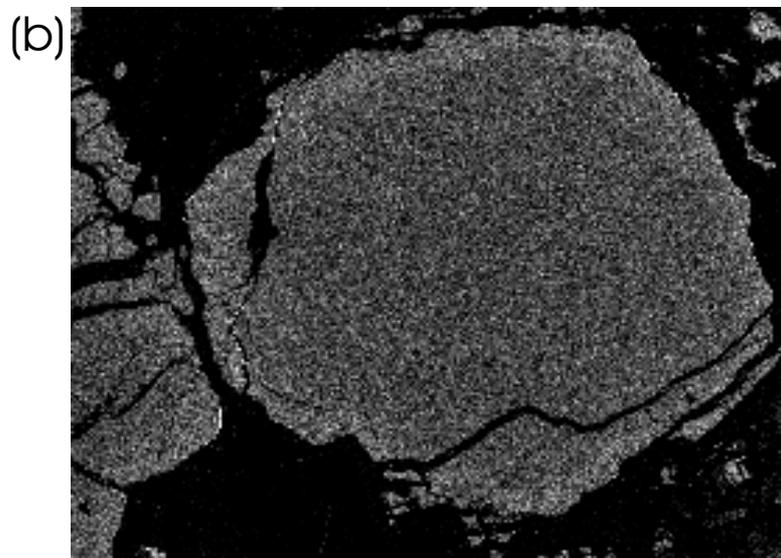
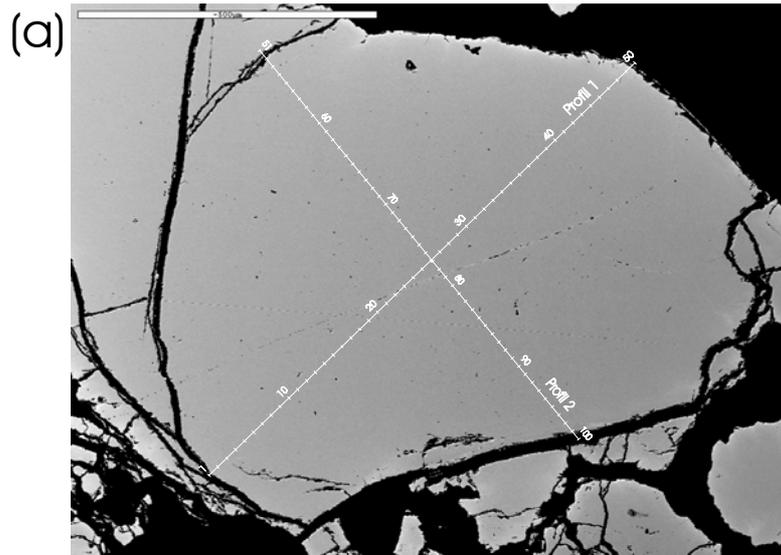


Abb. 14: (a) Illustration der Chromit Profile der Probe CO2; (b) Elementverteilungsbild eines Chromits der Probe HK1 (Fe-K $\alpha_1$ -Strahlung)

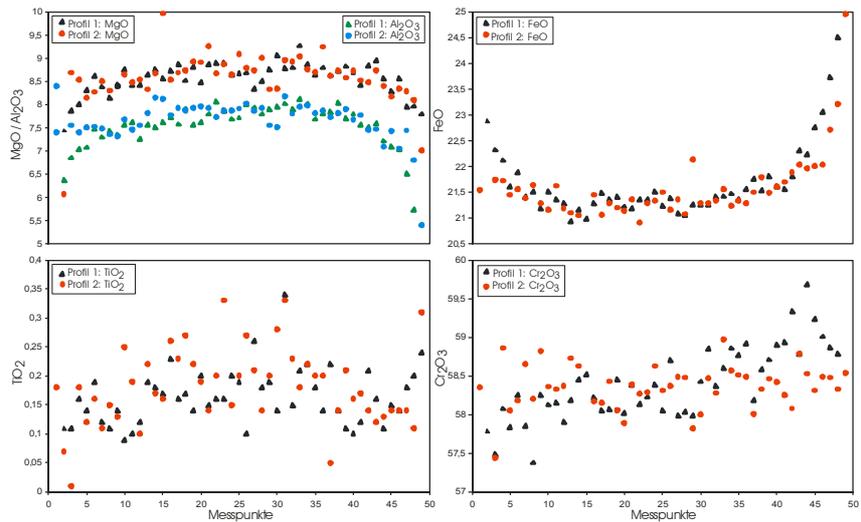


Abb. 15: Oxidkonzentrationen der Chromit-Profile der Probe CO2

## Feste Einschlüsse

Zur Abrundung dieser Arbeit wurden von mir feste Einschlüsse in den Chromiten und in den umgebenden Silikaten beschrieben. Aus umfangreicher Literatur können das Auftreten, die Genesen und die chemischen Zusammensetzungen von Platingruppenmineralen, Sulfiden, Arseniden und silikatischen Einschlüssen entnommen werden. (THALHAMMER et al., 1990; MELCHER & MALI, 1998; MELCHER, 2000; MALITCH et al., 2001; MELCHER et al., 2002; MALITCH et al., 2003). Die Ergebnisse der durchgeführten Analysen finden sich in der Tabelle 4.

## Pentlandit (Ni,Fe)<sub>9</sub>S<sub>8</sub>

Pentlandit tritt in allen Proben zumeist als Einschluss innerhalb der Chromite auf. Teilweise sind Zonierungen innerhalb der Körner mit schwankenden Fe- und S-Gehalten erkennbar. Als Beispiel hierfür kann das Korn 002 in der Probe GR2 (Abb. 16a) herangezogen werden. Die im BSE-Bild dunkler erscheinenden Bereiche weisen bei gleichbleibenden Nickel-Konzentrationen erhöhte Schwefel-Werte als die helleren, eisenreichen Bereiche auf. (Abb. 16b) Als Beispiel für Pentlandit innerhalb der Silikate sei das Korn 001 der Probe HK1 erwähnt. (Abb. 16c)

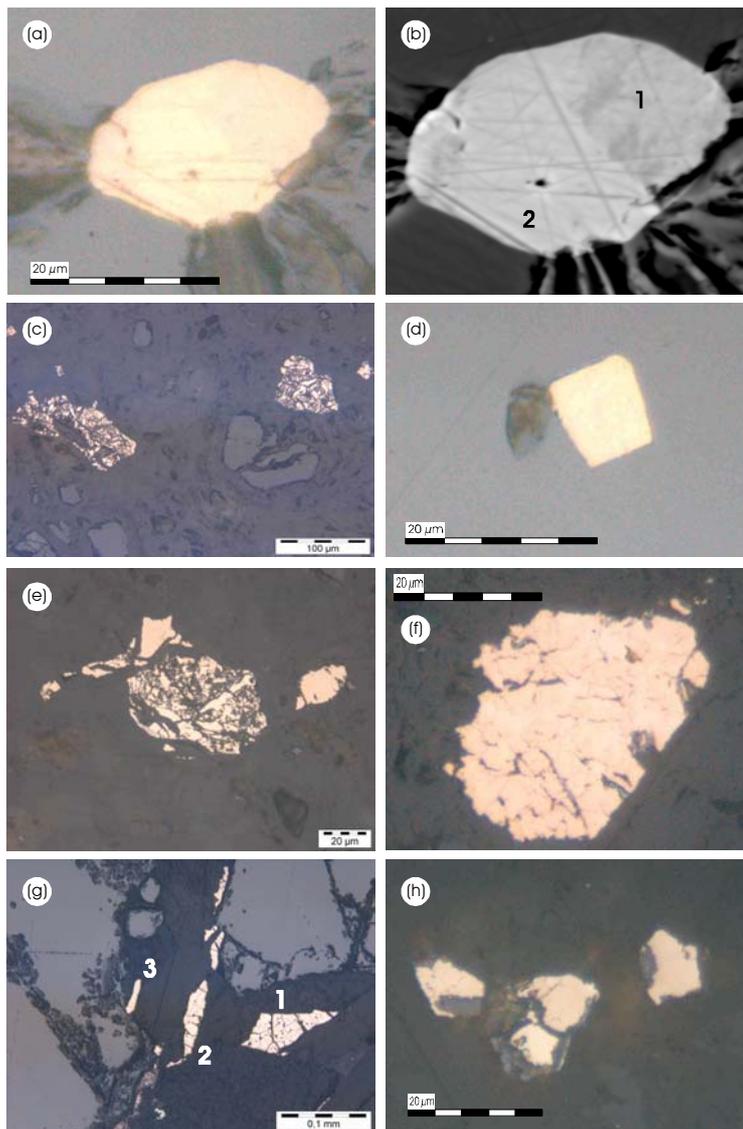


Abb. 16: Feste Einschlüsse innerhalb der Chromite und in der umgebenden Matrix: (a) Pentlandit in Chromit Korn 002 / Probe GR2 (Bild im Auflichtmikroskop); (b) Pentlandit-Korn 002 / Probe GR2 (BSE-Bild); (c) Millerit innerhalb der Silikate Korn 004 / Probe HK1; (d) Pentlandit in Chromit Korn 001 / Probe GR2; (e) Pentlandit innerhalb der Silikate Korn 001 / Probe HK1; (f) Millerit innerhalb der Silikate Korn 006 / Probe GR2; (g) Ni-As-Mineraie innerhalb der Silikate Korn 008 / Probe GR2; (h) Cobalt-Pentlandit innerhalb der Silikate Korn 002 / Probe HK1

### **Cobalt-Pentlandit: $(\text{Co,Ni,Fe})_9\text{S}_8$**

Neben den bereits beschriebenen Pentlanditen sind in der Probe HK1 weitere Cobalt-Pentlandite nachzuweisen, auf welche die in der Literatur beschriebene Formel von  $(\text{Co,Ni,Fe})_9\text{S}_8$  zutrifft. Im Bildausschnitt (Abb. 16h) sind vier gelbe Körner erkennbar, wobei die drei Körner der linken Bildhälfte, wahrscheinlich durch Schnittlageneffekte getrennt, zu einem Korn gehören. Sie befinden sich innerhalb der silikatischen Matrix, umgeben von Serpentinmineralen.

### **Millerit NiS**

Millerit konnte in zwei Proben, HK1 und GR2 (Abb. 16f), innerhalb der Silikate nachgewiesen werden. In der Probe HK1 treten mehrere, relativ große Körner mit Abmessungen von 70 bis 140  $\mu\text{m}$  auf, welche im Schliiff mit unregelmäßigen Formen, stark in Fragmente zerlegt, erscheinen. Die Millerit-Mineralen der Probe GR 2 mit Größen bis 30  $\mu\text{m}$  sind weniger stark zerlegt.

### **Ni-As Minerale**

In der Probe GR2 treten mehrere bisher in der Literatur nicht beschriebene Ni-As-Mineralen, möglicherweise Orcelit, mit einer annähernden Formel von  $\text{Ni}_7\text{As}_3$  auf. (Abb. 16g) Die Minerale mit Größen bis zu 100  $\mu\text{m}$  befinden sich innerhalb der Silikate im Nahbereich von Chromiten. Da die bisherigen Analysen von Orcelit Stöchiometrien mit geringeren Nickelwerten zeigen ( $\text{Ni}_{5-0,23}\text{As}_2$ ), müssen diese hier vorliegenden Minerale in weiteren Untersuchungen besser bestimmt werden.

### **Platingruppenminerale:**

#### **Laurit $(\text{Ru,Os})\text{S}_2$**

Laurit kommt in den Proben FR5, CO2 und JH1 innerhalb der Chromite vor. Die Korngrößen variieren in Bereich um 7  $\mu\text{m}$  und lassen großteils Kristallflächen erkennen. Zwei von sieben untersuchten Mineralen sind reine Rutheniumsulfide, die restlichen Körner weisen bis zu 6 at.% Os auf, wobei im Korn Nr. 2 der Probe CO2 zusätzlich 2,6 at.% Ir auftreten.

#### **Ir-Pt-Fe-Ru-Rh-Os-Legierung**

Diese Legierung kommt in der Probe FR5 im Korn 009 vor und erscheint im Schliiff mit rundlicher Form, wobei zwei Kornbegrenzungen in einem Winkel von 90° zueinander stehen. Die Größe des Kornes beträgt ca. 9 x 8  $\mu\text{m}$ .

Tab. 4: Analysen der festen Einschlüsse (alle Angaben in at. %)

#### Pentlandit

Probe	Korn	Analyse	S	Fe	Ni	Summe
GR2	002	AN 1	51,68	14,21	32,95	98,84
GR2	002	AN 2	45,94	20,78	32,23	98,95
GR2	001	AN 1	45,00	20,15	31,94	97,09
FR5	017	AN 1	46,06	20,60	30,08	96,74
CO2	005	AN 1	46,67	19,00	31,62	97,29
JH1	011	AN 1	49,35	11,88	36,23	97,46
HK1	001	AN 1	46,53	27,21	26,07	99,81

#### Cobalt - Pentlandit

Probe	Korn	S	Fe	Co	Ni	Summe
HK1	002	47,15	21,14	7,98	24,50	100,77

#### Cu - Fe - S Mineral

Probe	Korn	Analyse	S	Fe	Cu	Summe
FR5	032	AN 1	40,30	7,84	50,68	98,82

#### Millerit

Probe	Korn	Analyse	S	Ni	Summe
HK1	006	AN 1	38,85	61,11	99,96
HK1	004	AN 1	39,88	59,81	99,69
GR2	006	AN 1	46,73	53,11	99,84
GR2	005	AN 1	47,46	52,33	99,79

#### Ni - As Minerale

Probe	Korn	Analyse	Ni	As	Summe
GR2	008	AN 1	69,22	29,79	99,01
GR2	008	AN 2	70,75	28,44	99,19
GR2	008	AN 3	68,53	29,79	98,32

### **Pt-Fe-Legierung**

In der Probe CO2 kommt ein, aufgrund seiner geringen Abmessungen sehr schwer zu analysierendes Platingruppenmineral, mit Kantenlängen von ca.  $1 \times 1,5 \mu\text{m}$ , vor (Korn Nr. 004). Es befindet sich im Zentrum eines Chromitkornes, erscheint im Schliff mit unregelmäßiger Form und lässt keine Kristallumrisse erkennen. Neben Pt und Fe treten noch geringere Mengen an As und Os auf.

### **Stibiopaladinit $\text{Pd}_5\text{Sb}_2$**

Im Randbereich eines der bereits beschriebenen Ni-As-Mineralen tritt ein Pd-Sb-Mineral auf, wobei es sich wahrscheinlich um Stibiopaladinit handelt. Aufgrund der geringen Ausmaße von ca.  $5 \times 3 \mu\text{m}$  und der unmittelbaren Nachbarschaft zu dem Ni-As-Mineral lassen sich nur annähernde Mischanalysen durchführen. Trotzdem kann man aufgrund der stöchiometrischen Zusammensetzung von 50 at.% Paladium zu 20 at.% Antimon auf das entsprechende Mineral schließen.

### **Laurit-Iridium-Osmium**

Das Korn 004 der Probe FR5 ist aus zwei unterschiedlichen Platingruppenmineralen aufgebaut (Abb. 17) und befindet sich im Zentrum eines Chromitkornes. Das Trägerkorn mit Kantenlängen von  $9,5 \times 6,5 \mu\text{m}$  hat eine flachovale Form und lässt teilweise Kristallflächen erkennen. Bei diesem Korn, welches selbst wahrscheinlich aus zwei Mineralen, links und rechts des leistenförmigen Einschlusses, besteht, handelt es sich um Laurit. Aus der Elementverteilungs-Analyse können die schwankenden Os und Ir Werte entnommen werden. Im Trägerkorn ist in einem Winkel von ca.  $35^\circ$  zur langen Achse ein weiteres Platingruppenmineral eingelagert. Dieses Mineral besitzt eine nadelige Form, wobei seine Länge ca.  $8,5 \mu\text{m}$  beträgt und seine Breite im Bereich von ca.  $0,5 \mu\text{m}$  liegt. Aufgrund dieser geringen Größe lässt es sich nur sehr schwer analysieren, es scheint aber der Elementverteilungs-Analyse zufolge, nur aus Ir und Os zu bestehen, wobei die gemessenen S und Ru Werte aus der Umgebung her streuen.

In der Probe FR5 ist ein zweites Korn (Nr. 029) mit sehr ähnlichem Aufbau zu finden. (Abb. 19) An dem größeren zweiphasigen Lauritmineral mit variierenden Ru, Os und Ir Werten, ist ein leistenförmiges Mineral, aus Ir und Os aufgebaut, angelagert. Auch dieses Mineral ist aufgrund seiner geringen Ausmaße leider nicht zielführend zu analysieren.

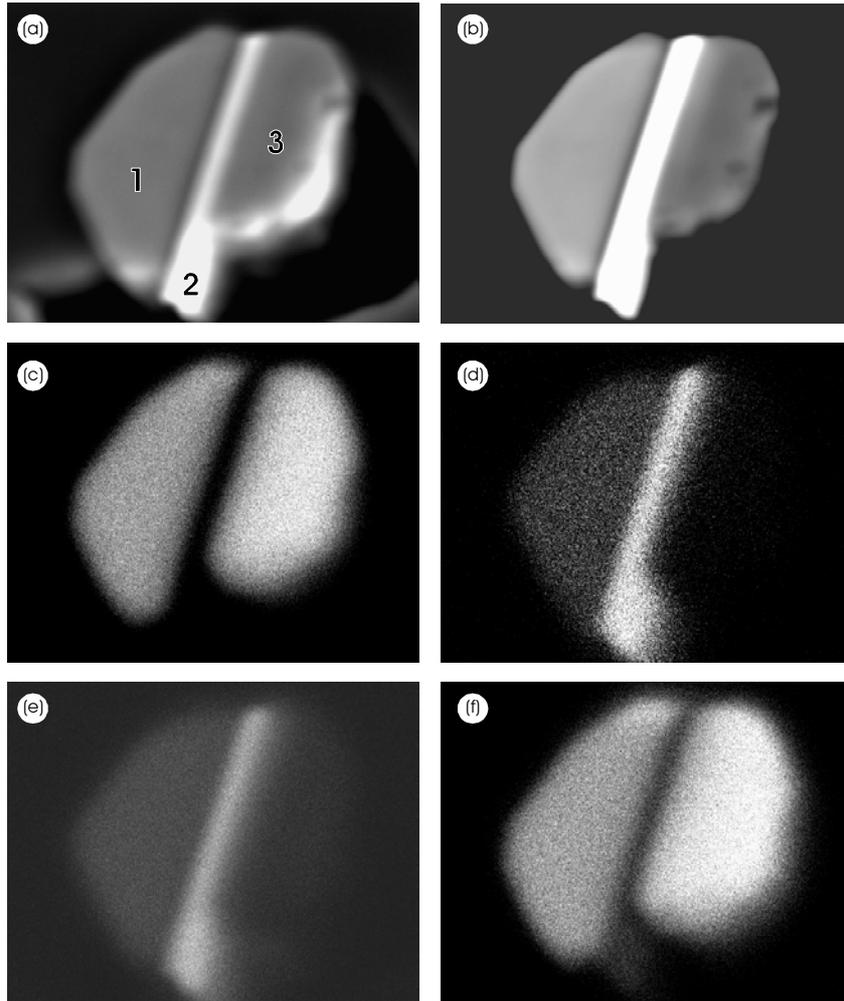


Abb. 17: Elementverteilungsbilder des Kornes 004 der Probe FR5: (a) Sekundärelektronen-Bild; (b) Rückstreuerelektronen-Bild; (c) Schwefel- $K\alpha_1$  Strahlung; (d) Osmium- $L\alpha_1$  Strahlung; (e) Iridium- $M\alpha_1$  Strahlung; (f) Ruthenium- $L\alpha_1$  Strahlung

### Laurit und Ir-Os-Fe-Rh-Ru-Pt-Legierung

Das polyphase Korn 010 der Probe FR5 besteht aus zwei Platingruppenmineralen, welche sich im Zentrum eines Chromitkornes befinden. Bei dem größeren Korn handelt es sich wieder um Laurit und es besitzt, wie bereits bei anderen Körnern beobachtet, eine sechseckige Form mit einem Durchmesser von ca. 7,5  $\mu\text{m}$ . Das

kleinere Korn mit Kantenlängen von ca.  $3 \times 1,7 \mu\text{m}$ , steht mit dem größeren Korn in scharfem Kontakt und zeigt ebenfalls eine sechseckige Gestalt, wobei die Flächenwinkel  $120^\circ$  betragen. Chemisch besteht dieses Korn aus einer Legierung mit hohen Anteilen an Ir und Os, ist aber aufgrund seiner geringen Ausmaße relativ schwer zu analysieren.

### **Laurit, Pt-Ru-Ir-Os-Rh-Legierung und Pt-Fe Legierung**

Durch auflichtmikroskopische Untersuchungen konnten das Korn 018 der Probe FR5 in zwei Platingruppenminerale differenziert werden, welche sich im Zentrum eines Chromitkornes befinden. (Abb. 18) Die Kantenlängen der Minerale betragen ca.  $7 \times 4 \mu\text{m}$  bzw.  $1 \times 1,9 \mu\text{m}$ . Bei dem kleineren Mineral handelt es sich um Laurit ohne Gehalte an Ir und Os. Das größere Korn konnte im Zuge einer Element-Verteilungs-Analyse weiter in zwei verschiedene Legierungen, eine Pt-Ru-Ir-Os-Rh-Legierung und eine Pt-Fe-Legierung unterteilt werden. Da die Pt-Fe-Legierung durch eine ungünstige Schnittlage, ähnlich einer Lamelle, über der ersteren Legierung zu liegen scheint, sind Analysen zur Differenzierung der beiden nur sehr schwer möglich. Aus diesem Grund wurde eine Gesamtanalyse im Überlappungsbereich durchgeführt.

### **Sulfid, Arsenid, Geversit**

Das Korn 008 Min 4 besteht höchstwahrscheinlich aus mehreren unterschiedlichen Sulfiden und Arseniden mit einem angelagerten Geversit ( $\text{PtSb}_2$ ). (Abb. 20) Die chemische Analyse des Gesamtminerals zeigt das Auftreten von etwa gleich vielen Atomprozent Schwefel und Arsen gemeinsam mit den Platingruppenelementen Ir, Rh, Pt, Ru und Os. Das sehr kleine angelagerte Pt-Sb-Mineral weist trotz einer anzunehmenden Mischanalyse die Stöchiometrie des Geversites auf.

Die Ergebnisse aller durchgeführten Analysen finden sich in der Tabelle 5.

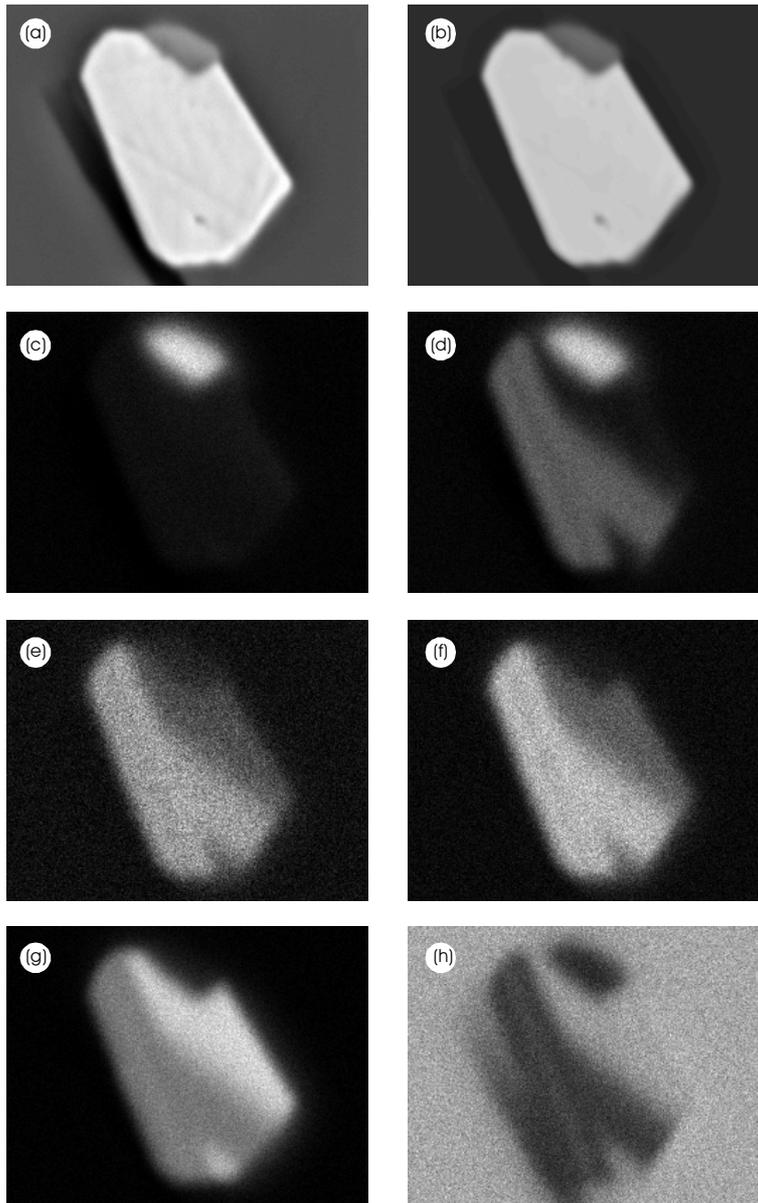


Abb. 18: Elementverteilungsbilder des Kornes 018 der Probe FR5: (a) Sekundärelektronen-Bild; (b) Rückstreuerelektronen-Bild; (c) Schwefel- $K\alpha_2$ -Strahlung; (d) Ruthenium- $L\alpha_1$ -Strahlung; (e) Osmium- $L\beta_2$ -Strahlung; (f) Iridium- $L\alpha_1$ -Strahlung; (g) Platin- $M\alpha_1$ -Strahlung; (h) Eisen- $K\alpha_2$ -Strahlung

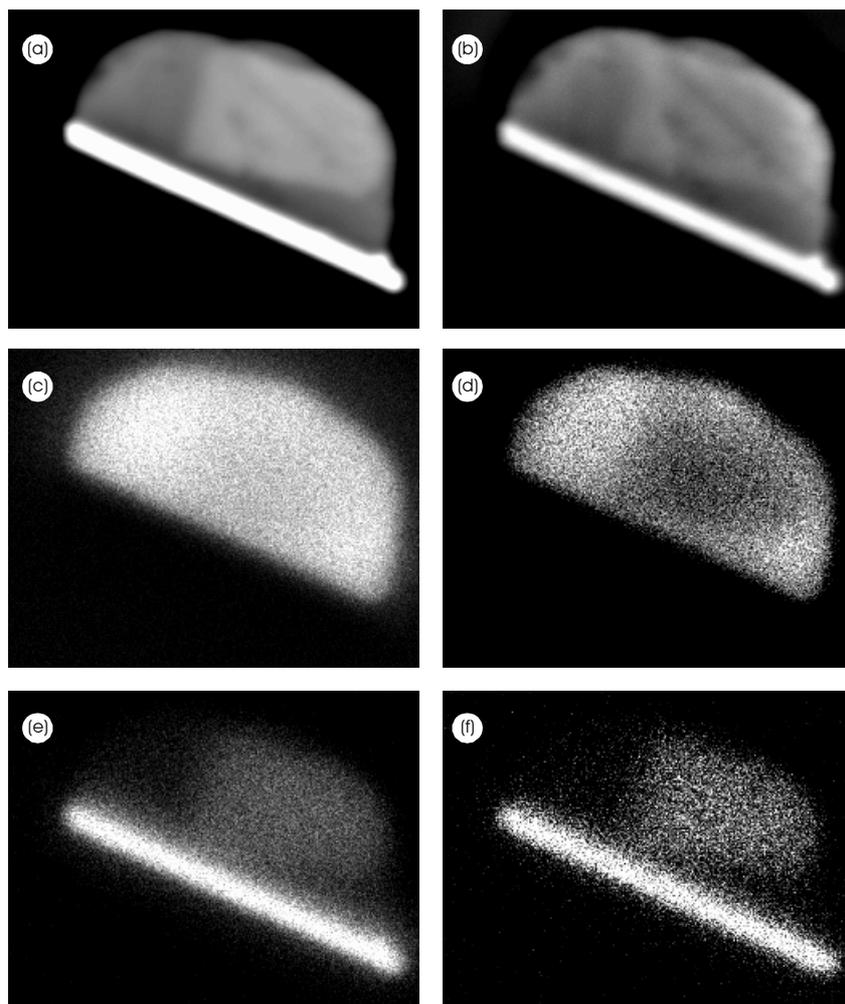


Abb. 19: Elementverteilungsbilder des Kornes 029 der Probe FR5: (a) Rückstreuerelektronen-Bild; (b) Sekundärelektronen-Bild; (c) Schwefel- $K\alpha_1$ -Strahlung; (d) Ruthenium- $L\alpha_1$ -Strahlung; (e) Iridium- $M\alpha_1$ -Strahlung; (f) Osmium- $L\alpha_1$ -Strahlung

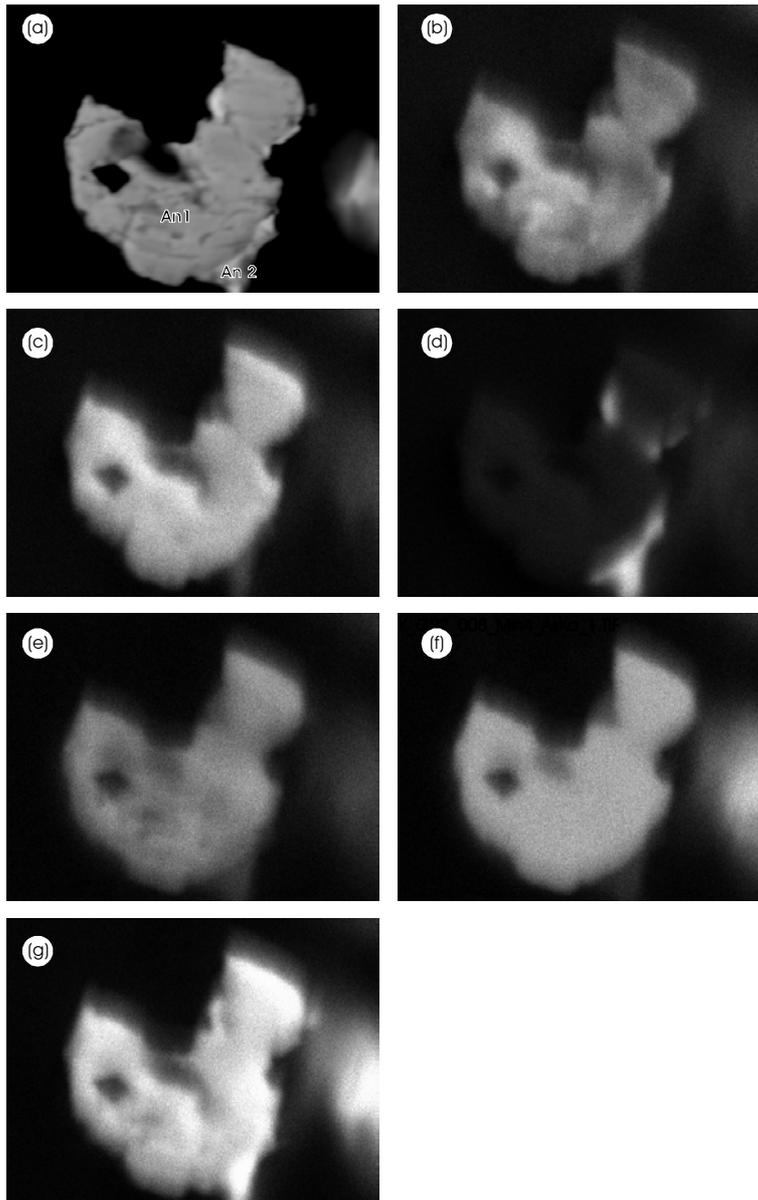


Abb. 20: Elementverteilungsbilder des Kornes 008 der Probe GR2: (a) Rückstreuerelektronen-Bild; (b) Rhodium- $L\alpha_1$  Strahlung; (c) Schwefel- $K\alpha_1$ -Strahlung; (d) Antimon- $L\alpha_1$ -Strahlung; (e) Iridium- $L\alpha_1$ -Strahlung; (f) Arsen- $K\alpha_1$ -Strahlung; (g) Platin- $M\alpha_1$ -Strahlung

Tab. 5: Analysen der Platingruppenminerale

**Einphasige Minerale**

**Ir - Pt - Fe - Ru - Rh - Os Legierung:**

Probe	Korn	Analyse	Fe	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	Summe
FR5	009	AN 1	12,67	12,27	11,75	10,66	30,53	23,69	101,57

**Stibiopaladinit**

Probe	Korn	Analyse	Ni	As	Pd	Sb	Summe
CO2	008_2	AN 1	(19,02)	(7,01)	50,29	20,53	

**Polyphase Minerale**

**Laurit - Iridium - Osmium:**

Probe	Korn	Analyse	S	Ru	Rh	Os	Ir	Summe
FR5	004	AN 1	65,75	24,58	0,90	4,29	1,66	97,18
FR5	004	AN 2	(43,82)	(23,54)	(2,00)	(13,77)	(12,83)	
FR5	004	AN 3	64,89	28,88	1,07	1,67	1,44	97,95

**Laurit und Ir - Os - Fe - Rh - Ru - Pt Legierung:**

Probe	Korn	Analyse	Fe	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	Summe
FR5	010	AN 1	7,49	3,05	5,33	24,22	53,37	2,74	96,20

**Laurit und Ir - Os - Fe - Rh - Ru - Pt Legierung:**

Probe	Korn	Analyse	Fe	Ru	Rh	Os	Ir	Pt	Summe
FR5	018	AN 1	15,00	24,79	6,63	9,14	17,66	25,06	98,28

Probe	Korn	Analyse	S	As	Ru	Rh	Sb	Os	Ir	Pt	Summe
GR2	008_4	AN 1	32,26	30	2,68	8,97	0,47	1,96	17,22	3,95	97,51
GR2	008_4	AN 2	1,52	4,87		0,86	59,19	0,86	0,13	29,88	97,31

## 8. Interpretation und Diskussion

Die statistische Bearbeitung der Vorkommen von Chrom, Nickel, Eisen und Mangan der Gesamtgesteinsanalysen konnte ältere Arbeiten, die Bereiche erhöhter Konzentrationen herauszufinden versuchten, relativieren und zeigt, dass diese Elemente über das gesamte Kraubath-Massiv, abgesehen von punktuellen massiven Anreicherungen, relativ gleichmäßig verteilt sind. Diese Annahme wird durch die Abwesenheit von lokalen oder regionalen Konzentrationszentren, welche mittels statistischer Methoden zu finden versucht wurden, nochmals bestätigt.

Bei der Untersuchung der Bachsedimente konnten richtungsweisende Anomalien der Elementkonzentrationen für mögliche weitere Prospektionen, insbesondere auf Chrom, herausgefunden werden und bestätigten somit die gewählte Methode. Die Untersuchung der chromvererzten Gesteine konnte Zonierungen der Chrom-Spinelle in allen untersuchten Gebieten nachweisen und

im Bezug auf feste Einschlüsse ein bis dato in Kraubath noch nicht beschriebenes Mineral (Orcelit) nachweisen. Die Beschreibung der auftretenden Platingruppenminerale diene der Abrundung dieser Arbeit.

Aufgrund dieser Ergebnisse könnten in weiterer Folge noch Untersuchungen durchgeführt werden, um die aufgeworfenen Fragen zu beantworten. Einerseits könnten auf lokaler Ebene mit geringen Probenabständen die regional nicht in regelmäßiger Form anzutreffenden Konzentrationsverteilungen evaluiert werden. Weiterführende Untersuchungen der Bachsedimente könnten durch vermehrte Probennahme verbessert und der Einfluss der Kontamination aus dem Hinterland durch den Vergleich von Proben am Zutritt der Bäche zum Kraubath-Massiv mit jenen am Austritt bestimmt werden. Den durch die Sedimentanalysen im Pöttlergraben prognostizierten Vererzungen könnte in weiteren Untersuchungen nachgegangen und etwaige Lagerstätten gesucht werden. Das Nickel-Arsen-Mineral, welches bei den Untersuchungen der festen Einschlüsse angetroffen wurde, sollte aufgrund der abweichenden stöchiometrischen Zusammensetzung zu der des Orcelits eingehender mineralogisch bearbeitet werden.

Diese Arbeit diene der Erlangung des Bakkalaureus-Titels der Erdwissenschaften für einen der Autoren (P.K.).

---

## **Danksagung**

Albert Schedl von der Geologischen Bundesanstalt in Wien danken wir für die Unterstützung bei der Suche nach den Chromitvererzungen und für die sehr entgegenkommende Bereitstellung des umfangreichen Datenmaterials. Ingomar Fritz und Bernd Moser vom Landesmuseum Joanneum danken wir für die Unterstützung und die Bereitstellung von Daten und Kartenmaterial. Dank gilt auch der Montanbehörde Süd in Leoben für die Bereitstellung der archivarischen Geschäftsberichte und dem Land Steiermark für die Bereitstellung von Luftbildern. Bei der Danksagung sind natürlich alle Kollegen des Instituts für Erdwissenschaften der Karl-Franzens-Universität Graz, die uns mit Rat und Tat zur Seite standen, nicht zu vergessen!

## **Literatur**

ANGEL, F. (1964): Petrographische Studien an der Ultramafit-Masse von Kraubath (Steiermark) – Joanneum, Mineralogisches Mitteilungsblatt 2/1964, 1-125.

- BLUM, Th. (1866): Massen-Lagerungs-Karte vom Chromerz Bergbau am rechten Murufer südlich von Kraubat in den Gemeinden Preg und Niederdorf. – Nachlass Theodor Blum, Geologische Bundesanstalt Wien.
- BLUM, Th. (1881): Karte des Mitterberger Erzbruches. – Nachlass Theodor Blum, Geologische Bundesanstalt Wien.
- BLUM, Th. (1921): Meereshöhen des Schurfgebietes in Kraubath. – Unveröffentlichter Bericht, Leoben 1921.
- CLAR, E. (1929) Geologische Karte der Umgebung des Serpentinstockes von Kraubath in Steiermark, aufgenommen von E. Clar in Graz. – Beilage zu: Über die Geologie des Serpentinstockes von Kraubath und seiner Umgebung. – Mitt. Naturw. Ver. Stmk 64/65, 178-219.
- CORNELIUS, H.P. (1944): Das Chromeisenerz von Kraubath. – Unveröffentlichter Bericht, Wien 1944.
- HADITSCH, J.G.; PETERSEN-KRAUB, D.; YAMAC, Y. (1981): Beiträge für eine geologisch-lagerstättenkundliche Beurteilung hinsichtlich einer hydrometallurgischen Verwertung der Kraubather Ultramafitmasse. – Mitt. Abt. Geol. Paläontol. Bergbau Landesmus. Joanneum 42, 23-78.
- HIESSLEITNER, G. (1938): Das Chromerzvorkommen bei Kraubath. – Unveröffentlichter Bericht, Graz 1938.
- HIESSLEITNER, G. (1953): Der magmatische Schichtbau des Kraubather chromerzführenden Peridotitmassivs. – Fortschritte Mineralogie 32, 75-78.
- HIESSLEITNER, G. (1953): Nachtragsbericht Cromvorkommen Kraubath (Ergänzung zum Erstbericht vom Jänner 1952). – Unveröffentlichter Bericht, Graz 1953.
- K.k. Revierbergamt Loeoben (1915): Amtsbericht über die Befahrung des Chromerzbergbaues Kraubath und des angrenzenden Schurfgebietes am 28.Juli 1915. – Unveröffentlichter Bericht, Leoben 1915.
- MALITCH, K.N.; MELCHER, F.; MÜHLHANS, H.W. (2001): Paladium and gold mineralisation in podiform chromitite at Kraubath, Austria. – Mineralogy and Petrology 73, 247-277.
- MALITCH, K.N.; THALHAMMER, O.A.R.; KNAUF, V.V.; MELCHER F. (2003): Diversity of platinum-group mineral assemblages in banded and podiform chromitite from the Kraubath ultramafic massif, Austria: evidence for an ophiolitic transition zone? - Mineralium Deposita, Volume 38, Number 3, 282-297.
- MELCHER F. & MALI H. (1998): Platingruppenminerale in Chromiten von Kraubath. – Mitt. Abt. Miner. Landesmuseum Joanneum, Heft 62/63, 39-48.
- MELCHER F. (2000): Chromite and paladium-group elements as indicators of mantle petrogenesis. – Thesis, Mining University of Leoben, 202pp.
- MELCHER, F.; MEISEL, T.; PUHL, J.; KOLLER, F. (2002): Petrogenesis and geotectonic setting of ultramafic rocks in the Eastern Alps: constraints from geochemistry. – Lithos 65, 69-112.
- NEUBAUER, F.; FRISCH, W. (1993): The Austro-alpine metamorphic basement east of the Tauern Window. – In: VON RAUMER, J.F.: Pre mesozoic Geology in the Alps. Springer Berlin, 515-536.

- PETERSEN-KRAUB (1978): „Abschlussbericht zur geochemischen Analyse der Gesteine des Serpentinorkommens südlich von St. Stefan ob Leoben (Steiermark) im Rahmen des Forschungsprogramms „Rohstoffsicherheit der Steiermark, Teilprojekt Kraubath“, zur Vorlage bei der Landesregierung Steiermark“. – Unveröffentlichter Bericht, Frankfurt am Main 1978
- REVIERBERGAMT LEOBEN (1930): Amtsbericht des Reg. Bergrates Ing. Dr. Adolf Knapitsch über die Besichtigung des Chromerzbergbaues Kraubath der Friedrich Krupp A.G. in Essen am 8. November 1930. – Unveröffentlichter Bericht, Leoben 1930.
- REVIERBERGAMT LEOBEN (1938): Niederschrift des Revierbergamtes Leoben. – Unveröffentlichter Bericht, Leoben 1938.
- STUMPFL, E.F.; EL AGEED, A. (1981): Hochgrössen und Kraubath- Teile eines paläozoischen Ophiolith- Komplexes. – Mitt. Abt. Geol. Paläontol., Bergbau Landesmus. Joanneum 42, 161-169.
- THALHAMMER, O.A.R.; PROHASKA, W.; MÜHLHANS, H.W. (1990): Solid inclusions in chrome-spinels and platinum group element concentration from the Hochgrössen and Kraubath Ultramafic Massifs (Austria) – Contrib. Mineral. Petrol, 66-80.
- VOEST ALPINE (1980): Endbericht: Technisch – Wissenschaftliche Untersuchung des Ultramafits von Kraubath / Steiermark. – Unveröffentlichter Bericht, Leoben 1980.

Anschrift der Verfasser:

Peter KOLLEGER, Bakk. und Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Aberra MOGESSIE  
Institut für Erdwissenschaften, Bereich Mineralogie und Petrologie  
Karl-Franzens-Universität Graz  
Universitätsplatz 2, A-8010 Graz  
peter.kollegger@stud.uni-graz.at  
aberra.mogessie@uni-graz.at

Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.mont. Heinrich MALI  
Department Angewandte Geowissenschaften  
Lehrstuhl für Geologie und Lagerstättenlehre  
Montanuniversität Leoben  
8700 Leoben, Peter-Tunner-Straße 5

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Joannea Mineralogie](#)

Jahr/Year: 2007

Band/Volume: [4](#)

Autor(en)/Author(s): Kollegger Peter, Mogessie Aberra, Mali Heinrich

Artikel/Article: [Geochemie und Vererzung im Kraubath-Massiv, südöstlich von Kraubath an der Mur, Steiermark, Österreich 53-97](#)