

BEITRÄGE ZUR GEOLOGIE DER SCHWEIZ
GEOTECHNISCHE SERIE - KLEINERE MITTEILUNGEN

Nr. 17

**Die Chrom-Nickelvererzungen
des Peridotitstockes von Finero-Centovalli**

von

O. FRIEDENREICH

Vorwort

Die Schweizerische Geotechnische Kommission dankt Herrn dipl. ing. petr. O. Friedenreich bestens, dass er ihr die nachstehende Arbeit, die zwar wenig umfangreiche, für das westliche Alpengebiet jedoch ungewöhnliche Vererzungserscheinungen in ultrabasischen Gesteinen behandelt, für die Serie „Kleinere Mitteilungen“ zur Verfügung stellte. Für eine allfällige praktische Beurteilung speziell der Nickelvorkommen sei auch auf die zitierten Berichte des Bureau für Bergbau verwiesen.

Zürich, Juli 1956

Der Präsident: Prof. F. DE QUERVAIN

Erscheint gleichzeitig in „Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen“, Band 36, Heft 1, 1956.

Die Chrom-Nickelvererzungen des Peridotitstockes von Finero-Centovalli¹⁾

Von *Otto Friedenreich* (Zürich)

1. Geographische Übersicht	228
2. Geologisch-tektonische Übersicht	228
3. Petrographie des Peridotitstockes von Finero-Centovalli.	230
a) Einführung.	230
b) Die einzelnen Gesteinstypen	230
Der hellgrüne Hornblendeperidotit	230
Der violette Hornblendeperidotit	232
Der dunkelgrüne Hornblendeperidotit	232
Der graue bis schwarze Hornblendeperidotit	233
Der grobkörnige Hornblendeperidotit	233
Der Phlogopitperidotit	234
c) Tabelle der chemischen Analysen	235
4. Die Vererzungserscheinungen	236
a) Situation und Lagerung	236
Valle del Boschetto	236
Valle di Capolo	236
Riale del Motto	236
b) Die Erzminerale	237
Chromit, Pentlandit, Magnetkies, Kupferkies, Ilmenit und Rutil, Magnetit, Spinell	237
c) Strukturelle Beziehungen der Erzminerale	239
I. Paragenese rein oxydischer Natur	240
II. Paragenese oxydischer und sulfidischer Natur (oxydische und sulfidische Erze in gleicher Häufigkeit).	240
III. Paragenese vorwiegend sulfidischer Natur (sulfidische Erze stark vorherrschend)	240
5. Chemische und röntgenographische Daten des Chromites	241
Literaturverzeichnis	242

¹⁾ Erscheint gleichzeitig als „Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, Kleinere Mitteilungen“ Nr. 17.

1. Geographische Übersicht

Im hinteren Teil des Centovalli trifft man auf der rechten Talseite, oberhalb der Orte Palagnedra und Bordei, auf Peridotite. Sie gehören dem Peridotitstock von Finero-Centovalli an. Dieser liegt zu $\frac{1}{3}$ auf Schweizer Gebiet und erstreckt sich im Osten noch 1 km über das Valle di Bordei, auf der italienischen Seite noch 1,5 km in südwestlicher Richtung über Finero hinaus. Er ist 11 km lang und misst an seiner breitesten Stelle etwa 1,8 km (s. Kartenskizze, Fig. 1).

2. Geologisch-tektonische Übersicht

Der Peridotitstock wird von P. WALTER (1950) zu der Zone von Ivrea gerechnet, welche sich neben Granatbiotitgneisen, Biotitgneisen und Kalksilikatifelsen vorwiegend aus basischen Gesteinen, meistens aus Hornblende-Plagioklasgesteinen aufbaut. In Form einer Linse schmiegt er sich an den Nordrand dieser basischen Zone und grenzt nördlich direkt an die Zone von Canavese (feinkörnige Glimmergneise und -schiefer), bzw. an die insubrische Linie. Nördlich an diese Zone schliesst diejenige von Arcegno an, die vor allem aus Biotit-, Zweiglimmer- und Granatbiotitgneisen besteht (Fig. 1). Alle diese Zonen gehören noch der eigentlichen alpinen Wurzelzone an. Im betrachteten Gebiet sind die Gesteine durch steiles Einfallen nach Norden charakterisiert. Sie erstrecken sich alle weit gegen Westen, bzw. Südwesten bis in das Piemont. Im Osten lassen sich die Teilzonen nicht ohne weiteres mit den westlichen parallelisieren, da die Maggia- und die Magadinoebene die Wurzelzone unterbrechen.

Neben dem Peridotit mit seinen Varietäten enthält der Stock noch Hornblendegabbros und Hornblenditgänge, wobei diese beiden Gesteinsarten schätzungsweise $\frac{1}{4}$ des Gesamtvolumens einnehmen. Die Peridotite liegen im allgemeinen mit steilstehender Bankung in Form von langgestreckten Linsen und Zügen ungefähr in der Streichrichtung der Ivreazone dem basischen Zuge angeschmiegt. Die Gabbrozüge sind z. T. konkordant dazwischengeschaltet. Gegen den westlichen Teil des Stockes hin weisen die Peridotite eine intensive Katakklase auf, ohne Anzeichen von Serpentinisierung. In nördlicher Richtung werden die Peridotite immer stärker serpentiniert, bis am Rand ein ganz reiner Serpentin vorliegt, welcher z. T. stark verschiefert sein kann.

Die wichtigsten Arbeiten, die das Untersuchungsgebiet betreffen,

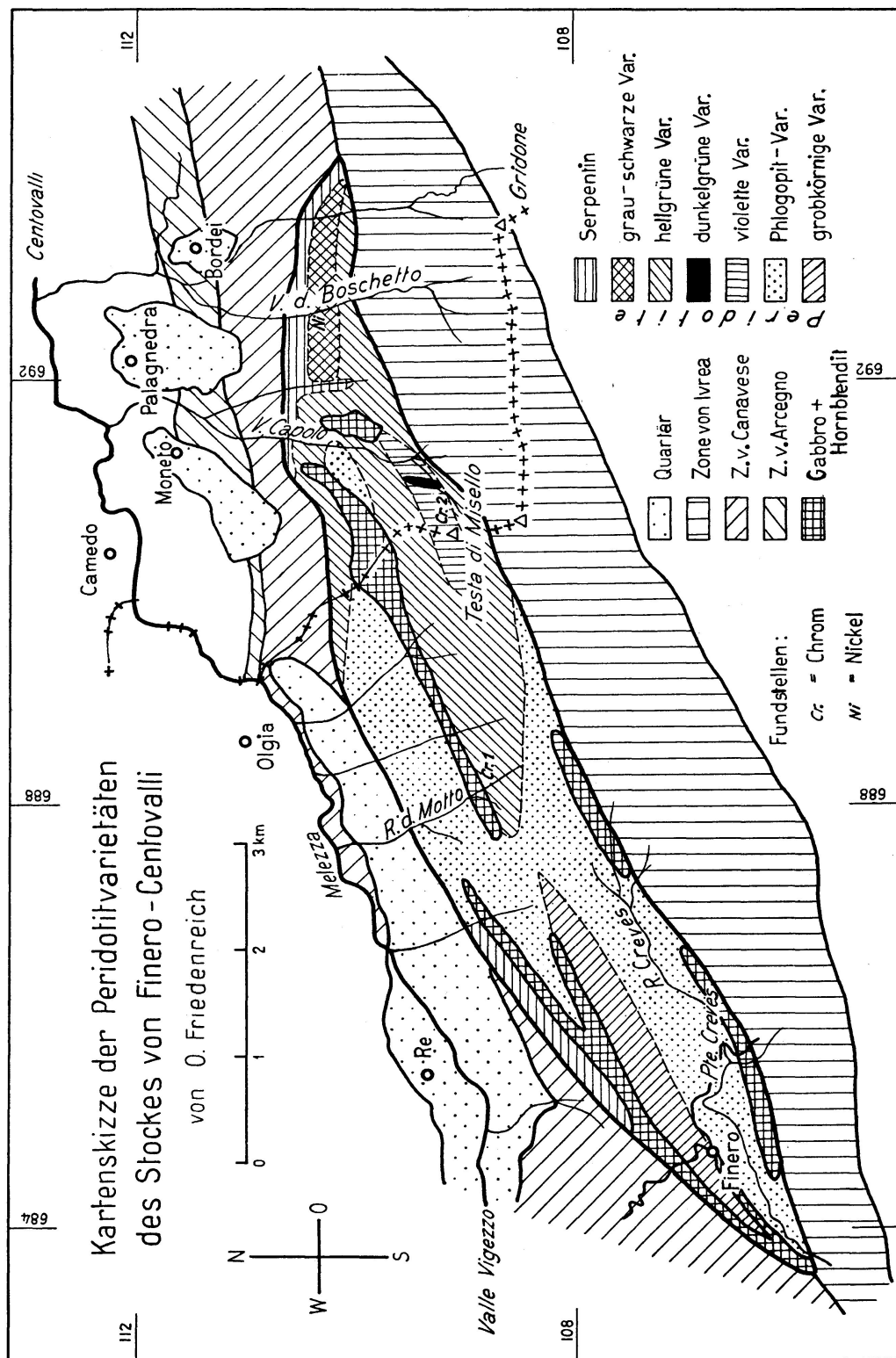


Fig. 1. Kartenskizze der Peridotitvarietäten des Stockes von Finero-Centovalli.

sind die folgenden: C. PORRO betrachtet in seiner Dissertation 1896 die Gegend von Finero bis zur Schweizergrenze. W. RADEFF kartierte und beschrieb 1915 das Gebiet zwischen Landesgrenze, Melezza und dem Lago Maggiore. Die 1950 erschienene Dissertation von P. WALTER betrifft das gleiche Gebiet wie RADEFF. Die Zone von Ivrea wird eingehend nach petrographischen Gesichtspunkten behandelt. Während des zweiten Weltkrieges wurden im Auftrag des Bureaus für Bergbau des Eidg. Kriegs-Industrie- und -Arbeits-Amtes verschiedene, den Ni-Gehalt der Peridotite und Serpentine des Centovalli betreffende Untersuchungen durchgeführt. Die wichtigsten Berichte sind am Schlusse des Literaturverzeichnisses zitiert.

3. Petrographie des Peridotites von Finero-Centovalli

a) Einführung

Im Feld wurden sechs Peridotitvarietäten ausgeschieden und für die folgenden Betrachtungen beibehalten. Eine genaue Abtrennung derselben im Feld ist oft recht schwierig, da sie meistens ohne scharfe Grenzen ineinander übergehen. Demzufolge ist die Wiedergabe der Varietätenverteilung in der Kartenskizze schematisch. Ausgeschieden wurden eine hellgrüne, eine violette, eine dunkelgrüne, eine grau bis schwarze, eine grobkörnige und eine Phlogopitvarietät. Für die nun kurz zu beschreibenden Varietäten sollen der Einfachheit halber die auftretenden Mineralien nur einmal besprochen werden, da sie immer in sehr ähnlicher Art und Weise in allen Peridotiten vorkommen. Ferner soll für jede Varietät die Reihenfolge der Mineralien gemäss ihrer relativen Häufigkeit angegeben werden.

b) Die einzelnen Gesteinstypen

Der hellgrüne Hornblendeperidotit

Makroskopische Kennzeichen: Es ist ein feinkörniges Gestein von typischer, hellgrüner Farbe, ohne Merkmale von Serpentinisierung. Die Varietät tritt nur in der östlichen Hälfte des Stockes auf, wo sie den Hauptteil einnimmt. Sie bildet schätzungsweise $\frac{1}{10}$ des ganzen Peridotitkomplexes und ist als einzige Varietät auf Schweizerseite längs des ganzen Kontaktes mit den Amphiboliten und Noriten der Ivreazone anzutreffen. Sie zeichnet sich besonders dadurch aus, dass sie Trägerin der grössten Chromitanreicherungen aller Peridotite ist. Auf der rechten

Seite des Riale del Motto im Valle Vigizzo (Italien) befindet sich in 1180 m Höhe eine chromitreiche Stelle. Sie ist in der Skizze mit „Cr 1“ (688'830/108'690) bezeichnet. Der Chromit liegt hier in schlieriger bis schmalbändriger Ausbildung horizontaler Lage vor. Ausnahmsweise können Bänder mehrere cm mächtig werden (s. Fig. 2).



Fig. 2. Chromitbänder in hellgrünem Hornblendeperidotit, Riale del Motto.

Chemismus: Dieser hellgrüne Typus wurde analysiert und seine Analyse figuriert in der Tabelle auf Seite 235 unter Nr. 5. Molekularwerte nach Niggli: $si = 51,8$, $al = 1,6$, $fm = 96,5$, $c = 1,5$, $alk = 0,4$, $k = 0,4$, $mg = 0,92$. Chromit dieser Fundstelle wurde isoliert und ebenfalls analysiert (näheres S. 241).

Mineralbestand: Relative Häufigkeit: Olivin – Orthaugit – Chromit – Hornblende. Die Hauptkomponente des Gesteins ist Olivin. Er ist optisch 2achsiger positiv und zeigt fast ausnahmslos Druckzwillingsbildung oder löscht undulös aus. Beim auftretenden Pyroxen handelt es sich um Enstatit. Hornblende ist, wenn immer sie auftritt, hellgrün, mit schwachem Pleochroismus. Sie ist optisch 2achsiger positiv. Es handelt sich hier um die von WALTER bestimmte, eine dem Pargasit nahestehende Hornblende. Das Erz ist Chromit und erscheint in xenomorphen Körnern wechselnder Grösse. Kleinere Körner sind manchmal idiomorph, haben jedoch immer etwas gerundete Ecken.

Struktur und Textur: Das Gefüge ist heterogen. Es scheint, dass der Chromit sich der Kataklaste widersetzt, so dass Olivinkörner, die sich zwischen Chromitbändern befinden, nur schwach kataklastisch sind. In diesem Fall ist die Struktur leicht homöoklastisch. Chromitabsaigerung bewirkt eine bänderige Textur. Tritt der Chromit als Nebengemengteil auf, so ist die Struktur heteroklastisch, bei massiger bzw. mechanisch verschieferter Textur.

Der violette Hornblendeperidotit

Makroskopische Kennzeichen: Dieser Typus ist ein relativ hornblende-reicher Peridotit von dunkler bis violetter Farbe. Er wittert auffallend rostbraun an, zeigt keine wesentlichen Serpentinisierungsmerkmale und ist immer mehr oder weniger deutlich gebankt. Man trifft diese Varietät im hinteren Valle di Capolo. Überall weist sie ein helles Erz von pyrrhotinähnlichem Aussehen und meistens recht feiner Verteilung auf. Ferner enthält sie ebenfalls Chromitanreicherungen, die jedoch weniger beträchtlich als die obengenannten, aber auch lokaler Natur sind. Eine Fundstelle — in der Skizze mit „Cr 2“ (690'950/109'300) bezeichnet — befindet sich zuhinterst im Valle di Capolo auf dessen linker Talseite in einer Höhe von 1320 m. Der Chromit tritt hier nur in schlierenförmiger Ausbildung auf.

Chemismus: Eine Analyse dieser Peridotitart figuriert in der Tabelle auf Seite 235 unter Nr. 4. Molekularwerte nach Niggli: $si = 46,3$, $al = 0,3$, $fm = 98$, $c = 0,8$, $alk = 0,7$, $k = 0,20$, $mg = 0,85$.

Mineralbestand: Relative Häufigkeit: Olivin – Orthaugit – Hornblende – Erze. Neue Mineralien sind sulfidische Erze. Hornblende ist reichlicher vertreten als in der hellgrünen Varietät. Aus den mikroskopischen Untersuchungen geht nicht hervor, worin der violette Farbton des Gesteins beruht.

Struktur und Textur: Das Gefüge ist auch hier heterogen. Die Struktur kann homöo-, hetero- oder porphyroklastisch sein. Die Textur ist im ersten Falle massig, im übrigen zeigt sie mechanische Verschieferung.

Der dunkelgrüne Hornblendeperidotit

Makroskopische Kennzeichen: Das Gestein ist frisch, feinkörnig, von dunkelgrüner Farbe und zeigt keine Anzeichen von Serpentinisierung. Es kommt in Gängen, deren Mächtigkeit zwischen 5—20 cm schwankt, in der violetten Varietät vor. Diese Gänge lassen sich auf mehrere Meter

weit verfolgen, indessen verfangen sie sich oft. Sie wurden nur an einer Stelle beobachtet, und zwar im hinteren Valle die Capolo in einer Höhe von ca. 1200 m.

Mineralbestand: Relative Häufigkeit: Olivin – Hornblende und Orthaugit – Erze – monokliner Augit. Als neues Mineral erscheint hier ein monokliner, farbloser Augit. Es handelt sich um einen diopsidischen Augit, von bedeutend geringerer Häufigkeit als Orthaugit. Hornblende und Orthaugit sind gleich häufig vertreten. Chromit und sulfidische Erze sind regellos verstreut.

Struktur und Textur: Die Struktur ist homöo- bis heteroklastisch, die Textur massig.

Der graue bis schwarze Hornblendeperidotit

Makroskopische Kennzeichen: Es ist ein dichtes Gestein von grauer, dunkelgrauer bis schwarzer Farbe mit verschieden starker Serpentinisierung. Es ist nur im Ostzipfel des Peridotitkomplexes anzutreffen. Kennzeichnend für diese Varietät sind die stärksten Serpentinisierungen des ganzen Stockes. Diese können in solchem Masse erfolgt sein, dass fast vollständig umgewandelte Peridotite vorliegen. Zu diesen ist auch der schwarze Stock zu rechnen, welcher die grössten Nickelerz-Anreicherungen aller Peridotite in sich birgt. Die Nickelfundstelle ist in der Skizze mit „Ni“ (692'650/110'670) bezeichnet und liegt im Valle del Boschetto in 780 m Höhe am Bach. Im übrigen ist die Vererzung dieser Varietät gering.

Chemismus: In der Tabelle auf Seite 235 ist eine Analyse dieses Gesteins unter Nr. 1 angeführt. Molekularwerte nach Niggli: si = 49,5, al = 3, fm = 96, c = 0,5, alk = 0,5, k = 0,33, mg = 0,90.

Mineralbestand: Relative Häufigkeit: Olivin – Orthaugit – Hornblende – monokliner Augit – Erze. Der erstmals hier vorzufindende Magnetit hält sich ausschliesslich an die Serpentinadern.

Struktur und Textur: Die Struktur kann hetero- bzw. porphyroklastisch sein, die Textur ist massig oder mechanisch verschiefert. In einigen Dünnschliffen wurden beide Strukturtypen festgestellt; die Textur wies dann immer mechanische Verschieferung auf.

Der grobkörnige Hornblendeperidotit

Makroskopische Kennzeichen: Das Gestein ist frisch, grobkörnig und von graugrüner bis braungrüner Farbe. Es wird nur im westlichen Teil

des Stockes angetroffen. Dieser Peridotit zeichnet sich einerseits durch seine Grobkörnigkeit aus und andererseits enthält er weitaus am meisten Hornblende und Orthaugit von allen Varietäten, wobei der Gehalt dieser Mineralien zusammen dem an Olivin beinahe gleichkommt.

Mineralbestand: Relative Häufigkeit: Olivin – Hornblende und Orthaugit – Chromit. Monokliner Augit wird hier nicht beobachtet. Hornblende und Orthaugit kommen in gleicher Häufigkeit vor. Der eher spärlich auftretende Chromit ist das einzige Erz.

Struktur und Textur: Die Struktur ist homöo- bis heteroklastisch, die Textur massig.

Der Phlogopitperidotit

Makroskopische Kennzeichen: Er ist dicht und von hellgrüner bis dunkelgrüner Farbe, wobei hervorzuheben ist, dass der Phlogopit in die S-Flächen eingeregelt ist. Merkliche Anzeichen von Serpentinisierung sind keine vorhanden. Dieser am reichlichsten vertretene Peridotit nimmt schätzungsweise $\frac{1}{10}$ des Gesamtvolumens ein. Er erstreckt sich vom Westzipfel des Stockes über den mittleren Teil, wo er mächtig zur Entfaltung gelangt, bis in das Valle di Capolo. Hier ist das Gestein von hellgrüner Farbe. Im Riale del Motto ist es gefaltet (Faltenachse im generellen Streichen der Wurzelzone) und intensiv kataklastisch. Die schönen Aufschlüsse am Ponte Creves bei Finero zeigen auch noch starke Kataklaste, jedoch hat das Gestein eine dunkelgrüne, manchmal ins Blaugraue streichende Farbe.

Chemismus: Eine Analyse des Phlogopitperidotites vom Ponte Creves ist in der Tabelle auf Seite 235 unter Nr. 3 angeführt. Molekularwerte nach Niggli: si = 57, al = 1, fm = 97,5, c = 0, alk = 1,5, k = 0,66, mg = 0,90.

Mineralbestand: Relative Häufigkeit: Olivin – Phlogopit – Orthaugit – Hornblende – Chromit – sulfidische Erze. Als neues Mineral ist Phlogopit zu nennen. Er zeigt einen auffallenden Pleochroismus. Für n_{α} ist er fast farblos, für n_{β} hellbraun. Der Olivin löscht wie in allen übrigen Varietäten undulös aus oder zeigt gelegentlich Druckzwillingbildung. Die Hornblende ist hier manchmal schön idiomorph ausgebildet. Der akzessorische Chromit ist in kleinen, gerundeten Körnern zwischen die andern Mineralien gestreut, ebenso die spärlichen sulfidischen Erze.

Struktur und Textur: Das Gefüge ist heterogen; die Struktur kann homöo-, hetero- oder porphyroklastisch sein. Im ersten Falle ist die Textur massig, im übrigen beobachtet man mechanische Verschieferung.

c) Tabelle der chemischen Analysen

	1	2	3	4	5
SiO ₂	34,43	42,83	43,00	37,37	39,64
TiO ₂	0,01		0,42	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	3,65	2,12	1,44	0,28	1,51
Fe ₂ O ₃	4,75	1,84	4,13	14,34	7,17
FeO	3,45	5,71	4,10	1,17	3,61
MnO	0,06	0,16	0,02	0,08	0,02
MgO	40,65	43,12	44,40	45,11	45,59
CaO	0,38	1,82	0,00	0,57	1,05
Na ₂ O	0,11		0,36	0,54	0,21
K ₂ O	0,09		1,11	0,18	0,23
H ₂ O ⁺	11,39	0,63	0,62	0,05	0,21
H ₂ O ⁻	0,38	0,10	0,00	0,02	0,04
S	0,21				
P ₂ O ₅		0,06		0,00	0,00
Cr ₂ O ₃	0,045	0,63	0,03	0,16	0,94
V ₂ O ₃	0,01				
NiO	0,41	0,92	0,71	0,18	0,00
	100,025	99,94	100,34	100,05	100,22

Molekularwerte nach P. NIGGLI:

si	49,5	58	57	46,3	51,8
al	3	1,5	1	0,3	1,6
fm	96	96	97,5	98	96,5
c	0,5	2,5	0	0,8	1,5
alk	0,5	0	1,5	0,7	0,4
k	0,33	0	0,66	0,20	0,4
mg	0,90	0,91	0,90	0,85	0,92

- Analyse 1: Fundort: Valle del Boschetto
 Gestein: Schwarzer, pentlanditführender Hornblendeperidotit
 Analytiker: G. BECK
- Analyse 2: Fundort: Testa di Misello
 Gestein: Hornblendeperidotit
 Analytiker: L. HEZNER
- Analyse 3: Fundort: Ponte Creves bei Finero (Italien)
 Gestein: Phlogopitperidotit
 Analytiker: J. JAKOB
- Analyse 4: Fundort: Valle di Capolo
 Gestein: Hornblendeperidotit, violette Art
 Analytiker: O. FRIEDENREICH
- Analyse 5: Fundort: Riale del Motto, Valle Vigezzo
 Gestein: Hornblendeperidotit, hellgrüne Art
 Analytiker: O. FRIEDENREICH

4. Die Vererzungserscheinungen

a) Situation und Lagerung

Valle del Boschetto

Auf der rechten Seite des Valle del Boschetto trifft man in 780 m am Bach einen schwarzen Peridotit (Koord.: 692'650/110'670) (Analyse Nr. 1, Tabelle s. S. 235). In ihm liegt die bedeutendste Nickelerzfundstelle des Peridotitstockes von Finero (s. Fig. 1). Er fügt sich in Form einer besonders stark serpentinierten Linse in den dunkelgrauen Hornblende-peridotit dieses Tälchens ein. Die Linse, die an dieser Stelle etwa 5 m hoch und 10 m breit ist, zeigt starke tektonische Beanspruchung und Verruschelung. Auf dem schwarzen Hintergrund des Gesteins zeichnen sich schon makroskopisch glänzende Erztropfen ab. Die Erzpartikel sind im allgemeinen von rundlich-elliptischer Gestalt und messen durchschnittlich 1—2 mm in der Länge und knapp 1 mm in der Breite. Größere Partikel sind meistens unregelmässiger Form und können in gangförmige Gebilde bis zu 1 cm Länge übergehen.

Valle di Capolo

Im hinteren Valle di Capolo, gegen die Testa di Misello hinauf, befindet sich in 1320 m Höhe eine chromerzreiche Stelle (Koord.: 690'950/109'300) (s. Fig. 1). Sie liegt in dem rostbraun anwitternden, violetten Hornblendeperidotit (Analyse Nr. 4, Tabelle s. S. 235), der hier relativ dünnbankig und zerklüftet ist und von Ruschelzonen durchzogen wird. Im allgemeinen ist dieser Peridotit Träger von fein verteiltem, hell glänzendem Erz und Chromit, deren beider Konzentration im Gestein stark wechselt. An oben erwähnter, in der Skizze mit „Cr 2“ bezeichneten Stelle tritt Chromit lokal angereichert in Schlieren horizontaler Lage auf. Diese Schlieren sind im Mittel 30—40 cm lang und lassen sich über mehrere Meter verfolgen.

Riale del Motto

Auf der italienischen Seite des Peridotitstockes liegt am Riale del Motto (Valle Vigizzo) in 1180 m Höhe eine chromitreiche Stelle. Sie hat die geographischen Koordinaten 688'830/108'690 und ist in der Skizze mit „Cr 1“ bezeichnet. Der Wirt ist die hellgrüne Peridotitvarietät (Analyse Nr. 5, Tabelle s. S. 235). Im angewitterten Zustande zeigt das Gestein grobe Bankung und die Zerklüftung ist relativ gering. Es ist feinkörnig und weist keine Serpentinisierungsmerkmale auf. Die bezeich-

nete Stelle ist wohl die chromitreichste des ganzen Peridotitkomplexes. Der Chromit ist hier in Schlieren und schmalen Bändern angereichert. Letztere können mehrere cm mächtig werden (s. Fig. 2).

b) Die Erzminerale

Die vorkommenden Erze sind oxydischer und sulfidischer Natur. Die oxydischen sind Chromit, Ilmenit, Magnetit und Rutil, die sulfidischen Pentlandit, Magnetkies, Kupferkies, Vallerit und Cubanit.

Gemäss ihrer relativen Häufigkeit im gesamten Peridotitkomplex geordnet, ergibt sich folgende Reihenfolge: Chromit – Pentlandit – Magnetkies – Kupferkies – Ilmenit – Magnetit – Rutil – Vallerit – Cubanit.

Chromit

Er weist grosse Unterschiede in der Korngrösse auf. Die grössten Körner können bis 2 mm im Durchmesser aufweisen, die kleinsten etwa 0,05 mm. Ebenso sind auch seine Formen recht verschieden. Einige kleine Individuen sind manchmal idiomorph, während sonst durchwegs xenomorphe Formen auftreten. Die Körner können dann gerundet sein oder lappige, zerfetzte und reliktsche Formen haben. Der Chromit ist kataklastisch (s. Fig. 3, Taf. I). Spalten der Gangart können ihn glatt durchsetzen. Kleinere Körner vermögen sich manchmal der Kataklaste zu entziehen. Das Reflexionsvermögen ist gering, jedoch deutlich höher als dasjenige von reinem Chromit. (Zu Vergleichszwecken stand ein Chromitanschliff von den Dun Mountains in Neuseeland zur Verfügung. Chromit kommt rein als FeCr_2O_4 selten vor. Eine der Lagerstätten liegt in den Dun Mountains in Neuseeland.) Randlich oder längs Sprüngen wurde gelegentlich ein höheres Reflexionsvermögen festgestellt. Solche stärker reflektierende Partien erlitten möglicherweise eine Umwandlung durch Verwitterung oder hydrothermale Zersetzung, was offenbar zu eisenreicheren Stellen führte. Verschiedentlich ist in Luft und auffälliger in Öl ein fleckiges Aussehen der Kristalle zu sehen. Mitunter wurde der Eindruck erweckt, dass bei Körneraggregaten eine ganz schwache Anisotropie der Einzelindividuen zu erkennen ist. Diese Tatsache deutet auf tektonische Beanspruchung hin.

Der Chromit kann Einschlüsse von Ilmenit und Rutil enthalten, wobei ersterer stark vorwiegt. Der Ilmenit erscheint in winzigen Tröpfchen oder xenomorphen Körnchen unregelmässiger Verteilung. In einigen wenigen Fällen zeigt sich eine geregelte Verteilung. Zwei senkrecht zueinander stehende und eine zu den beiden in 45°-Stellung sich befindende

Richtung werden wahrgenommen. Die Ilmeniteinschlüsse wurden nur in den hellgrünen und violetten Peridotiten beobachtet.

Pentlandit

Seine Korngrösse liegt zwischen 1 mm und 0,01 mm. Die Formen sind vorwiegend xenomorph. Er kann in Flammen im Magnetkies ausgebildet sein. Merkmale von Kataklase werden an ihm nicht wahrgenommen; im allgemeinen sind sie selten an diesem Mineral. Infolge von Verwitterung bilden sich zahlreiche Risse (schöne Pflasterstrukturen) im Pentlandit. An einigen Stellen kommt es zu Bravoitbildung (s. Fig. 4, Taf. I). Bemerkenswerterweise ist der Bravoit in etlichen Fällen nicht mehr isotrop. Es kann sein, dass hier eine Umwandlung zu einem anderen Nickelmineral stattgefunden hat. Dies mag auch für die mitunter schmutzig aussehenden Pentlandite gelten.

Magnetkies

Seine Korngrössen kommen jenen des Pentlandites gleich. Er tritt fast ausschliesslich in xenomorphen Kristallen auf. Merkmale von Kataklase sind keine festzustellen. Der Magnetkies enthält zweierlei Einschlüsse. Pentlandit findet sich als Entmischungslamellen flammenförmig vor. Des öftern beobachtet man auch das sog. „Zwischenprodukt“ (s. Fig. 5, Taf. II). Gegenüber seinem Wirt ist es merklich heller, von grau-weissem Farbton und zeigt lebhaft Anisotropieeffekte. Im allgemeinen wird bei der häufigsten Umwandlung von Magnetkies Markasit gebildet. Dies geschieht über eine Zwischenstufe, dem sog. „Zwischenprodukt“. Ausgehend von Spaltrissen und Sprüngen entsteht dasselbe unmittelbar aus Magnetkies. Die Verwitterung griff jedoch nirgends so stark um sich, dass es zur Bildung von Markasit kommen konnte.

Kupferkies

Die grössten Körner haben etwa 0,5 mm in ihrer Ausmessung. Es kommen alle Übergänge bis zu kleinsten, nicht mehr gut messbaren Individuen vor. Die Formen sind vorwiegend xenomorph; Merkmale von Kataklase sind keine vorhanden. An einer Stelle wurde im Kupferkies ein idiomorpher Valleriit von 0,09 mm Länge und ein winziges Korn von Cubanit festgestellt.

Ilmenit und Rutil

Ihre Korngrössen sind 0,03 mm im Durchschnitt und kleiner. Kommt der Rutil ausschliesslich als Einschluss im Chromit vor, so kann der Il-

menit auch „selbständig“ auftreten. Ihre Formen sind durchwegs xenomorph.

Magnetit

Die grössten beobachteten Körner sind 0,05 mm im Durchmesser und sind bis zu den kleinsten alle xenomorph.

Spinell

In Anschliffen der Nickelfundstelle im Valle del Boschetto wurde in Gesellschaft von Pentlandit ein nur hier auftretendes Mineral vorgefunden. Es zeigt eine typische Verdrängungsstruktur im Pentlandit und ist in langen, spiessigen Individuen ausgebildet und geht der kubischen Spaltbarkeit des Pentlandits nach. Seine Helligkeit liegt sehr wenig unter derjenigen von Magnetit, ist jedoch merklich höher als die von Chromit. Der Farbton ist grauweiss und dem des Chromites ziemlich ähnlich. Am durchwegs Isotropie zeigenden Mineral werden weder Reflexionspleochroismus noch Innenreflexe beobachtet. Zur genaueren Identifizierung wurde noch eine Röntgenpulveraufnahme des sich als magnetisch erweisenden Mineralgemisches (Pentlandit und (?) Mineral) vorgenommen. Nach Eliminierung der Pentlanditlinien aus dem Diagramm der d-Werte zeigten die verbleibenden Linien Spinellstruktur. Der Vergleich mit einem Magnetit-Diagramm ergab, dass das Mineral diesem sehr ähnlich ist, doch einen um wenig abweichenden Chemismus haben muss. Es handelt sich hier um ein magnetitähnliches Mineral mit Spinellstruktur, dessen Bildung sekundärer Natur ist und dessen Entstehung mit der Serpentinisierung in Zusammenhang stehen muss. In frischen Gesteinen wurde es nirgends wahrgenommen (s. Fig. 6, Taf. II).

c) Strukturelle Beziehungen der Erzminerale

Die Erze kommen wohl an den genannten Orten stark angereichert vor, daneben sind sie im allgemeinen regellos und in stark schwankender Konzentration im Gestein verteilt.

Es wurden drei Erzparagenesen ausgeschieden:

- I. Paragenese rein oxydischer Natur (Fundstelle Riale del Motto, hellgrüner und grobkörniger Hornblendeperidotit);
- II. Paragenese oxydischer und sulfidischer Natur (oxydische und sulfidische Erze in gleicher Häufigkeit; Fundstelle Valle di Capolo, violetter und dunkelgrüner Hornblendeperidotit und Phlogopitperidotit);

III. Paragenese vorwiegend sulfidischer Natur (sulfidische Erze stark vorherrschend; Fundstelle Valle del Boschetto, grauer bis schwarzer Hornblendeperidotit).

I. Die Paragenese rein oxydischer Natur

Diese Paragenese tritt im hellgrünen und grobkörnigen Peridotit auf. Im hellgrünen Peridotit setzt sie sich aus Chromit, Ilmenit, Rutil und Magnetit zusammen. Chromit ist sehr stark vorherrschend. Er kann gelegentlich Einschlüsse von Ilmenit und Rutil enthalten, wobei ersterer am reichlichsten vertreten ist. Diese Einschlüsse stellen ein Entmischungsprodukt dar. Die Chromite treten in allotrimorphen Aggregaten auf und zeigen die oben beschriebenen Formen. Der sehr spärlich vorkommende Magnetit ist immer nur als Rissfüllung zu beobachten.

Der grobkörnige Peridotit enthält nur Chromit. Er ist sehr wenig vertreten und zeigt überall gerundete Formen.

II. Die Paragenese oxydischer und sulfidischer Natur

Der violette, der dunkelgrüne und der Phlogopitperidotit weisen diese Paragenese auf. In der violetten Varietät finden sich Chromit, Magnetit, Ilmenit, Pentlandit, Magnetkies und Kupferkies vor. Die sulfidischen Erzpartikel sind meistens eine Vergesellschaftung von Magnetkies und Pentlandit, zu welchen sich gelegentlich Kupferkies gesellt. Mitunter treten Magnetkies und Kupferkies alleine auf. In solch einem Kupferkieskorn wurden als Entmischungsprodukte Vallerit und Cubanit vorgefunden. Pentlandit kommt immer nur mit Magnetkies vor und ist oft als Flammen in demselben ausgebildet. Die prachtvollen Bravoitbildungen (s. Fig. 4, Taf. I) wurden nur in dieser Varietät wahrgenommen. An einigen Stellen ist im Magnetkies das sog. „Zwischenprodukt“ zu sehen. Der Chromit gesellt sich auch zu den Sulfiden und zeigt dann durchwegs gerundete Formen. Grössere alleine auftretende Individuen enthalten Ilmenitentmischungen. Magnetit kommt spärlich vor und seine Formen sind immer xenomorph.

Im dunkelgrünen Peridotit überwiegt der Chromit ein wenig die Sulfide. Kupferkies fehlt, ebenso die Bravoitbildungen.

In der Phlogopitvarietät ist die Vererzung viel geringer als in der dunkelgrünen.

III. Die Paragenese vorwiegend sulfidischer Natur

Sie ist an den grauen bis schwarzen Peridotit gebunden, ebenso an den dieser Varietät zugerechneten schwarzen Serpentin, in welchem die

Nickelfundstelle liegt. Wie schon erwähnt, zeigen diese Gesteine die stärksten Serpentinisierungserscheinungen des ganzen Peridotitkomplexes. Auch die Erzminerale litten unter der Gesteinsumwandlung. Die Paragenese setzt sich aus Pentlandit, Chromit und Magnetkies zusammen, wobei der Pentlandit am häufigsten und oft alleine vorkommt. Die Vergesellschaftung tritt ganz willkürlich im Gestein auf, ebenso im Serpentin, in welchem die Erzkonzentration am grössten ist.

In den weniger stark serpentinisierten Gesteinstypen gesellt sich der Chromit gelegentlich zu den Sulfiden. Im allgemeinen tritt er jedoch alleine und spärlich auf und seine Formen sind durchwegs gerundet. Als Produkt der Serpentinisierung liegt längs Spalten und Rissen etwas Magnetit in fremdgestaltiger Form vor. Noch spärlicher als der Chromit kommt der Magnetkies vor. Sein Auftreten ist immer an dasjenige von Pentlandit gebunden, besonders dann, wenn letzterer noch keine merklichen Anzeichen einer Beeinflussung durch die Gesteinsumwandlung zeigt. Diese kann nun verschiedenartig am Pentlandit wahrgenommen werden. Treffen auf ein Erzkorn das Gestein durchziehende Serpentinadern, so sind in demselben immer kleine, blättrige Serpentinindividuen zu sehen, welche das Korn verschieden stark ausfüllen können. Dieses Phänomen erinnert sehr an die von F. DE QUERVAIN (1945) am Pentlandit des Serpentin von Selva gemachten Beobachtungen. Zusammen mit dem Blätterserpentin tritt der oben erwähnte Spinell auf. Ist ersterer häufig in einem Pentlanditkorn vertreten, so tritt der Spinell stark zurück. Andererseits wird der Spinell nur im Pentlandit beobachtet. Er kann ihn vom Rande her oder von den Spaltrissen desselben ausgehend verdrängen (s. Fig. 6, Taf. II).

In dem zu diesem Peridotit gerechneten Serpentin der Nickelfundstelle ist der Pentlandit das einzige sulfidische Erz. Er wird überall vom Spinell in einer typischen maschigen Struktur verdrängt. Chromit wird nur äusserst spärlich festgestellt und sein Auftreten ist immer an Spinell gebunden, von welchem er ganz umschlossen wird. Magnetit wird nirgends beobachtet.

5. Chemische und röntgenographische Daten des Chromites

Chromit ist das am häufigsten auftretende Erzmineral der Peridotite. In jüngerer Zeit ist er noch nicht näher untersucht worden. In der Folge soll eine kurze chemische und röntgenographische Beschreibung gegeben werden.

Den Untersuchungen dienten Proben der Chromitfundstelle des Riale del Motto. Mit Hilfe von techn. Kieselfluorwasserstoffsäure H_2SiF_6 (27—30%) und techn. Fluorwasserstoffsäure HF (35—40%) wurde der Chromit aus den Erzproben isoliert.

Die chemische Analyse ergab folgende oxydische Gewichtsprozente:

Cr_2O_3	47,40	Der Gehalt an TiO_2 kann als Ilmenit in Rechnung gestellt werden. Auf 0,76% TiO_2 entfallen dann 0,68% FeO . Dieses Vorgehen wurde dadurch erlaubt, dass erzmikroskopisch kleine Ilmenitkörner im Chromit beobachtet wurden.
Al_2O_3	18,11	
Fe_2O_3	4,23	
FeO	18,03	
MgO	12,16	
TiO_2	0,76	
	100,69	

Die Röntgenpulveraufnahme nach der Debye-Scherrer-Methode zeigte die Spinellstruktur des Erzes und dass es sich um Chromit handelt, jedoch nicht um reines $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$, sondern um einen Mischkristall. Die Bestimmung der Gitterkonstante ergab $a = 8,28 \text{ \AA}$. Für reinen Chromit ist $a = 8,36 \text{ \AA}$.

Literaturverzeichnis

- BURRI, C. (1950): Das Polarisationsmikroskop, Verlag Birkhäuser, Basel.
- BURRI, C. und NIGGLI, P. (1945): Die jungen Eruptivgesteine des mediterranen Orogens, I. Publ. der Stiftung „Vulkaninstitut I. Friedlaender“ Nr. 3.
- DITTLER, E. (1928): Zur analytischen Untersuchung des Chromeisensteins. Z. f. anorg. Chemie, Teil A.
- Geologischer Führer der Schweiz (1934): Fasc. XI, Exk. 68: Umgebung von Locarno.
- HIESSLEITNER, G. (1951/52): Serpentin- und Chromerzgeologie der Balkanhalbinsel. Jahrbuch d. Geol. Bundesanstalt, Sonderband 1, Teil 2, Wien.
- HUTTENLOCHER, H. F. (1934): Die Erzlagerstättenzonen der Westalpen. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 14.
- KONOPICKY, K. und CAESAR, F. (1939): Die FeO -Bestimmung im Chromerz. Bericht der deutsch. keram. Ges. 20.
- NIGGLI, P. und FAESY, F. (1924): Spinellgruppe, Struktur und physikalische Eigenschaften. Z. f. Kristallogr. 60.
- NIGGLI, P. (1948): Gesteine und Minerallagerstätten. Verlag Birkhäuser, Basel.
- PORRO, C. (1896): Geognostische Skizze der Umgebung von Finero. Diss. Univ. Strassburg, Berlin.
- DE QUERVAIN, F. (1945): Awaruit und Pentlandit im Serpentin von Selva bei Poschiavo. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 25.
- RADEFF, W. (1915): Geologie des Gebietes zwischen Lago Maggiore und Melezza. Ecl. geol. Helv. 13. Mit Karte 1 : 25 000.

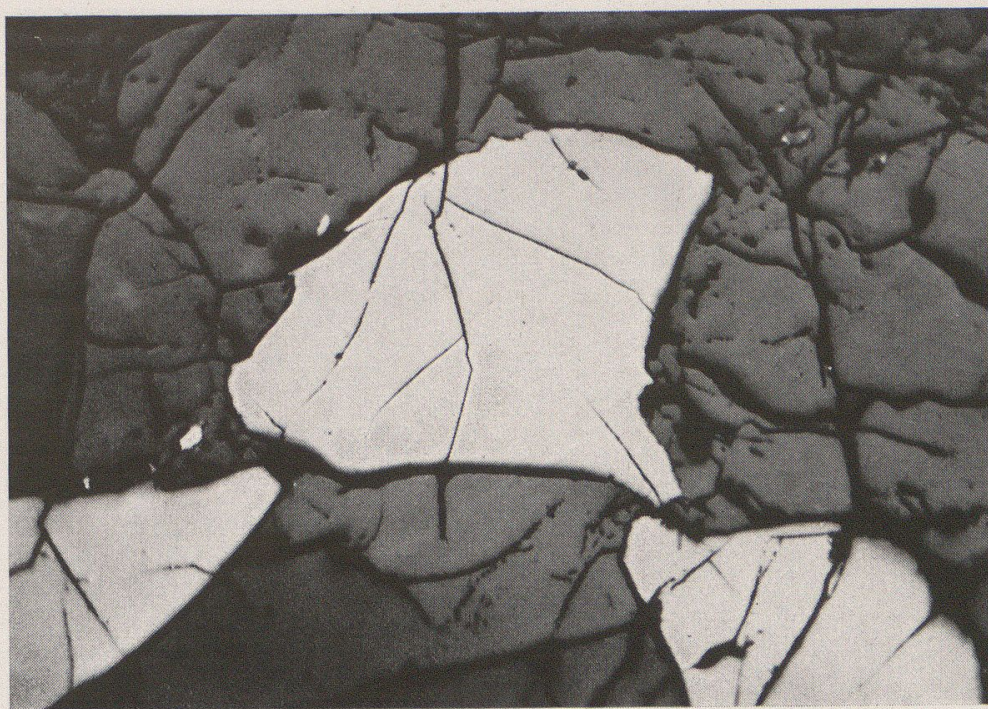


Fig. 3. Kataklastischer Chromit in hellgrünem Hornblendeperidotit,
Riale del Motto. Vergr. 180 $\times$.



Fig. 4. Vergesellschaftung von Magnetkies (grau) und Pentlandit (hell)
mit Bravoitbildungen (hellgrau) in violetter Hornblendeperidotit,
Valle di Capolo. Vergr. 180 $\times$.

Tafel II

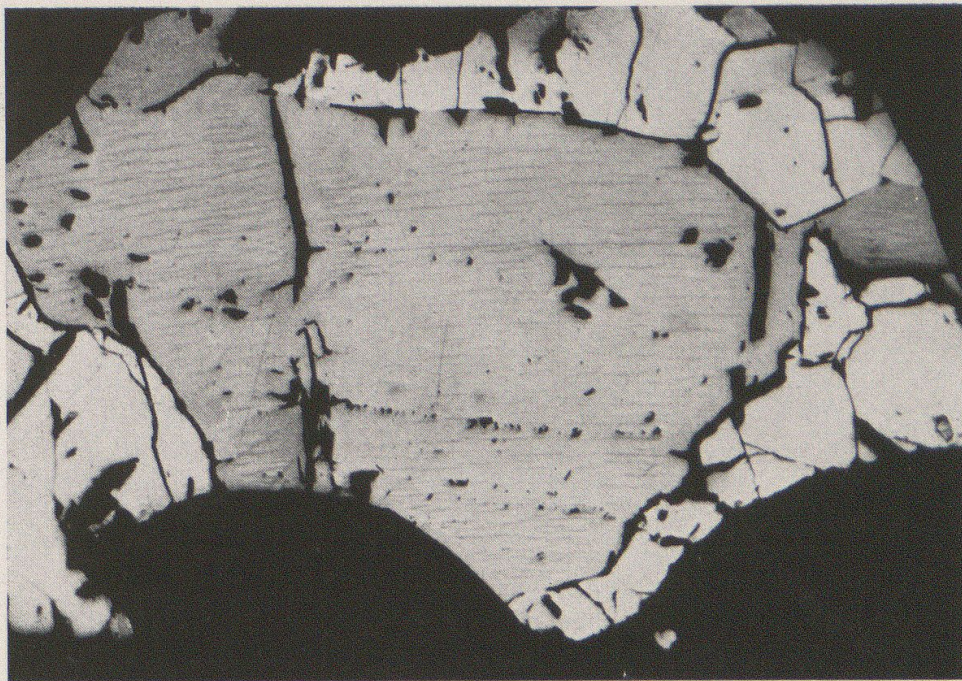


Fig. 5. Vergesellschaftung von Magnetkies mit Zwischenprodukt (grau) und Pentlandit (weiss) in violetter Hornblendeperidotit, Valle di Capolo. Vergr. 110 $\times$.



Fig. 6. Randliche Verdrängung von Pentlandit (weiss) durch Spinell (grau) in schwarzem Peridotit, Valle del Boschetto. Verg. 110 $\times$.

- RAMDOHR, P. (1950): Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. Akademie-Verlag, Berlin.
- SCHNEIDERHÖHN, H. (1941): Lehrbuch der Erzlagerstätten, Band I, Jena.
- STEVENS, R. E. (1944): Composition of some Chromites of the Western Hemisphere. Am. Min. 29.
- UYTENBOGAART, W. (1951): Tables of Microscopic Identification of Ore Minerals. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- WALTER, P. (1950): Das Ostende des basischen Gesteinszuges Ivrea-Verbano und die angrenzenden Teile der Tessiner Wurzelzone. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 30.

Berichte aus den Akten des Bureaus für Bergbau

- CASASOPRA, S.: Nota preliminare sulle ricerche di nichelio nelle peridotiti della Testa di Misello. 20. 7. 41, Nr. 2060, 1.
- HUTTENLOCHER, H.: Bericht über die mikroskop. Untersuchung der Ni-Erzführung in den serpentinierten Peridotiten von Palagnedra (Centovalli). 27. 5. 43, Nr. 2060, 8.
- WALTER, P.: Abschliessender Bericht über die Untersuchung nickelerzführender Gesteine im Gebiete zwischen Lago Maggiore und Centovalli. 23. 9. 43, Nr. 2060, 11.

Eingegangen: 19. März 1956.