

# Chromitanreicherungen und Magnesitmineralisation im Ultrabazit von Dağ-Küplü, Nordwestanatolien

Franz Josef Brosch, Graz\*)

Chromreicher Spinell – „Chromit“ – ist ein verbreitetes Frühkristallit in ultrabasischen Gesteinen. Seine vielfältigen, lagerstättenbildenden Anreicherungsformen werden allgemein und speziell an Vorkommen im Arbeitsgebiet (erstmalig) kurz beschrieben. Die zur Zeit wirtschaftlich unbedeutenden Vererzungen sind im Dunitanteil des Dunit-Harzburgit-Lherzolit-Serpentinit-Stockes massiert, zeigen jedoch hinsichtlich des

Erztyps keinen Trend. An Chromitkristallen treten Umwandlungsränder auf, deren Entstehung auf eine schwache Metamorphose des Ultrabasites zurückgeführt wird. Die nicht wirtschaftlich nutzbaren Gänge von kryptokristallinem Magnesit sind an tektonisch angelegte Trennflächenscharen im Gestein gebunden.

## Chromite concentrations and magnesite mineralisation within the serpentinite body of Dağ-Küplü, northwest-Anatolia

Within ultrabasic rocks spinell rich in chromium – „chromite“ – is an abundant member of the early crystallisation sequence. The various forms of chromite enrichment to ore deposits are described briefly both generally and especially for occurrences in the area studied. The deposits, for the moment of little economic interest, are concentrated in the dunite part of a serpentinitised dunite-harzburgite-lherzolite massif. From

bottom to top they show no trend in the ore types. Chromite crystals exhibit alteration rims, which are thought to be generated by a slight metamorphism of the ultrabasic rocks. Swarms of cryptocrystalline magnesite dykes are bound to tectonic joint sets in the rock. The magnesite is of no economic interest.

## Enrichissements du chromite et mineralisation du magnésite dans l'ultrabasite de Dağ-Küplü en Anatolie nord-ouest

Le spinelle riche en chrome, du nom de „chromite“, est un produit de cristallisation ancien répandu dans les roches ultrabasiques. On décrit brièvement (pour la première fois) ses formes d'enrichissement nombreuses et formatrices de gisements. Les minerais, qui n'avaient pas jusqu'à présent d'importance économique, sont massés dans la zone de dunite du gisement principal de dunite-harzburgite-lherzolite-serpenti-

nite, mais du point de vue du type de minerai ils ne présentent pas de tendance particulière. Les grains de chromite présentent des bordures constituant des zones de transformation, dont la formation est attribuée à une faible métamorphose de l'ultrabasite. Les couches de magnésite cryptocrystalline, qui ne sont pas utilisables économiquement, sont liées dans la roche sur des surfaces de séparation tectoniques.

### 1. Überblick

Der hier beschriebene Ultrabazitstock liegt unmittelbar nordwestlich des Dorfes Dağ-Küplü (im Bezirk Sarıçakaya) ca. 20 km nördlich von Eskişehir (Abb. 1). Er nimmt eine Fläche von ca. 5 km<sup>2</sup> ein und springt morphologisch als ungegliederter Block mit einer in etwa 1000 m ü. d. M. eingeebneten Dachfläche wuchtig in die umgebende, flachhügelige Landschaft vor. Die trapezförmige Scholle steckt mit ENE–WSW liegender Längsachse allseitig tektonisch begrenzt in einer ophiolitischen Melange (mit Glaukophan führenden low-grade-Paragenesen) und ist lediglich über ein

Störungsbündel an der östlichen Schmalseite mit dem Ultrabazitmassiv des Taş-Tepe in Verbindung (siehe Brosch 1978, Mörtz 1979). Der süd- bis südwestvergente Internbau des Stockes zeigt vom Liegenden gegen das Hangende einen unscharfen Übergang von Dunit (am Süd- bis Westrand) zu Harzburgit bis Lherzolit (Bezeichnungen nach Streckeisen 1974).

Die Gesteine sind ausnahmslos zu mehr als 50% serpentinitisiert (Chrysotilfenster und -maschen, etwas Antigorit, Lizardit?), an Metamorphoseerscheinungen (vgl. Trommsdorff & Evans 1974) sind sehr geringfügige Chlorit- und Talkbildungen, Antigorit und randlich lokal Amphibol-Asbest zu nennen. An den tektonischen Grenzen fehlen auffallende Vertalkungen, Steatitisierungen, Sagwandit, lediglich örtlich ist eine dünne „blackwall“-Kruste zu beobachten (s. Jahns 1967).

\*) Dr. F. J. Brosch, Institut für Technische Geologie, Mineralogie und Petrographie der Technischen Universität Graz, Rechbauerstraße 12, A-8010 Graz

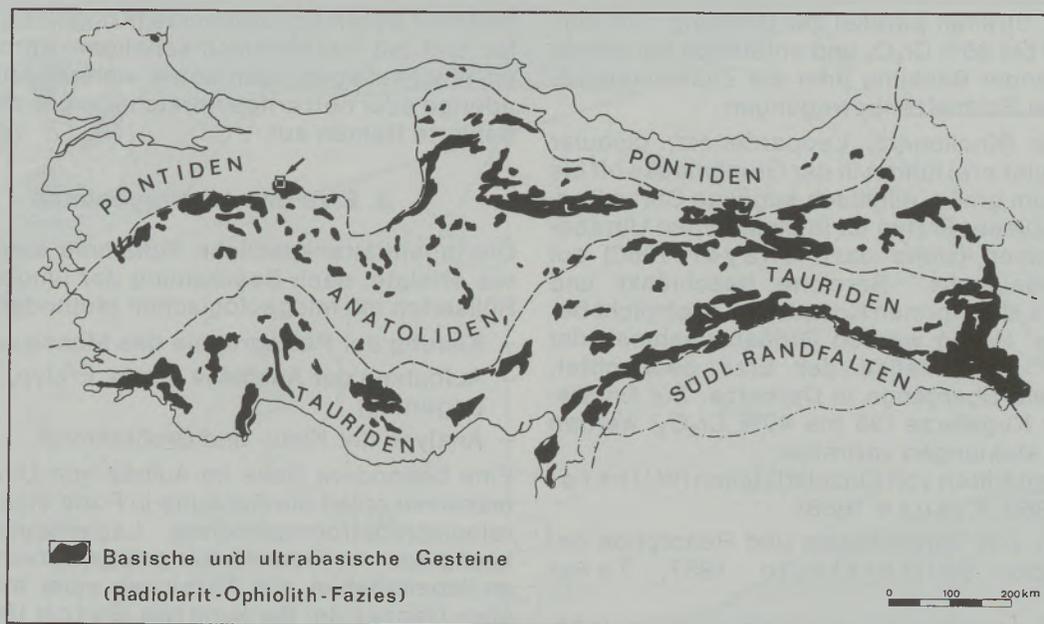


Abb. 1

Lage des Arbeitsgebietes im anatolischen Orogen

Der Ultrabazit führt zahlreiche kleine Chromitanreicherungen und ist, besonders randlich, von einem Netzwerk von Magnesitgängen durchzogen. In der Literatur findet sich m. W. kein Hinweis darauf, daß die Chromerzvorkommen bei Dağ-Küplü bekannt oder bearbeitet wären, obwohl dort mehrere kleine Schürfe umgingen.

Von Schmidt (1956) gibt es eine kurze Notiz über die mehrere km entfernte Vererzung des Taş-Tepe. Donath (1962) gibt an, daß nördlich von Eskişehir in Serpentiniten innerhalb von kristallinen Schiefern „Chromerze mit Zukunft“ lägen, nennt aber nur die Vorkommen Kavak, Orta oçak, Başören, Taş-Tepe und Laçın; Kern (1968) führt allgemein Chromitvorkommen in den „variscischen“ Serpentiniten nördlich von Eskişehir an. Schließlich ist in der MTA-Publikation 132 (Anonym: Chromite Deposits of Turkey, 1966) ein Vorkommen „Dağkölüköy“ angeführt. Sollte damit Dağ-Küplü (-köy) gemeint sein, bezieht sich die Beschreibung dennoch auf Vererzungen weit im SE des Dorfes (Taş-Tepe).

## 2. Allgemeines über Chromitanreicherungen

Chromreicher Spinell (ein kompliziertes Mischkristallsystem) – im folgenden Chromit genannt – ist ein häufiges accessorisches Gemengteil in ultrabasischen Gesteinen. Seine Anreicherung wird mit frühkristalliner Anlagerung auf Silikat-Gerüstbänken bei der Abkühlung von Schmelzen erklärt, wodurch sich ein lagiger Gesteinsaufbau mit abwechselnden Bänken dunitischer, chromitreicher und pyroxenreicher Zusammensetzung ergibt. Für Irvine (1973, 1976) ist die phasenhafte Chromitausscheidung auf Kontaminationen der Schmelze zurückzuführen, daneben ist auch die

flüssige Entmischung von Chromittropfen aus Silikatschmelzen nachgewiesen (Fischer 1950, McDonald 1965, Irvine 1973).

Den flözförmigen Lagerstätten der stratiformen Ultrabasite stehen folgende Lagerstättenformen alpinotyper Vorkommen gegenüber:

Aneinandergereihte Flözlinsen

(lenticular deposits)

Schlierenplatten (schlierenbanded deposits)

Gangförmige Lagerstätten (veinlike deposits)

Erzstöcke (podiform deposits)

Die unterschiedlichen Erscheinungsformen und Typen der Lagerstätten sind auf tektonische Ursachen (vgl. Borchert 1960) oder Magmenbewegungen (prototectonics, Wijkerslooth 1954, 1957) zurückzuführen und wurden vielfach zur Klassifizierung und Einteilung verwendet (Borchert 1958, Helke 1955). Wirtschaftlich bedeutend sind nur primärmagmatische Anreicherungen, obwohl auch größere Erzmengen aus Seifen gewonnen wurden (z. B. eluvialer Schutt bei Guleman/Türkei).

Einen Überblick über die Vielzahl der verbreiteten Erzbezeichnungen erhält man aus den Arbeiten von Borchert (1958), Schneiderhöhn (1958), Donath (1962) und Kern (1968).

Als Sprenkelerze (disseminated ore) werden wolke- oder streifige Ansammlungen oft idiomorpher Chromite ( $\varnothing$  0,5 bis 2 mm) in meist dunitischer Grundmasse bezeichnet, sie sollen bei einem Bankungseinfallen von unter  $25^\circ$  entstehen; treten flockig zusammengeballte Kristallaggregate auf, spricht man von Fleckenerzen.

In Schlieren- und Bändererzen (Lagenerz, Streifen- oder banded ore) verlaufen Chromitlagen oder

erzreiche Streifen parallel zur Bankung. Sie enthalten 20 bis 35%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  und entstehen bei primär steil liegender Bankung oder als Zusammendriften bei Schmelzenbewegungen.

Kugelerze (Knollenerz, Leopardenerz, globular bzw. nodular ore) führen in der Grundmasse oft bis mehrere dm große, elliptisch-kugelige Chromitaggregate. Dieser Erztyp ist in alpinotypen Ultrabazitvorkommen (siehe dazu Thayer 1960) auf tiefe, „basisnahe“ Bereiche beschränkt und wurde aus stratiformen Komplexen noch nicht beschrieben. Häufig werden Größenzunahmen der „Kugeln“ im Einfallen der Erze beobachtet, ebenso wie Übergänge in Derberze. Zur Entstehung der Kugelerze (35 bis 40%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) werden folgende Meinungen vertreten:

Zusammendriften von Einzelkristallen (Wijkerslooth 1953, Krause 1958)

Zerreißen von Chromitlagen und Resorption der Bruchstücke (Wijkerslooth 1957, Tatar 1968)

Anreicherung in flüssiger Form (Borchert 1958, Bilgrami 1963, McDonald 1965)

Pelletisierung nach dem Schneeballprinzip (Borchert 1960, Dickey 1976)

Derberze sind (fast) reine Chromitite und treten meist als Stöcke (pods) oder Schläuche mit mehr als 50%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  auf. Ihre Entstehung ist wohl auf das Zusammenfließen entmischter Tropfen und Absinken bzw. Abpressen dieser Teilschmelzen zurückzuführen (siehe Thayer 1969).

Seltener treten Kokardenerze (Kringelerz, orbicular ore) mit konzentrisch-schaligen Chromit-Dunit-Wechselagerungen sowie vielerlei strähnige, aderige oder netzartige Anreicherungen ohne eingeführte Namen auf.

### 3. Erze des Arbeitsgebietes

Die lagerstättenkundliche Aufnahme des Gebietes erfolgte, nach Bearbeitung der umgebenden Hüllserien mit feldgeologischen Methoden, durch

- Klärung der Petrographie des Massives
- Aufnahme der Ausbisse (Form, Erztyp, Lagerung)
- Analyse der Klein- und Großtektonik

Eine besondere Rolle im Aufbau von Ultrabasitmassen spielt die Bankung in Form eines mineralogisch-petrographischen Lagenbaues, der häufig auch im Trennflächengefüge hervortritt. Da im Arbeitsgebiet alle Anzeichen einer metamorphen Genese der Bankung (vgl. Burch 1968) fehlen, kann diese mit Borchert und Uzkut (1967) als magmatische Bankung in Form von Erzschnüren und Bändern sowie Pyroxenitschlieren bezeichnet werden. Besonders die Lagerung von Erzkörpern (siehe Kartenskizze) läßt erkennen, daß die magmatische Bankung einem weitspannigen Faltenwurf unterliegt (vgl. Nebert 1975, Mörth 1979), der sowohl im Trennflächengefüge wie auch in der Tektonik der Hüllserien zum Ausdruck kommt.

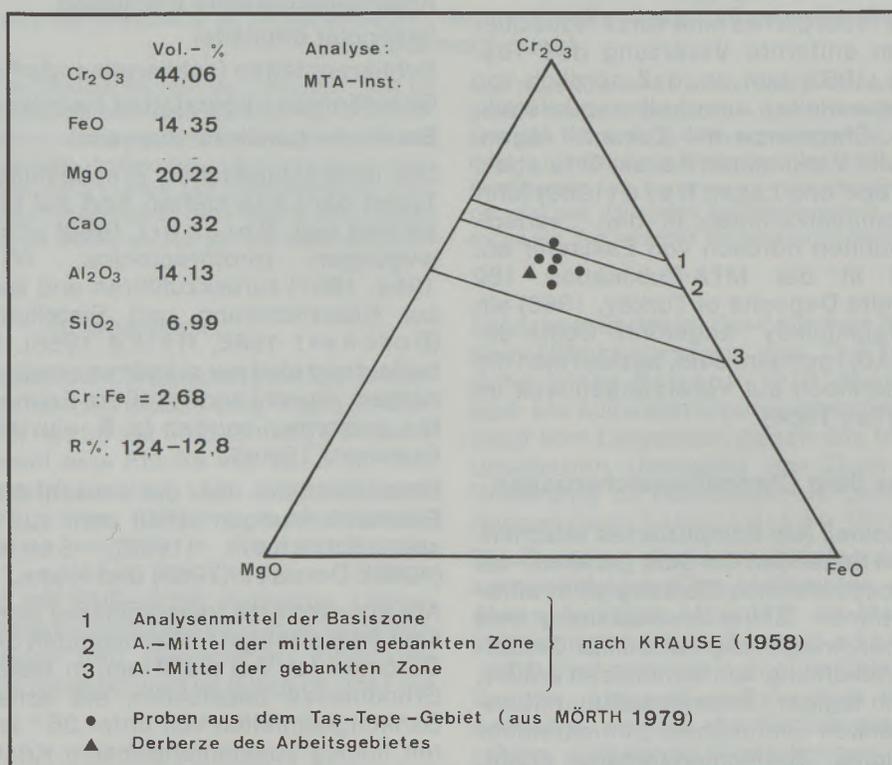
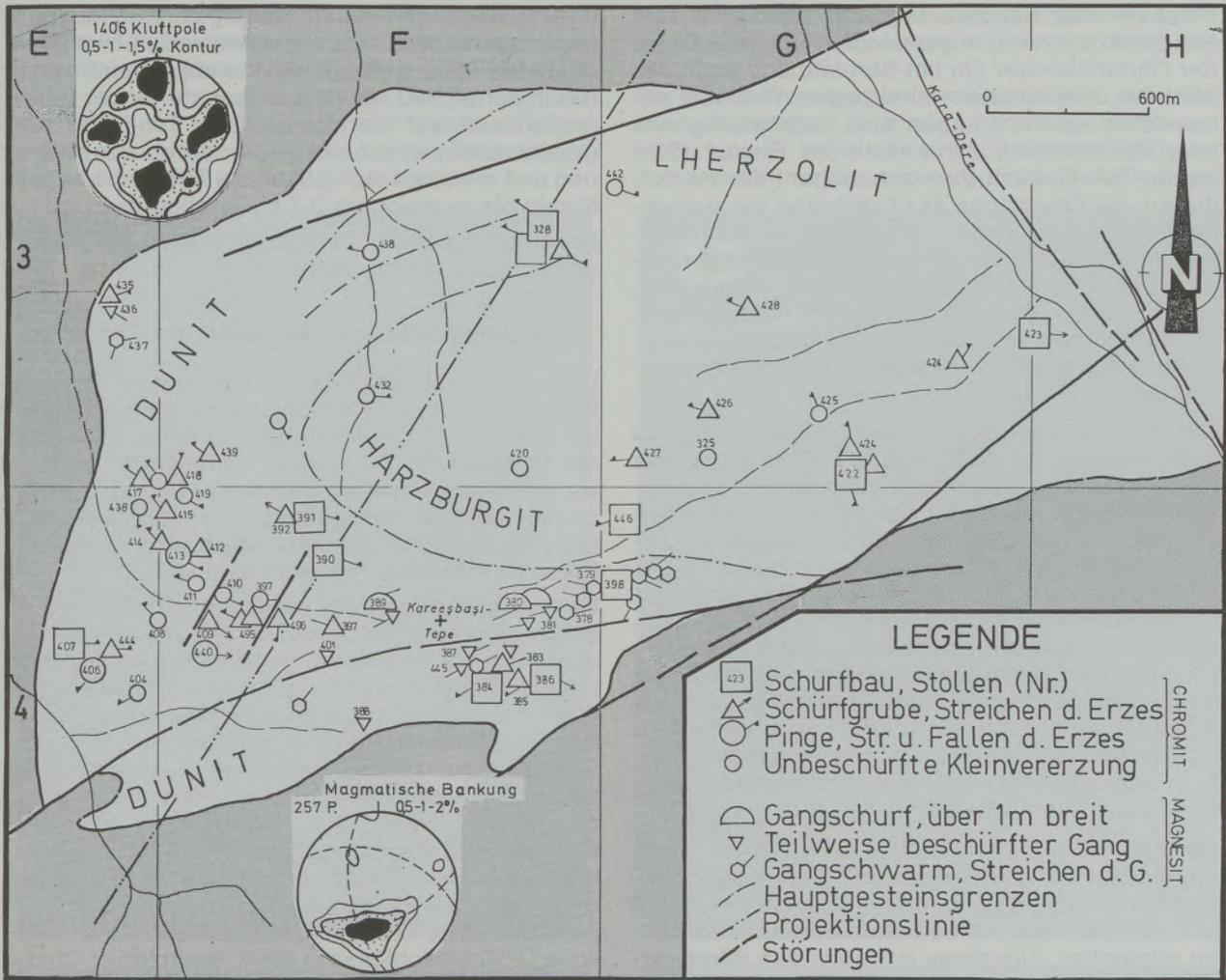


Abb. 2

Analyse und Diagrammdarstellung von Derberzproben aus dem Arbeitsgebiet



Kartenskizze des Ultrabasites mit den Erzausbissen

Die Vererzung des Stockes von Dağ-Küplü ist vom Flözlinientyp; die Ausbisse reihen sich, immer streng parallel der Bankung, bevorzugt im Dunit-Serpentinit-Bereich auf. Im Streichen lassen sich durch Chromitschnüre und feine Kornhäufungen meist Verbindungen zwischen einzelnen Erzlinien herstellen.

Gewöhnlich werden in der Einfallsrichtung der Bankung wie auch im Dunitanteil eines Ultrabasitkörpers reichere und mächtigere Erze erwartet; Abb. 2 zeigt einen Profilschnitt durch das Massiv entlang einer etwa normal zum bevorzugten Bankungsstreichen liegenden Projektionslinie (siehe Kartenskizze).

Normal zu dieser Linie wurden alle Erzvorkommen unter Berücksichtigung von Ausbiß-Höhenlage und Muttergestein in die Schnittebene projiziert, um zu überprüfen, ob zwischen dem Erztyp, seiner Mächtigkeit und Lage im Massiv ein Zusammenhang besteht. Wie die Abb. 2 erkennen läßt, zeigen trotz der deutlichen petrographischen Vertikalgliederung des Massives die Erztypen keine signifikanten Unterschiede (Trends im Chemismus des Chromites und seiner Begleiter konnten nicht untersucht werden). Allerdings sind die Mächtig-

keiten der Vererzungsbereiche und ihre Anzahl (auch nach korrigierender Umrechnung pro Flächeneinheit) im Dunitanteil größer als im Harzburgit-Lherzolit-Bereich; außerdem treten Kugelerze nur im Dunit auf.

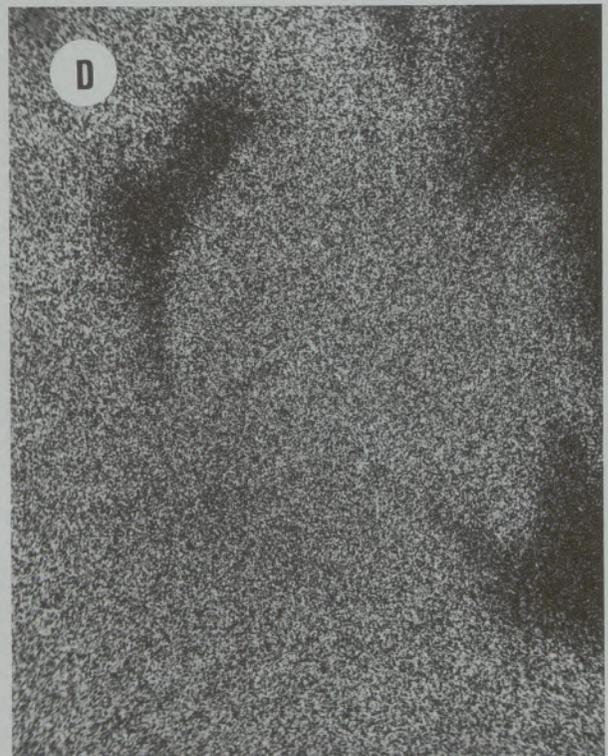
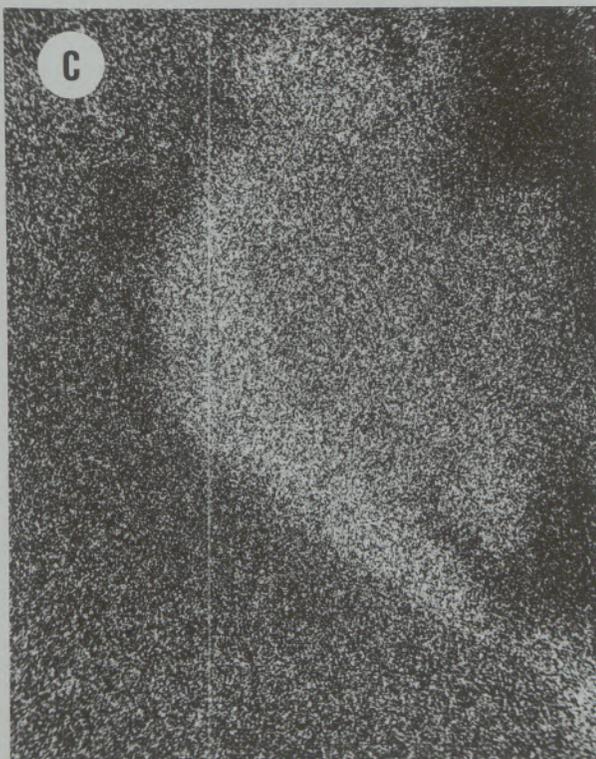
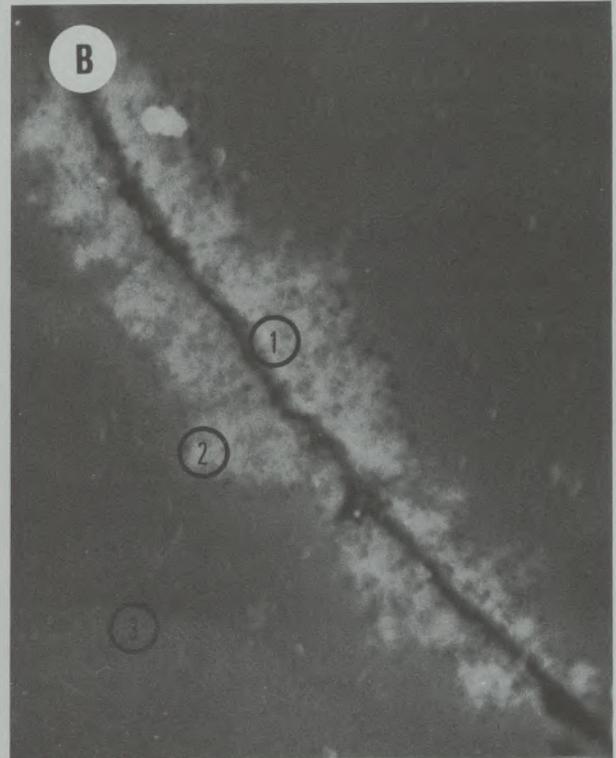
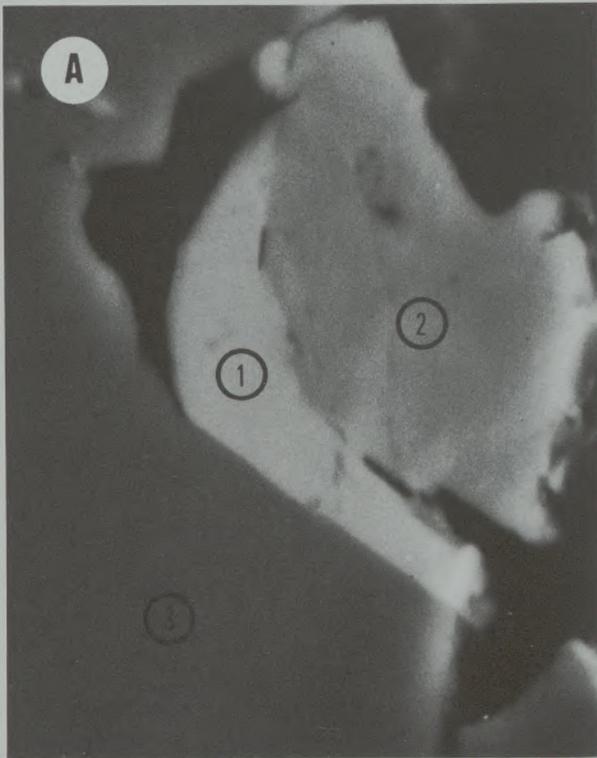
Sämtliche beobachteten Chromitvererzungen führen intern, sofern sie nicht ohnehin im Dunit am Süd- bis Westrand des Ultrabasitstockes situiert sind, eine dunitische „Grundmasse“. Dieser „Dunitmantel“ (Hießleitner 1951/52) kann schon unmittelbar am Rand der Vererzung von Harzburgitserpentinit abgelöst werden, aber auch eine mehrere Meter breite Zone um die Vererzungen bilden. Hell gelbgrüne Färbungen des Dunitmantels im Vererzungsbereich sind charakteristisch und werden allgemein auf eine Umwandlung des Serpentinits (Donath 1962) bzw. junge Magnetitbildung (Kern 1968) zurückgeführt.

Sprenkelerzkörper – der häufigste Typ im Arbeitsgebiet – haben wegen der allmählichen Verarmung keine fest definierbaren Umrisse, die wolkigen Anreicherungen nehmen Flächen von bis mehreren 10er m<sup>2</sup> ein. Mit dem Erzreichtum wächst auch die Korngröße der Chromite, und Kornzusammenballungen leiten häufig zu



In Derby- und Kugelerzen können Magnetitverkitungen in Form dünner, gegen Chromit scharf und geradlinig begrenzter Adern nachgewiesen werden; in der zwickelfüllenden Serpentinegrundmasse finden sich gelegentlich hoch reflektierende, staubfeine Körnchen, deren Deutung unsicher bleibt (Magnetit, Sulfide etc.).

Das Reflexionsvermögen der untersuchten Chromite in Luft variiert zwischen 12,4 und 12,8% (nm 546: Holzpolitur). Chromitumwandlungen in eine höher reflektierende Substanz („Ferritchromit“? Diskussion und Literatur z. B. bei Weiser 1967, Kern 1968) werden im allgemeinen auf magmatische Vorgänge,



Fototafel

Serpentinisierung oder Metamorphosen zurückgeführt. Allerdings bleibt bei vielen Autoren offen, ob die Umwandlungen als Ionenersatz bzw. -austausch im Spinell (siehe Bliss & McLean 1976 cum lit.) oder als Ausscheidungen von  $R_2O_3$ -Phasen (Zednicek 1969, cum lit.) verstanden werden. Nach Weiser sind bei den „Umwandlungen“ zwei Typen zu unterscheiden, und zwar Fe- und Cr-Anreicherungen auf Kosten von Mg und Al sowie Fe-Anreicherung bei relativer Verarmung von Cr, Mg und Al. Beide Typen wurden an türkischen Chromiten nachgewiesen, sind jedoch optisch kaum unterscheidbar.

In den vorliegenden Anschliffen gehen höher reflektierende Bereiche teils fleckig von vorspringenden Ecken und Lappen des Chromites aus, teils bilden sie unvollständige Krusten um die Körner und ziehen sich aderförmig in diese hinein. Innerhalb von Chromitkörnern sind sie stets an Silikat- und „Limonit“-Einschlüsse bzw. -Risse gebunden, am Kornrand treten sie an den porösen

Grenzen gegen Serpentin besonders hervor (vgl. Zednicek 1969).

Unter dem Elektronenmikroskop zeigt sich, daß die Umwandlungserscheinungen drei typischen Formkreisen zuzuordnen sind.

Formtyp 1 ist mit scharfen Grenzen gegen den unbeeinflussten Chromit abgesetzt und ist deutlich höher reflektierend. Auch die Grenzen der Elementverteilung sind, innerhalb der methodischen Genauigkeit, scharf. Der Formtyp tritt nur an Kornrändern auf (Tafel 1, A).

Umwandlungen des Formtyps 2 sind vorwiegend an Risse und Einschlußzüge im Chromit gebunden, deutlich höher reflektierend, zeigen gegen den umgebenden Chromit jedoch unregelmäßig wolkig-flockige, teilweise auch flau abgegrenzten. Lokal kann der Grenzverlauf der Umwandlungszone durch feinste, sehr gering reflektierende Einlagerungen (Limonittröpfchen?) markiert sein (vgl. Tafel 1, B).

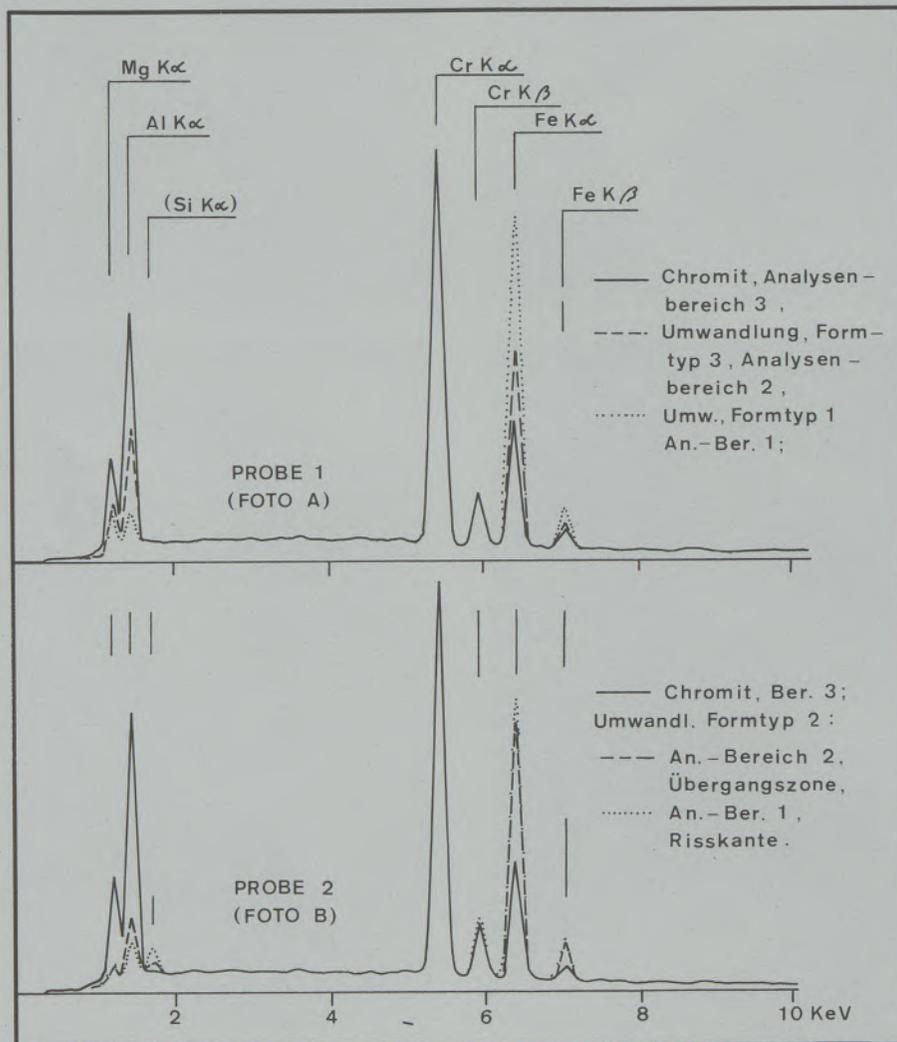


Abb. 4

Mikrosondenanalysen von unbeeinflusstem Chromit und seinen Umwandlungs-Formtypen in unreinem Derberz (Anregungssp. 20 KV, Vergr. 100.000fach)

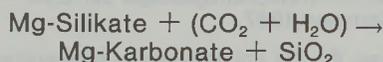
Formtyp 3 betrifft kleine, meist isoliert liegende Chromitkörner, deren Umwandlung durch geringfügig höhere Reflexionswerte des gesamten Kornes (cryptic zonig ist nicht auszuschließen) angedeutet wird (Tafel 1, A; rechtes Teilkorn, Analysenbereich 2).

Aus der Abb. 4 (und Tafel 1, C) geht hervor, daß die Umwandlungen aller drei Formtypen in einer starken Fe-Anreicherung auf Kosten von Mg und besonders Al besteht. Chrom scheint von diesen Austausch- bzw. Ausscheidungsreaktionen unberührt zu bleiben (Abb. 4, Tafel 1, D). Das Verhalten von Ni und Ti wurde nicht untersucht.

Die experimentellen Untersuchungen von R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Ausscheidungsgefügen durch Zednicek (1969) zeigen beim Brennen von Cr-Erzen im Bereich ab 600°C in oxidierendem Milieu bzw. ab 400°C unter reduzierenden Bedingungen gleiche Formen wie die Chromitumwandlungen aus dem Arbeitsgebiet, besonders was Chromit-Silikat-Reaktionsränder und Umwandlungen in Rissen betrifft. Auch Bliss & McLean (1976) sehen in ähnlichen, von ihnen beschriebenen Chromitumwandlungen das Produkt einer (statischen) Aufwärmung im Temperaturbereich der Epidot-Amphibolit-Fazies. In Übereinstimmung mit genannten Autoren kann im Auftreten von Umwandlungen und Magnetitadern im Chromit sowie „Bastit“, etwas Chlorit und Antigorit im Muttergestein der Hinweis auf eine Metamorphose des Ultrabasites gesehen werden (vgl. Thayer 1966).

### 5. Magnesitmineralisationen

Die Bildung von dichtem kryptokristallinem Magnesit (Gelmagnesit) in Peridotiten nach der allgemeinen Formel



wird meist durch die Wirkung deszendenter Wasser erklärt (Diskussion der Bildungsbedingungen bei Johannes 1970). Im vorliegenden Fall trat vor die direkte Umwandlung von Forsterit die Serpentinisierung, was durch die Magnesitnachbildung von Serpentinmaschenstrukturen und serpentinisierte Einschlüsse belegt werden kann.

Die Magnesitgänge im Arbeitsgebiet sind tektonisch angelegt (Deckung mit dem Kluftsystem) und stehen sehr steil bis seiger. Ein Übergreifen auf nichtperidotitisches Nebengestein wurde nirgends beobachtet.

Die Magnesitfüllung ist über eine wenige cm dicke Magnesit-Serpentin-Übergangszone mit dem Nebengestein verbunden. Häufig wird sie von einem Netz feiner Spältchen begleitet. Interessante Gangmineralisationen mit 0,2 bis mehr als 1,5 m Dicke wurden im Südteil des Massives auch beschürft. Die noch anstehenden Teile der bis auf 30 m Länge und 2 m Tiefe ausgebauten Füllung zeigen durch Serpentinbeimengungen wolkeig blaßgrün gefärbten, bei Si<sub>2</sub>-Durchtränkung auch graugelb und glasig veränderten Magnesit. An

nicht beschürften Gangteilen ist die für oberflächennahe Entstehung typische, niedrig-traubige Oberfläche im Magnesit zu erkennen. Der reinweiße, grob geklüftete Magnesit der zentralen Ganganteile ist nur noch selten in dünneren Spalten vorzufinden, während Haufwerk von verunreinigtem Material minderer Qualität noch in größeren Mengen auf Halde liegt.

### 6. Schlußfolgerungen und Dank

Die Chromitvererzungen in dem schwach metamorphen Ultrabazit folgen der Bankung des Massives. Dies gilt sowohl für die Morphologie vererzter Zonen wie auch für die Orientierung von Bändern und Schlieren.

Die Vererzungen zeigen eine bemerkenswerte Häufung im unteren bis mittleren Teil (d. h. an dessen West- bis Südflanke). Dies läßt vermuten, daß die primäre Erzausscheidung hauptsächlich in einem Niveau erfolgte, oberhalb dessen es nur zu unbedeutenden Anreicherungen kam. Die heutigen Flözlinsen sind die zerstückelten und auseinandergedrängten Teilstücke dieses Horizontes im oberen Bereich der sogenannten gebankten Zone.

Hinsichtlich des Erztyps läßt sich in der Vertikalabfolge keine Gesetzmäßigkeit erkennen. Die häufigsten Erztypen sind Bändererz mit Übergängen zu Erzschiefern und Sprenkelerz; dm-dicke Derberzplatten sind durch frühere, unsystematische Schurftätigkeit teilweise ausgebaut.

Die Vererzungen scheinen gegen die Tiefe nicht mächtiger oder reicher zu werden. Der Grund dafür mag in der geringen Gesamtmächtigkeit des Massives und in der erst sekundären steilen Einschichtung der Bankung im Laufe der Deformationsgeschichte liegen.

Ohne Berücksichtigung der insgesamt geringen Vorräte sind die Erze der Güteklasse II (nach Aufbereitung) zuzuordnen; ebenso wären die Anforderungen für chemical grade bis metallurgical grade zu erfüllen (vgl. Jankovic 1967, McKinstry 1948).

Die Magnesitmineralisationen sind an tektonisch präformierte Trennflächen gebundene, relativ oberflächennahe, nach der Serpentinisierung entstandene Bildungen. Wegen der unbedeutenden Menge und minderen Qualität ist an eine etwaige Verwertung nicht zu denken.

Das MTA-Institut/Ankara (Generaldirektor Prof. Dr. S. Alpa n) sorgte großzügig für die Finanzierung und Ausrüstung der Geländetätigkeiten, welche von Prof. Dr. K. Nebert in dankenswerter Weise geleitet wurden; zur Ausarbeitung standen die Mittel und Einrichtungen des Institutes für Geologie und Paläontologie (Vorstand Prof. Dr. K. Metz) sowie des Institutes für Petrologie, Mineralogie und Kristallographie (Vorstand Prof. Dr. H. Heritsch) der Universität Graz zur Verfügung. Besonders hervorzuheben ist die Unterstützung durch Dr. D. I. P. Golob vom Forschungszentrum

für Elektronenmikroskopie (Vorstand HR. Dr. D. I. F. Grasenick) und Prof. Dr. W. Zednicek (Magnesitwerke Radenthein der ÖAMAG).

### Erläuterungen zur Fototafel

- A: Gegen unbeeinflussten Chromit (Analysenbereich 3, dunkelgrau) geradlinig begrenzter Umwandlungsstreifen (Analysenbereich 1, hellgrau) des Formtypus 1. Rechts (mittelgrau, Analysenbereich 2) ein Chromitkorn mit etwas erhöhter Reflexion als Umwandlungserscheinung des Gesamtkornes, Formtypus 3. Vergrößerung 5000fach; die Aufhellungen an den Kornrändern sind Streuungs- bzw. Beugungserscheinungen.
- B: Fleckig-wolkig begrenzte Umwandlungszone (hellgrau) an einem Riß im Chromit (Formtyp 2). Die Umwandlung ist an der Rißkante am stärksten und nimmt gegen den unbeeinflussten Chromit hin ab (vgl. Abb 4); die Grenzen

sind lokal durch feinste dunkle Einlagerungen (Ausscheidungen, „Limonit“?) markiert. Vergrößerung 5000fach.

- C: Fe-Verteilung zu Bild A: Der helle Umwandlungsstreifen zeigt starke, das rechts liegende kleine Korn geringere Fe-Anreicherung gegenüber unbeeinflusstem Chromit. Möglicherweise geringfügige Fe-Verarmung im Chromit unmittelbar an der Grenze zum Umwandlungsstreifen.
- D: Die Cr-Verteilung zu Bild A läßt keine signifikanten Änderungen der Verteilung in Umwandlungsbereichen bzw. „frischem“ Chromit erkennen. Eine sehr undeutliche, zweifelhafte Aufhellung im Bereich der Umwandlungen (Cr-Anreicherung?) wird durch die Analysenergebnisse (Abb. 4) nicht gestützt.

Der helle Linienstreifen auf den Elementverteilungsfotos ist durch einen Kameraverschlußfehler hervorgerufen.

### Literaturverzeichnis

1. Bilgrami, S. A.: Further data on the chemical composition of Zhob valley chromites. — *Amer. Mineralogist*, 48: 573–587; 1963.
2. Bliss, N. W., W. H. MacLean: The paragenesis of zoned chromite from central Manitoba. — In: T. N. Irvine (Hrsg.): Chromium: its physicochemical behavior and petrologic significance. — 973–990; (Pergamon Press) 1976.
3. Borchert, H.: Die Chrom- und Kupfererzlagerstätten des initialen ophiolithischen Magmatismus in der Türkei. — *MTA Publ.* 102: 1–176, 11 Beil.; 1958.
4. Borchert, H.: Die Chromitvorkommen in der Umgebung von Yeşilova-Burdur. — *MTA Publ.* 105: 1–63, 10 Beil.; 1960.
5. Borchert, H., J. Uzkut: Die Chromerzlagerstätten im Nordwesten von Harmançik (Vilayet Bursa). — *MTA Bull.* 68: 51–66; 1967.
6. Brosch, F. J.: Die Geologie des Gebietes südlich des Sakarya-Flusses zwischen den Ortschaften Sakarıllıca und Mayıslar, Nordwestanatolien. — Unveröff. Diss. Naturw. Fak. Univ. Graz; 1978.
7. Burch, S. H.: Tectonic emplacement of the Burro mountain ultramafic body, Santa Lucia Range, California. — *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 79: 527–544; 1968.
8. Dickey, J. S.: A hypothesis of origin for podiform chromite deposits. — In: T. N. Irvine (Hrsg.): Chromium: its physicochemical behavior and petrologic significance. — 1061–1074; (Pergamon Press) 1976.
9. Donath, M.: Chrom. — In: Die metallischen Rohstoffe, 14: 1–317, 94 Abb., 73 Tab.; (Enke) 1962.
10. Fischer, R.: Entmischungen in Schmelzen aus Schwermetalloxyden, Silikaten und Phosphaten. — *N. Jb. Miner. Abh.*; 81: 315–364; 1950.
11. Helke, A.: Beobachtungen an türkischen Minerallagerstätten (I/II). — *N. Jb. Miner. Abh.*, 88: 55–224; 1954.
12. Hiesleitner, G.: Serpentin- und Chromerzgeologie der Balkanhalbinsel und eines Teiles von Kleinasien. — *Jb. Geol. Bundesanst.*, Sb. 1, 1. und 2. Teil: 1–683, 149 Abb., 10 Taf., 3 Tab., 37 Fotos; 1951/52.
13. Irvine, T. N.: Olivine-Pyroxene-Plagioclase relations in the system  $Mg_2SiO_4$ - $CaAl_2Si_2O_8$ - $KAlSi_3O_8$ - $SiO_2$  and their bearing on the differentiation of stratiform intrusions. — *Yb. Carnegie Inst.*: 492–500; 1973.
14. Irvine, T. N.: Crystallisation sequences in the Muskox intrusion and other layered intrusions-II: Origin of chromitite layers and similar deposits of other magmatic ores. — In: T. N. Irvine (Hrsg.): Chromium: its physicochemical behavior and petrologic significance. — 991–1020; (Pergamon Press) 1976.
15. Jahns, R. H.: Serpentinities of the Roxbury district, Vermont. — In: P. J. Wyllie: Ultramafic and related rocks. — 137–160; (Wiley & Sons) 1967.
16. Jankovic, S.: Wirtschaftsgeologie der Erze. — 1–347, 47 Abh.; (Springer) 1967.
17. Johannes, W.: Zur Entstehung von Magnesitvorkommen. — *N. Jb. Miner. Abh.*, 113 (3): 274–325; 1970.
18. Kern, H.: Zur Geochemie und Lagerstättenkunde des Chroms. — Clausthaler H. Lagerstättenkunde *Geochem. Miner. Rohstoffe*, 6: 1–236; 1968.
19. Krause, H.: Erzmikroskopische Untersuchungen an türkischen Chromiten. — *N. Jb. Miner. Abh.*, 90: 305–366; 1958.
20. McDonald, J. A.: Liquid immiscibility as one factor in chromitite seam formation in the Bushveld igneous complex. — *Econ. Geol.*, 60: 1674–1685; 1965.
21. McKinstry, H. E.: Mining geology. — 1–680, 147 Abb.; (Prentice-Hall) 1948.
22. Mörth, W.: Die Geologie des Gebietes zwischen Karadere und Karçı-Dere südlich des Sakarya-Flusses bei Eskişehir (Türkei). — Unveröffentl. Diss. Naturw. Fak. Univ. Graz; 1979.
23. Nebert, K.: Bericht über die Kartierungs- und Explorationsarbeiten im Gebiet nördlich von Eskişehir. — Unveröffentl. Bericht an MTA-Inst. Ankara; 1975.
24. Schmidt, W. J.: Gesetzmäßigkeiten zentralanatolischer Chromitvorkommen. — *Z. dt. geol. Ges. (für 1954)*, 106 (2): 497–507; 1956.
25. Schneiderhöhn, H.: Die Erzlagerstätten der Erde (I): Die Erzlagerstätten der Frühkristallisation. — 1–315, 143 Abb., 10 Taf.; (G. Fischer) 1958.
26. Streckeisen, A.: Classification and nomenclature of plutonic rocks. — *Geol. Rundschau*, 63: 773–786; 1974.

- 27. Tatar, Y.: Geologie und Petrographie des (chromitführenden) Marmaris-Gebietes (SW-Türkei). – MTA Publ. Ser. B, 137: 1–92; 1968.
- 28. Thayer, T. P.: Some critical differences between alpine-type and stratiform peridotite-gabbro complexes. – Int. Geol. Congr. (21 th., Norden), 13: 247–259; 1960.
- 29. Thayer, T. P.: Serpentinisation considered as a constant volume metasomatic process. – Amer. Mineral., 51: 685–710; 1966.
- 30. Thayer, T. P.: Gravity differentiation and magmatic reemplacement of podiform chromite deposits. – In: H. D. B. Wilson (Hrsg.): Magmatic ore deposits. – Soc. Econ. Geol. Monogr., 4: 132–146; 1969.
- 31. Trommsdorff, V., B. W. Evans: Alpine metamorphism of peridotitic rocks. – Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 54: 333–354; 1974.
- 32. Weiser, T.: Untersuchungen mit der Elektronenmikrosonde über die Zusammensetzung von Chromiten. – N. Jb. Miner. Abh., 107: 113–143; 1967.
- 33. Wijkerslooth, P. de: Einiges über die Entstehung von Chromerzkonzentrationen und Chromitlagerstätten anhand von neuen Beobachtungen in Anatolien. – N. Jb. Miner. Mh. (1954/9): 190–200; 1954.
- 34. Wijkerslooth, P. de: Über Deformationsstrukturen an frühmagmatischen Chromitkonzentrationen während der Erstarrung der ultrabasischen Intrusionsmasse. – N. Jb. Miner. Abh., 91: 94–103; 1957.
- 35. Zednicek, W.: Mineralogische Untersuchungen von Chromerzen verschiedener Lagerstätten der Erde. – 1. Teil: Radex-Rdsch. 1969/4: 650–680; 2. Teil: Radex-Rdsch. 1969/5: 693–728; 1969.