

WIRTSCHAFTSGEOLOGISCHE ARBEITEN IN DER PROVINZ VON ŞARK KROMİT UND MINERALOGISCHE UNTERSUCHUNG HEAZLEWOODIT FÜHRENDER CHROMITE VON KEFDAĞ

Ahmet ÇAĞATAY

Mineral Research and Exploration Institute of Turkey

ZUSAMMENFASSUNG. — Die 540 km² umfassende Provinz «Şark Kromit Yatakları» südöstlich von Elazığ (Abb. 1) ist ziemlich reich an Chromitlagerstätten. In der genannten Provinz trifft man drei nach Entstehungsarten unterschiedliche Lagerstättentypen:

1. Chromitlagerstätten vom Typ Kündikân-Guleman
2. Chromitlagerstätten vom Typ Soridağ
3. Chromitlagerstätten vom Typ Kefdağ

Die mikroskopische Untersuchung der Chromitlagerstätten von Kefdağ hat im Erz der Reihe nach folgende Mineralien ergeben: in geringer Menge oder spurenweise Heazlewoodit, Awaruit, Zwischenmineral, Millerit, Mackinawit, gediegenes Kupfer, Cuprit, Tenorit und Covellin + Neodigenit.

Ferner hat man in den Dünnschliffen der Proben, von denen auch Anschliffe angefertigt wurden, die Gangminerale wie Chlorit, Olivin, Orthopyroxen, Serpentin, Chrysokoll und Garnierit festgestellt.

EINLEITUNG

Die Provinz «Şark Kromit» liegt in der Nähe vom Gebiet «Ergani Maden Yatakları», welches den Gegenstand der Doktorarbeit des Verfassers bildet. Aus diesem Grunde hat der Verfasser diese Provinz in den Sommermonaten 1964-1965 allein und im Herbst 1967 mit Herrn Prof. Dr. Ing. A.Heike zusammen besichtigt; nach diesem letzten Besuch haben Herr A.Heike und der Verfasser auf Wunsch der Etibank unter Berücksichtigung der damaligen Stellung der Lagerstätten von Şark Kromit einen geologischen Bericht abgefasst und der Bergwerksdirektion vorgelegt. Den allgemeingeologischen, tektonischen und genetischen Erläuterungen dieser Abhandlung liegen z.T. der genannte Bericht und z.T. des Gelaendenotizbuch des Verfassers zugrunde.

Die Generaldirektion von Etibank hat sich entschlossen, das an chromitarmer Erz der Lagerstätten von Kefdağ aufzubereiten bzw. auszuwerten und hat zu diesem Zwecke die Erzproben dieser Chromitlagerstätten zum Analysieren ins Ausland geschickt. Diese Analysen haben aber im Erz einen für Anreicherung nachteiligen Schwefelgehalt ergeben; daher hat man der Etibank mitgeteilt, dass ein solches Erz wegen seines zu hohen Schwefelgehalts nicht aufbereitet werden kann. Weil aber die Generaldirektion der Etibank früher mit dem Investieren für die Erz. Aufbereitungsanlagen begann, wandte sie sich in Erwägung, dass auf dieses Projekt nicht zu verzichten ist, mit denselben Proben an die Generaldirektion des M.T.A. Instituts und forderte festzustellen, an welche Mineralien das Anreicherungsgrenze überschreitende Schwefelelement gebunden ist bzw. ob es an magnetischen Pyrrhotin (FeS) gebunden sei, weil der letztgenannte sehr gefährlich ist. So wurden die in Frage kommenden Proben anhand der An- und Dünnschliffe ausführlich untersucht. Bei der Untersuchung unter dem Aufsicht-mik-

roskop wurden im Erz neben dem Chromitmineral, wenn auch sehr gering, als Erzminerale vom Chromit umgewandelter Spinell und Magnetit, ferner als Ni-Minerale Heazlewoodit (Ni_3S_2), Awaruit (Ni, Fe-Legierung), Millerit (NiS), Zwischenmineral (unbekanntes Ni-Mineral), Mackinawit (Fe, Ni, Co) S, als Kupferminerale gediegenes Kupfer (Cu), Cuprit (Cu_2O), Tenorit (CuO), Chalkosin (Neodigenit ? Cu_2S) und Covellin (CuS) festgesteift.

Die Dünnschliffe derselben Proben haben unter dem Durchlichtpolarisationsmikroskop als Gangminerale Chlorit, Chrysokoll und Garnierit gezeigt.

Dass bei diesen Untersuchungen gerichtet auf die Lösung der Schwierigkeiten, auf welche die Generaldirektion von Etibank bei dem Aufbereitungsprojekt des Chromiterzes von Kefdağ stiess, die bis heute auf der ganzen Welt in ultrabasischen Gesteinen wenig getroffenen Minerale und Metalle wie Heazlewoodit, Awaruit, Zwischenmineral, (unbekanntes Ni-Mineral) Mackinawit und gediegenes Kupfer festgestellt wurden, hat uns den Anlass gegeben, die erzielten Unterlagen mit den vorherigen Gelaendearbeitsergebnissen zusammen in einer Abhandlung zu veröffentlichen.

Die im Laboratorium für analytische Chemie des M.T.A. Instituts durchgeführten chemischen Analysen des Ni- und Cu-Minerale enthaltenden Chromiterzes haben durchschnittlich 0,13 % Cu und 0,16 % Ni ergeben.

DIE PROVINZ «ŞARK KROMİT YATAKLARI»

Geschichte und Geographie

Die Provinz «Şark Kromit» südöstlich von Elazığ (Abb. 1) ist ziemlich reich an Chromitlagerstätten. Diese reichen Lagerstätten konnten erst nach Erreichung der Eisenbahn an die Kreisstadt Maden von Elazığ im Jahre 1939 dem Abbau erschlossen werden. Zur Zeit werden alle Lagerstätten ausser einigen kleineren von Etibank abgebaut. Am Anfang bildeten die Chromitlagerstätten bei dem Dorf Guleman, dessen Luftlinieentfernung von der Kreisstadt Maden 19 km beträgt, das Zentrum des Abbaus. Weil aber diese Lagerstätten in einer kurzen Zeit wie 10-12 Jahre erschöpft sind, wurde der Gewichtspunkt des Abbaus nach den Chromitlagerstätten von Soridağ verlegt. Bei Guleman befinden sich heute nur die Bergwerksdirektion, die Reparaturwerkstätten, die Büros und Wohnungen der Beamten und die Verladestation der nach Maden führenden Luftleitung.

Die Provinz von Şark Kromit Yatakları hat eine Flächenausdehnung von 540 km². Ihre Länge in NW-SE Richtung beträgt 30 km und sie ist 18 km breit.

Die Hauptgesteine der Provinz «Şark Kromit Yatakları» und der Block von Künt

Die Provinz «Şark Kromit Yatakları» befindet sich in der alpinen Orogenese und hier treten Gesteine wie kristalline Schiefer, Marmore, Gabbros, Norite, Diabase, Peridotite und Serpentine, Spilite, Keratophyre, Tuffe, Diabase, Kalke, tonige Sedimente und Radiolarite auf.

Der Block von Künt (Künt ist ein Dorf in diesem Gebietsteil) hat eine Länge von 19 km und eine Breite von 6 km. Dieser Block wird vom Serpentin umgrenzt und an seiner Ostseite befinden sich aus unverwittertem Peridotit bestehende Soridağ, Rutdağ und Kefdağ (Abb. 3). In diesem Peridotit liegen die Chromitlagerstätten. Nach Westen wird der Peridotit durch Gabbro ersetzt. Der Block von Künt stellt nicht ein Ganzes dar, sondern zeigt er einen zerstückelten und verzahnten Mosaikbau.

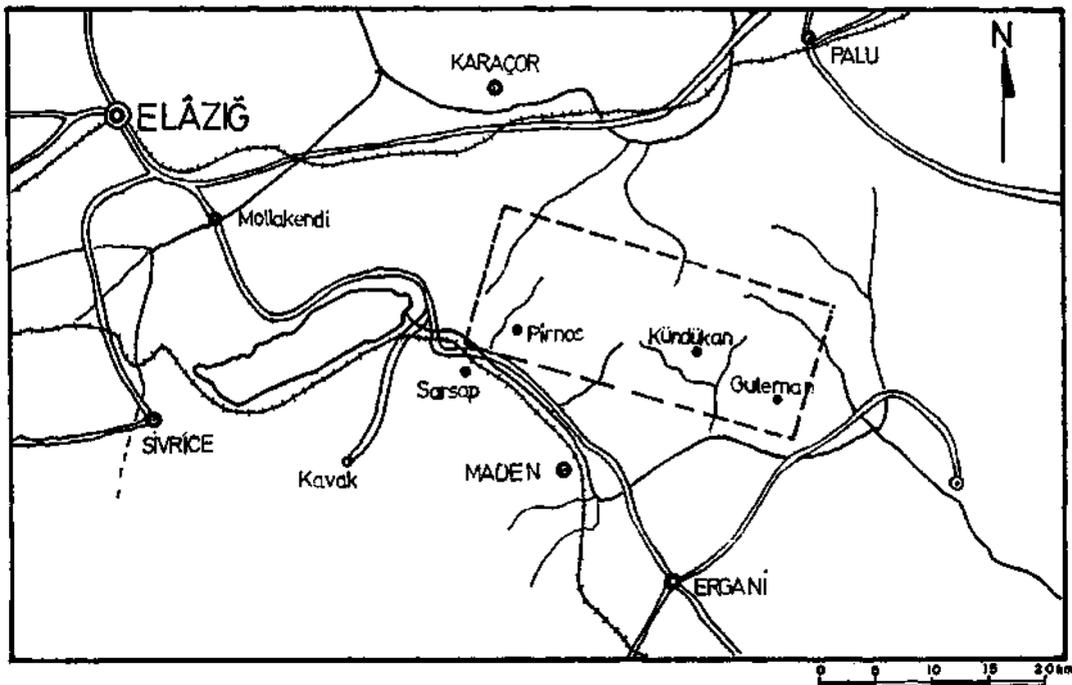


Abb. 1 - Die Provinz von Şark Kromit ist auf der Karte mit gestrichelten Linien umgrenzt.

Wir können verschiedene Chromitlagerstätten in der Provinz «Şark Kromit» in 3 Gruppen einteilen.

1) *Die Chromitlagerstätten vom Typ Kündükân-Guleman.* — Diese Lagerstätten liegen im Antigoritserpentin mit grösster Bewegungsfähigkeit. Auf der geologischen Karte sieht man, dass dieser Antigoritserpentin sich in NW-SE Richtung (in Richtung nach Tenkella) mit einer Länge von 9 km von Kündükân bis Guleman und mit einer Breite von 1-2 km von Kelhasi und Guleman bis Yukarı Kündükân und Bahru Ulya erstreckt (Abb. 2). Der Antigoritserpentinergürtel verbindet sich hier mit dem Block von Künt und setzt sich als ein dünner Streifen längs der Südgrenze des genannten Blocks fort. Im Antigoritserpentin schwimmen ausser den Chromitköpfen auch Stücke von kristallinem Schiefer, Gabbro, Norit und Marmor.

Die wirtschaftlich bedeutendsten Chromitlagerstätten befinden sich südöstlich vom Antigoritserpentinergürtel. Wir können hier der Reihe nach die Chromitmassen von Site-Altı, Saysın, Tosin, Şimal Yarması und Gölalan nennen, von welchen die letztgenannte mit einer Reserve von 1 200 000 t mit 50-52 % Cr_2O_3 -Gehalt die grösste Lagerstätte bildet. Die letzten Erzrelikte der Lagerstätte von Gölalan sind im Jahre 1967 gefördert worden und die anderen sind bereits vor Jahren erschöpft. Nordwestlich vom Antigoritserpentinergürtel, in der Umgebung vom Dorf Kündükân befandep sich gleichartige Lagerstätten. Sie waren aber im Verhältnis zu den anderen Lagerstätten klein. A.Heike hat sie als Lagerstätten vom Typ Kündükân-Guleman bezeichnet. Solche Lagerstätten sind in der Provinz von Şark Kromit ziemlich häufig zu treffen.

Verschiedene Lagerstätten im Gebiet von Bağın und Mahman: Wir können hier den im Nordosten dieser Umgebung befindlichen, in alter Zeit abgebauten und 50% Cr_2O_3 enthaltenden

Chromit von Herpete mit einer Reserve von 90 000 t, die Vorkommen von Genepi und Aygos (Ali Bey Köyü) an der Nordgrenze des Blocks Künt, die Vorkommen bei Simaki und Putyan, die geschleppten, in Ana Yatak und Kisabekir im Tagebau geförderten Chromitmassen im Antigoritserpentin von den Kupferlagerstätten «Ergani» aufzählen (Abb. 2). Diese Chromitlagerstätten sind abgebaut worden bzw. sie sind heute saemtlich erschöpft.

Die Chromitlagerstätten vom Typ Kündikän-Guleman bestehen aus wurzellosen, bei der Schleppung abgerundeten, allseitig gelaetteten, kompakten Erzmassen. Die Chromitlagerstätten vom Typ Kündikän-Guleman zeigen sehr unterschiedliche Grossen. Die Namen der grösseren Lagerstätten wurden oben angeführt. Die kompakten Erze der Chromitlagerstätten von Kündikän stellten 1000 t oder weniger wiegende Massen dar. Auch die Massen von Ergani Bakir waren klein. Die kleinsten derartiger Lagerstätten können faustgross sein. Wie oben mit beiden Beispielen gezeigt wurde, sind die Chromgehalte der Chromitlagerstätten vom Typ Kündikän-Guleman verschieden.

2) Die Chromitlagerstätten vom Typ Soridağ. — Im Peridotit von Soridağ und Rutdağ westlich des Blocks von Künt befinden sich parallele Chromitflöze (Abb. 3). Wie auch aus der folgenden Tabelle zu ersehen ist, zeigen die Erzaufschlüsse in diesem Gebiet das Vorhandensein von fünf Flözen (Tabelle 1). Die Laenge und Anzahl dieser Flöze werden spaeter diskutiert.

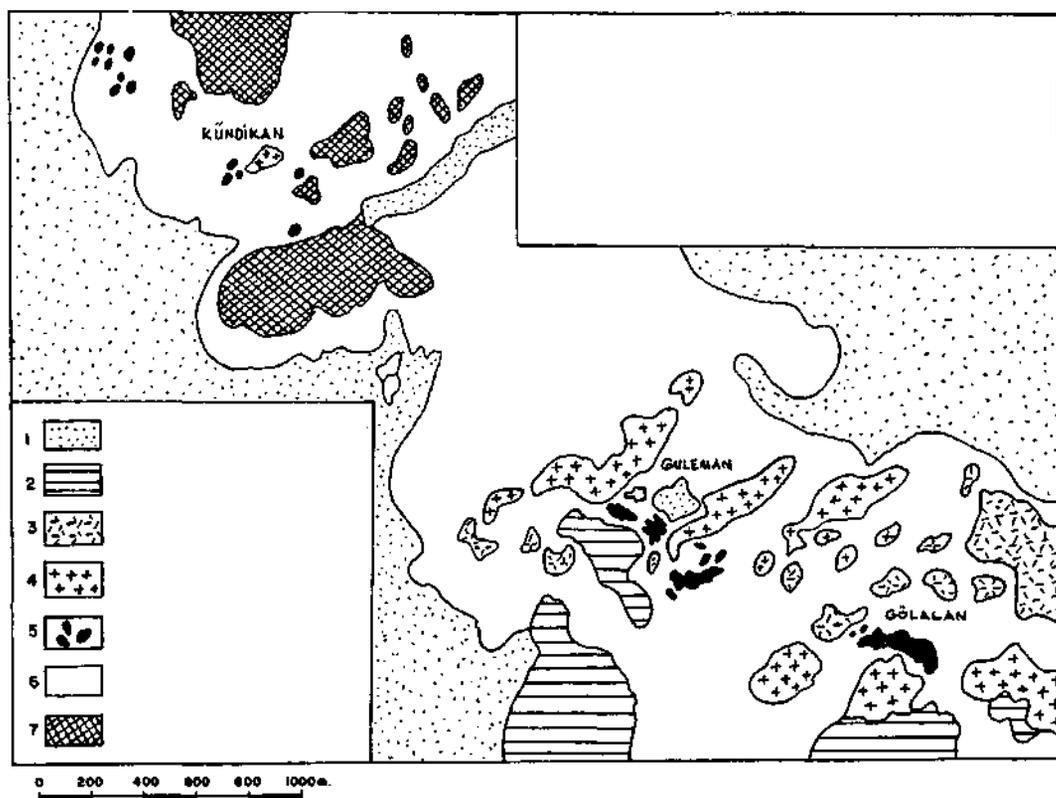


Abb. 2 - Geologische Karte der Zone, in der die Chromitlagerstätten vom Typ Kündikän - Guleman liegen (P. de Wijkerslooth 1974; H. Schneiderhöhn veraendert, 1958).

1 - Tonig-mergelige, kalkige Gesteine; 2 - Schiefertone, Diabastuffe, Mandelsteine, Kalke;
3 - Serpentin, Marmor, brekziöse Gesteine; 4 - Norit; 5 - Chromit; 6 - Serpentin und
Dunit; 7 - Phyllit und Marmor.

Tabelle-1

<i>Flöz</i>	<i>Die im Bergwerk bis Ende 1967 festgestellte Flözlaenge (m)</i>	<i>Vertikalabstand zwischen zwei Flözen (m)</i>
Rutdağ	?	1100-1200
Tepebaşı	550	330
Uzundamar-Akyüz-Haydar	1300	165-175
Ayı damarı-Ayı pınarı	?	?
Tenkella	200	125-130

Die durchgeführten Untersuchungen haben uns zu der Ansicht gebracht, dass zwischen diesen fünf Flözen noch weitere Flöze vorhanden sind. Der Tiefbau zeigt, dass die Flöze parallel zueinander sind und diese Parallelstruktur stimmt mit der magmatischen Schichtungstheorie ganz überein. Die Flöze bilden mit der NE-Richtung einen Winkel von 15-20° und fallen mit 35-40° nach Westen ein. Die Flözmachtigkeiten sind unglaublich verschieden. Die Flöze besitzen in ihrer Laengserstreckung eine den platten Rosenkranzkörnern aehnliche, linsenförmige Gestalt. Der gleiche Bau zeigt sich auch in den Tiefbauen. Die Flöze bilden 20-30 m lange und 18 m maechtige, massive Erzlinsen, indem sie manchmal in einer laengeren Strecke ihre Maechtigkeit von nur einigen cm bewahren und manchmal maechtiger werden. Daneben sind auch kleinere Chromitlinsen vorhanden. Dass die Flöze manchmal dünner und manchmal maechtiger werden, ist durch die Tektonik hervorgerufen. Dadurch sind die horizontalen Chromitflöze unter Einwirkung der alpinen Orogenese infolge des Materialfließens stellenweise dünner oder maechtiger geworden und haben ihre heutige, einfallende Position bekommen. Der sich zur Serpentinisierung wendende Peridotit von Soridağ und die Serpentinfüllung zwischen den Chromitkörnern der Chromitflöze haben das Materialfließen erleichtert und den «Boudinage»-Bau der Flöze verursacht. Die «Boudinage»-Struktur der Flöze ist unter Einwirkung der Bruch-Tektonik zerbrochen und zerrissen. Das systematische Aufsuchen solcher Flözteile ist das Hauptproblem des Bergbaubetriebs von Soridağ. Demnach sollen die Chromitflöze sowohl in ihrer Streichrichtung als auch im Einfallen verfolgt werden. Die Chromitflöze sind durch zahlreiche Verwerfungen zerrissen und zerteilt.

Die Bruchlinien sind z.T. mit feinkörnigem Quarz, z.T. mit braunem Ton und manchmal mit Serpentinaustaub gefüllt. Andererseits sind auch die geschleppten Chromitflözteile durch die oben genannten Zwischenmittel begrenzt. Im Soridağ beobachtet man zwei Verwerfungssysteme. Die N-S streichenden Verwerfungen zeigen eine Sprunghöhe (einen Verwurf) von bis 50 m. Die E-W streichenden Brüche sind im Verhaeltnis zu den anderen geringer verworfen. Sie haben die Flözteile nördlich der Verwerfung nach Osten verschoben. Die Ermittlung der Flöze in ihrer Streichrichtung kann auch untertage vorgenommen werden. Wenn das Flöz in einer grösseren Strecke einen ausgedünnten Bau zeigt, tritt das Problem hervor, ob diese Verfolgungsarbeit wirtschaftlich ist. Auf der Erdoberflaeche kann die Fortsetzung der Flöze durch Aufschlüsse verfolgt werden. Die durch bisherige Arbeiten festgestellten Flözlaengen sind mehr als die sich beim Abbau herausgestellten Flözlaengen.

Das Flöz Tenkella folgt von Norden nach Westen dem Tenkella Dere und weist in seiner Erstreckung Aufschlüsse auf. Das Flöz Ayı damarı-Ayı pınarı erstreckt sich in südlicher Richtung, erreicht Yunus deresi und Yunus yaylası und seine Gesamtlänge beträgt 240 m. Das Flöz Uzun damar - Akgüz - Haydar tritt in südlicher Richtung bei Keklik damar zutage und erstreckt sich

bis den Stollen Yunus yol üstü. Die Aufschlüsse des grossen Teiles dieses insgesamt 200 m langen Flözes wurden noch nicht festgestellt. Das Flöz Tepebaşı erstreckt sich nach Norden und erreicht Kanlı viraj. Dieses Flöz ist auch in südlicher Richtung zu verfolgen. Es ist aber nicht möglich, über seine Gesamtlänge genaueres zu sagen. Von diesen Vorkommnissen ist das Flöz Rutdağ am wenigsten bekannt. Es ist ziemlich wahrscheinlich, dass die Gruben von Kara çeşme, Rutdağ alt, orta, üst, Lazir üstü sowie Lazir sınır tepesi und die zwischen ihnen bis heute noch nicht gefundenen Aufschlüsse die einzelnen Teile eines grossen Flözes darstellen. Aber die durchgeführten Aufschlussarbeiten sind nicht in der Lage, die obige Vermutung nachzuweisen. Das den Flözen senkrecht stehende Tal von Tenkella ermöglicht die Verfolgung der Flöze nach der Tiefe. Auch durch die langen Vorrichtungs- und grossen Aufschlussstollen ist die vertikale Verfolgung der Flöze möglich.

3) *Die Chromitlagerstätten vom Typ Kefdağ.* — Auf Kefdağ befinden sich im Peridotit zwei ähnliche, 800 m lange und in E-W-Richtung nacheinander liegende Lagerstätten (Abb. 3). Sie wurden als Chromitlagerstätten von Doğu Kefdağ und Batı Kefdağ genannt. Hier soll geologisch nur die Chromitlagerstätte von Batı Kefdağ bearbeitet werden. Diese 500 m lange Lagerstätte streicht in N 80° E-Richtung und fällt mit 70-80° nach Süden ein. Die Aufschlüsse beginnen in der Nähe des Gipfels von Kefdağ aufzutreten und setzen sich bis 300 m in der Vertikalrichtung fort. Das Chromitflöz ist durchschnittlich 10, stellenweise 35 m mächtig und trennt sich in den tieferen Horizonten in zwei Teilflöze. Das Chromitflöz von Kefdağ im Peridotit besteht aus an Chromit reichen und armen Erzen. Die an Chromit reichen Erze sind arm an Silikaten und befinden sich gewöhnlich in mittleren Teilen der Lagerstätte. Das reiche Erz enthält 46 % Cr₂O₃, 4,5-5 % SiO₂, 16,5-17 % Al₂O₃ und stellt somit die in der Herstellung der feuerfesten Backsteine verwendete, beste Chromitsorte dar. Auch das arme Erz mit 39-42 % Cr₂O₃, 8,5 % SiO₂, 15-16 % Al₂O₃ ist günstig für die feuerfeste Backsteinindustrie. Zum Verkaufszwecke soll das sehr arme, imprägnierte Erz angereichert werden.

Die Entstehung der Chromitlagerstätten vom Typ Kefdağ

Nach Einteilung von G. Hiessleitner (Wien, 1951/1952, S.372) enthält die Chromitlagerstätte von Kefdağ das «Schlierenplatten-Sprenkel»-Erz und besteht aus sich angrenzenden, an Chromit und Olivin reichen Teilen. Die Chromitlagerstätte von Kefdağ ist ähnlich den aus kleineren Schlierenplatten zusammengesetzten Chromitlagerstätten von Çatak und Topuk (Orhaneli-Bursa).

Es ist ziemlich schwer, die Entstehung des sogenannten Schlierenplattenerzes zu erklären. Sicherlich sind auch diese-Flöze infolge einer magmatischen Differentiation vom peridotitischen Magma entstanden. Es ist aber auch die Tatsache, dass es hier nicht in eine gravitative Kristallisationsdifferentiation handelt. Über die Entstehung der Chromitlagerstätte von Kefdağ kann wohl erst mit dem Fortschreiten des Abbaus genaueres gesagt werden. Auf der gleichen Linie und in der gleichen Richtung befinden sich im Serpentin die Chromite der Lagerstätte von Kapin und im weiteren Süden auf Şabata tepe das aus Kügelchen zusammengesetzte Chromiterz.

MIKROSKOPISCHE UNTERSUCHUNG DER CHROMITLAGERSTÄTTE VON KEFDAĞ

ERZMINERALIEN

Von den an Chromit reichen Teilen der Chromitflöze von Kefdağ wurden 70 Anschliffe angefertigt und die Untersuchung dieser Anschliffe unter dem Erzmikroskop hat neben dem in reichster Menge vorhandenen Chromit auch andere sehr wenig oder spurenweise auftretende Erzminerale ergeben.

Chromit

Der Chromit zeigt kataklastische Textur und ist entlang seiner kataklastischen Kanten und Risse zu Spinell und in sehr geringem Masse zu Magnetit umgewandelt. Die kataklastischen Risse zeigen manchmal einen annähernden Parallelismus (Photo 1, 4), sind aber im allgemeinen nicht parallel.

Der vom Chromit umgewandelte Spinell ist in reicherer Menge als Magnetit vorhanden und die Spinellisierung zeigt selten eine dem myrmekitischen Gefüge ähnliche Textur (Photo 1). Die kataklastischen Risse sind mit Chlorit gefüllt.

Heazlewoodit

Die chemische Formel von Heazlewoodit ist Ni_3S_2 und sein Kristallsystem ist Trigonal-Trapezoeder. Die Heazlewoodite werden im Chlorit zwischen den Chromitkristallen des sehr reichen Chromiterzes von Kefdağ in sehr geringer Menge beobachtet, sie sind zuweilen ziemlich gross und können im Anschliff makroskopisch leicht festgestellt werden. Die Heazlewoodite, die eine maximale Korngrösse von 0,6-0,7 mm aufweisen, haben in ihren mikroskopischen Eigenschaften grosse Ähnlichkeit mit Pyrit. Heazlewoodit besitzt eine glänzende, metallische Eigenschaft sowie eine ins Bronzene spielende weisse Farbe und ist ein nicht magnetisches Mineral.

Die unter dem Erzmikroskop untersuchten Anschliffe zeigen, dass Heazlewoodit sehr gut zu schleifen ist und eine geringere Härte als der mitauftretende Millerit hat. Die Vickershärte des Heazlewoodits von Kefdağ wurde mittels des Erzmikroskops der Firma Vickers Ltd. gemessen und diese Messung hat die Werte von VHN—290-340 ergeben. Die Durchschnitte dieser Werte wurden für 20, 50, 100 gr. gerechnet und unten in der Tabelle 2 zusammengestellt. W.Uytenbogaardt+E.A.J.Burke (1971) haben für Heazlewoodit die Werte von $VHN_{50}=231-321$ angegeben.

Tabelle-2

<i>Erprobte Kraft (in gr)</i>	<i>Durchschnitt der Diagonalenlänge des eingedrückten Quadrats (in Mikron)</i>	<i>Vickerswerte (VHN) kg/mm²</i>
20	109	312
50	170	321
100	248	301

Der Heazlewoodit von Kefdağ gleicht dem Pyrit, ist aber weisser als er und besitzt eine sehr hohe Reflektivität. Man hat seine Reflektivität mittels des mit Photomultiplier-System ausgerüsteten Auflichtmikroskops der Firma Vickers Ltd. gemessen und folgende Werte festgestellt (Tabelle 3). Bei der Messung wurde die Standardwolframkarbidprobe Nr. 061 der Firma Zeiss verwendet. Durch Projizieren der ermittelten Reflektivitäten (R) und der Lichtlängen in Lambda (l) Nanometer ist eine Graphik entstanden (Abb. 4).

Zum Vergleich mit Heazlewoodit von Kefdağ wurden ferner die Reflektivitätswerte für Heazlewoodit aus dem Buch von W.Uytenbogaardt+E.A.J. Burke (Tables for microscopic identification of ore minerals 1971) angegeben (Tabelle 4).

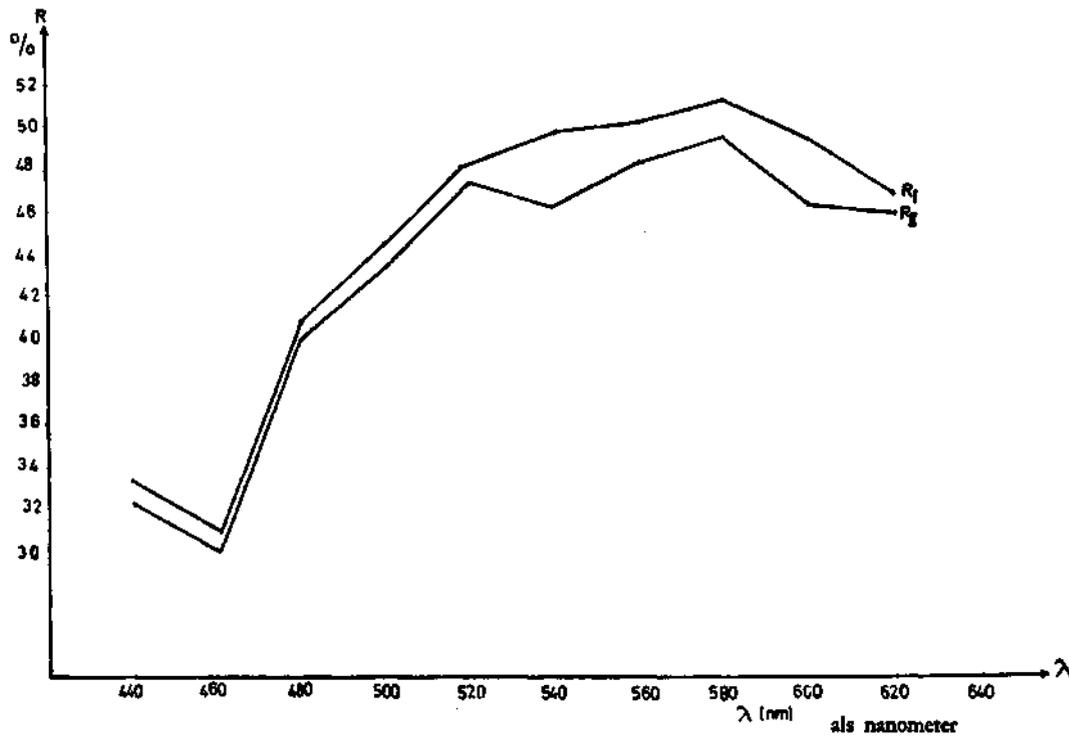


Abb. 4 - Reflektivitaetsgraphik des Heazlewoodits von Kefdağ.

Tabelle - 3

Verwendete Lichtlaenge (in Lambda (λ) Nanometer (nm))	Reflektivitaetswerte (R)	
	R ₁	R ₂
440	33.3	32.2
460	31.1	30.0
480	40.6	40.0
500	44.5	43.2
520	47.9	47.3
540	49.6	46.1
560	50.0	48.0
580	51.0	49.3
600	49.0	46.0
620	46.6	45.7

Tabelle - 4

	R
486	48.6
546	52.5
589	56.5
650	56.5

Der Reflexionspleochroismus des Heazlewoodits von Kefdağ ist in der Luft ziemlich schwach, im öl leichter zu sehen. Seine Anisotropie ist mittelmässig, kann aber leicht beobachtet werden und zeigt richtiges Aufhellen und Erlöschen.

Der grösste Teil von Heazlewoodit befindet sich im Gangmineral Chlorit zwischen den Chromitkristallen und der sehr geringe Teil desselben im Chromit selbst direkt begrenzt von diesem. Die im Chlorit auftretenden Heazlewoodite sind offensichtlich korrodiert und stellen sich als xenomorphe Bildungen heraus. An den Stellen, wo zwei oder mehrere Kristalle sich zusammen befinden, werden sich die Heazlewooditkristalle durch scharfe und gerade Linien aneinander gegrenzt (Foto 3). Manchmal hat sich der mit einer Kante an Chromit lehrende Heazlewoodit der Form dieses Chromits angepasst. Bei sorgfältiger Betrachtung sieht man, dass auch an solchen Stellen zwischen dem Chromit und Heazlewoodit ein sehr dünnes Chloritband vorhanden ist und dass der Chlorit den Heazlewoodit umrahmt. Die Heazlewoodite im Chlorit zeigen manchmal eine kataklastische Textur und selten verwaechst Heazlewoodit mit Chlorit in solchem Weise, dass es an das Aussehen einer myrmekitischen Textur erinnert. Stellenweise passt sich Heazlewoodit der Paralleltextur des Chlorits an und erstreckt sich in Form von Staebchen. Diese Staebchen dünnen sich manchmal zu beiden Enden aus und nehmen eine linsenförmige Gestalt. Heazlewoodit befindet sich in sehr geringer Menge auch in den kataklastischen Chromitrisen. Dieser Heazlewoodit hat sich im allgemeinen der Form des Chromitrisse angepasst und tritt als sehr kleine, xenomorphe Bildungen auf. Zuweilen ist Heazlewoodit im Chromit in Form von rundlichen, 2-3 Mikron grossen Körnchen angeordnet (Photo 4). Derartige im Chromit getroffene Heazlewooditbildungen sind selten idiomorph. Wenn auch sehr selten, kann Heazlewoodit sehr schöne Spaltbarkeit zeigen.

Gewöhnlich sind die Heazlewoodite von Kefdağ teilweise zu Millerit umgewandelt (Foto 2). So werden die nicht zu Millerit umgewandelten Heazlewoodite selten beobachtet. Die Umwandlung von Heazlewoodit zu Millerit ist fast immer parallel zu den bestimmten, kristallographischen Richtungen erfolgt. Die Umwandlung zu Millerit folgt der (0001)-Fläche (P. Ramdohr, 1960, S. 380). Während der Umwandlung von Heazlewoodit zu Millerit ist zwischen dem Millerit und Heazlewoodit ein neues Mineral (ein Zwischenmineral) gebildet. Infolgedessen sind im Heazlewoodit fast immer Schrumpfungsrisse entstanden (Foto 2). Die Umwandlung des Heazlewoodits zu Millerit sowie Zwischenmineral erfolgt z.T. von den Raendern nach dem Inneren und z.T. vom Inneren nach den Raendern hin (Foto 6). Manchmal stellt man fest, dass Heazlewoodit völlig zu diesen Mineralien umgewandelt ist. Die Umwandlung geht im Heazlewoodit vorwiegend in gleicher Richtung in Form von Flaemmchen, Keilchen vor, oder seltener verwirklicht sie sich in Form von dünnen, regelmaessigen, parallel und in zwei verschiedenen Richtungen streichenden Lamellen (Foto 5,6). Die Schrumpfungsrisse, die bei der Umwandlung von Heazlewoodit zu Millerit und Zwischenmineral entstanden sind, wurden grösstenteils von Mackinawit und zum Teil von Chlorit gefüllt worden (Foto 2, 3).

Der Heazlewoodit von Kefdağ ist z.T. laengs seiner Kanten mit einem sehr dünnen Awaruit-saum von durchschnittlich 3-10 Mikron Breite umschlossen. Selten erreicht dieser Saum 25-30 Mikron und an solchen breiten Stellen ist er dann nach dem Inneren des Heazlewoodits in Form von idiomorphen Kristallen mit regelmaessigen Kanten gewachsen. Die Awaruitgrenze zwischen dem Chlorit und Heazlewoodit ist fast immer unregelmaessig und besitzt schwankende Breite.

Heazlewoodit ist selten durch gediegenes Kupfer verdraengt. Die randlichen Hohlräume des Heazlewoodits sind offenbar vom gediegenen Kupfer gefüllt worden (Foto 9). An zwei verschiedenen Stellen ist ferner der 5-10 Mikron grosse Heazlewoodit völlig von gediegenem Kupfer umschlossen. In solchen Faellen ist jedoch zwischen dem Heazlewoodit und gediegenem Kupfer ein sehr dünnes Cupritband von 1-2 Mikron Dicke entwickelt und umschliesst den Heazlewoodit völlig. Die im gediegenen Kupfer auftretenden Heazlewoodite sehen neben dem hoch metallischen Glanz des gediegenen Kupfers im Verhaeltnis zu dem Normalheazlewoodit ziemlich matt und dunkel aus.

Obwohl bis heute über die Entstehung des Heazlewoodits keine genauen Unterlagen vorliegen, weist das Auftreten von Heazlewoodit im Chlorit in den Chromitflözen von Kefdağ darauf hin, dass

Heazlewoodit in engstem Zusammenhang mit der Chloritisierung steht. Weil Heazlewoodit ferner mit Awaruit, gediegenem Kupfer, Mackinawit und dem von Chromit umgewandelten Spinell sowie Magnetit zusammen vorkommt, wird es bewiesen, dass Heazlewoodit und der während der Metamorphose entstandene Chromchlorit hydrothermalen Ursprungs sind.

Man hat festgestellt, dass die Röntgenaufnahmewerte, welche das von 22 Anschliffen mit Hilfe eines Taschenmessers und einer Nadel für das Röntgengerät präparierte Probematerial ergab (4,10; 2,90; 2,02; 1,657), einem Teil der auf den ASTM 8-126-Karten des M.T.A. Instituts angegebenen Werte (4,83; 100; 2,89; 90; 1,66; 80; 4,11; 50) sehr nahe sind (Abb. 5).

Awaruit (Josephinit)

Awaruit ist eine Nickel-Eisen-Legierung und enthält 70-75 % Ni, 30-25 % Fe. Awaruit kristallisiert in Kubusystem, besitzt magnetische Eigenschaft und ist mittels eines Magnets sehr leicht zu unterscheiden. Wenn auch nicht in gleicher Masse wie beim Heazlewoodit, kann man auch Awaruit sehr gut schleifen. Auch nach längerem Bleiben in der Luft zeigt Awaruit keine Oxydationserscheinung. Sein höheres Relief beweist, dass Awaruit härter als Heazlewoodit ist.

Seine Reflektivität ist beim metallischen Charakter ziemlich hoch. Neben dem gelblichen Heazlewoodit sieht Awaruit glänzend weiss aus und ist isotrop.

Awaruit befindet sich in den Chromiten von Kefdağ im allgemeinen als 1-10 Mikron breite Bänder um den Heazlewoodit herum, tritt jedoch seltener auch im Chlorit in Form von einzelnen, idiomorphen, hypidiomorphen, max. 70-80 Mikron grossen Kristallen auf (Foto 7).

Die Awaruitbänder befinden sich nur um einen Teil des Heazlewoodits, meistens an einer Seite desselben und zum Teil umschliessen sie ihn völlig. Ferner wurde Awaruit an einer Stelle als ein kleiner, hypidiomorpher Kristall im Heazlewoodit festgestellt.

Wenn Awaruit sich um den Heazlewoodit herum bildet, dann tritt seine Grenze gegen Heazlewoodit in Form von regelmässigen Linien auf, seine Grenze gegen Chlorit zeigt dagegen ein unregelmässiges, korrodiertes Aussehen. Insbesondere an den Stellen, wo die Breite des Awaruitbands um den Heazlewoodit 25-30 Mikron erreicht, beobachtet man, dass Awaruit mit scharfen Kanten nach dem Inneren des Heazlewoodits wächst. Hier ist es ganz klar, dass Awaruit von Heazlewoodit umgewandelt ist.

Awaruit ist von Heazlewoodit durch Metamorphose mit grösster Wahrscheinlichkeit unter 200° entstanden. Auf die ziemlich niedrigere Temperatur weist auch die Tatsache hin, dass Awaruit mit gediegenem Kupfer nebeneinander auftritt, aber trotzdem keine Legierung bildet. Wenn das gediegene Kupfer mit Awaruit in gleicher Zeit gebildet wäre, hätten sie eine Legierung gebildet.

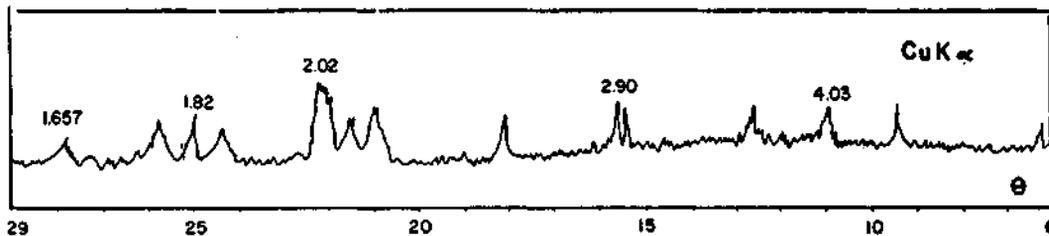


Abb. 5 - Wichtige Röntgenwerte des Minerals Heazlewoodit; die Werte ohne Wertangabe gehören den Mineralien Chromit und Chlorit.

Zwischenmineral

Das Zwischenmineral ist wie Millerit von Heazlewoodit umgewandelt, tritt aber im Verhältnis zu Millerit in reicherer Menge auf.

Seine Farbe ist weiss, glänzend und zeigt neben dem Heazlewoodit einen rötlich braunen Ton. An frischen Anschliffen bemerkt man diesen rötlich braunen Farbton sehr leicht, unter der Lufteinwirkung wird er mit der Zeit dunkler und erleichtert so, dass dieses Mineral unter dem Erzmikroskop von Heazlewoodit und Millerit unterschieden wird.

Die Härte des Zwischenminerals ist sehr ähnlich derjenigen des Heazlewoodits; wegen seiner Feinkörnigkeit konnte aber die Vickershärte nicht gemessen werden. Dieses Mineral ist leicht zu schleifen.

Der Reflexionspleochroismus ist in der Luft nicht, im Öl schwer zu sehen. Seine Anisotropie ist in der Luft schwach, im Öl dagegen klar zu beobachten. Die Anisotropiefarben wechseln zwischen hellhimmelblau-blaulich, hellgrau und hellbraun-dunkelbraun.

Das sogenannte Zwischenmineral tritt während der Umwandlung des Heazlewoodits zu Millerit als erste Phase der Milleritisierung auf. Infolgedessen befindet sich sein grösster Teil im Heazlewoodit mit Millerit nebeneinander. Für sich allein kommt es nur in geringer Menge vor. Wenn auch in geringerer Masse, sind manche feinkörnige Heazlewoodite völlig zu Zwischenmineral und Millerit umgewandelt. Bei sorgfältiger Betrachtung kann man auch in solchen Bildungen Heazlewooditsrelikte zu sehen.

Die Umwandlung des Heazlewoodits zu Zwischenmineral und Millerit ist parallel zu der (0001)-Richtung erfolgt. Die Umwandlung erscheint in Form von Flaemmchen, Keilchen und Lamellen (Foto 2). Die Zwischenmineralflaemmchen und -keilchen erstrecken sich z.T. parallel von den Rändern nach dem Inneren des Heazlewoodits und z.T. befinden sie sich im Heazlewoodit (Foto 6). Das Zwischenmineral tritt im Heazlewoodit immer mit Millerit zusammen auf und in seltenen Fällen zeigt es eine idiomorphe Gestalt. Das Zwischenmineral wurde im Heazlewoodit zuweilen in Form von parallelen Lamellen festgestellt und sogar im gleichen Heazlewoodit als in zwei verschiedenen, annähernd sich querenden Richtungen streichende, sehr regelmässige, dünne Lamellen verfolgt (Foto 5, 6). Überall, wo die von Heazlewoodit umgewandelten Zwischenmineral + Millerite auftreten, werden Schrumpfungsrisse beobachtet (Foto 2, 3). Auch an den Stellen, wo im Heazlewoodit kein Millerit vorhanden ist und nur lamellares Zwischenmineral vorkommt, treten Schrumpfungsrisse in den Lamellen und quer zu dem Lamellenstreichen auf. Die infolge der Raumverminderung entstandenen Schrumpfungsrisse sind grösstenteils mit Mackinawit und z.T. mit Chlorit gefüllt.

Millerit

Millerit befindet sich im allgemeinen im Heazlewoodit in Form von infolge seiner Umwandlung entstandenen dünnen Nadeln und Keilchen; seltener ist er als max. 5-10 Mikron lange, sehr dünne, nadeiförmige Bildungen im Gangmineral Chlorit verteilt vorhanden. Die letzteren treten manchmal parallel zu der Chloritschichtung auf. Ferner wird Millerit zuweilen in den Hohlräumen von Heazlewoodit und in den darin enthaltenen Chloriten als sehr dünne, idioblastische Bildungen beobachtet.

Während der Umwandlung des Heazlewoodits zu Millerit sind hier ein anderes Mineral, ein Zwischenmineral, und ferner dünne Schrumpfungsrisse entstanden. Diese Schrumpfungsrisse begleiten immer den Millerit sowie das Zwischenmineral und weisen auf eine Raumverminderung

während der Umwandlung hin. Diese im Heazlewoodit parallel streichenden oder netzförmig auftretenden Schrumpfungsrisse sind z.T. mit Mackinawit und z.T. mit Chlorit gefüllt (Foto 2, 3). Gleich an diesen Rissen sind nadel- und keilchenförmige Milleritbildungen vorhanden (Foto 2). Die fast immer in solcher Form auftretenden Millerite sind max. 5 Mikron dick und ihre Länge überschreitet nie 10-15 Mikron.

Millerit ist manchmal im Heazlewoodit in Form von parallelen, kleinen Lamellen vorhanden. Der Grund liegt darin, dass die Umwandlung des Heazlewoodits zu Millerit parallel zu der (0001)-Richtung erfolgt. Eine sorgfältige Betrachtung zeigt aber, dass zwischen Millerit und Heazlewoodit immer eine Menge Zwischenmineral vorhanden ist.

Mackinawit

Mackinawit zeigt in den zwischen Chromiten vorhandenen Chromchloriten wie Chlorit eine blätterige, lamellare Textur (Foto 8). Die Mackinawitlamellen weisen manchmal eine deutliche Schichtung auf und manchmal sehen sie wie eine aus strahligen Blättern verschiedener Streichrichtungen bestehende, filzartige Flächentextur aus. Meistens tritt zwischen den Mackinawitblättern ein Gangmineral in Form von sehr dünnen Lamellen auf, welches Chlorit oder wohl Brusit sein dürfte. Die Mackinawitblätter weisen manchmal eine deutliche Neigung und Biegung auf.

In und neben dem Mackinawit werden Mineralien wie Tenorit, Chrysokoll, Limonit, Cuprit, gediegenes Kupfer, Covellin und Heazlewoodit beobachtet.

Ferner füllt Mackinawit einen Teil von während der Umwandlung des Heazlewoodits zu Millerit und Zwischenmineral infolge der Raumverminderung entstandenen Schrumpfungsrissen.

Gediegenes Kupfer

Das gediegene Kupfer wird als max. 200-300 Mikron grosse, xenomorphe Bildungen in sehr geringer Menge festgestellt. Auch, das gediegene Kupfer tritt immer im Chlorit auf (Foto 9). Es wird im Chromittrass selten beobachtet.

Das gediegene Kupfer umschliesst manchmal Heazlewoodit und manchmal füllt es die korrodierten Heazlewoodithohlräume (Foto 9). In diesem Falle ist das gediegene Kupfer später als Heazlewoodit gebildet.

Das gediegene Kupfer ist fast immer längs seiner Kanten zu Cuprit und Tenorit umgewandelt.

Man kann sagen, dass das gediegene Kupfer hier durch Metamorphose entstanden ist (P. Ramdohr, 1960).

Cuprit

Cuprit tritt spurenweise auf und ist durch Umwandlung des gediegenen Kupfers gebildet (Foto 9). Teilweise umschliesst er das gediegene Kupfer und manchmal enthält in sich Relikte von gediegenem Kupfer. Zuweilen tritt Cuprit einzeln auf. Der Cupritgürtel rings um das gediegene Kupfer zeigt eine z.T. regelmaessige, aber öfters unregelmaessige Breite.

Tenorit

Spurenweise befindet sich Tenorit z.T., umgewandelt vom Cuprit, mit Cuprit und gediegenem Kupfer zusammen und z.T. im Chlorit an gleicher Stelle mit Mackinawit und Covellin nebeneinander. Das Vorhandensein von Tenorit in den Randteilen des Cuprits weist deutlich darauf hin, dass dieses Mineral durch Umwandlung vom Cuprit entstanden ist.

Covellin

Covellin wurde in sehr geringster Menge und mit 5-10 Mikron Grosse manchmal mit anderen Kupfermineralien zusammen und manchmal vereinzelt im Chlorit festgestellt. An einer Stelle wurde Covellin den Heazlewoodit umschliessend beobachtet.

Covellin ist aus lamellenförmigen Kristallen zusammengesetzt und die aus Lamellen bestehenden Bildungen weisen manchmal xenomorphe und manchmal rundliche Gestalt auf. An einer Stelle tritt Covellin mit Tenorit und an anderer Stelle mit Neodigenit zusammen auf.

GANGMINERALIEN

Die Dünnschliffe der aus reichen Chromiterzen von Kefdağ ausgewählten Proben wurden im Durchlichtpolarisationsmikroskop untersucht und der Reihe nach folgende Gangmineralien festgestellt :

Chlorit

Chlorit tritt zwischen den Chromiten in Form von farblosen oder sehr hellgelblich-rosafarbenen, kleinen Lamellen und Blättern auf. Für Chlorit wurden folgende optische Daten gemessen:

$$2V_z = 0^\circ+, X a=0^\circ$$

Olivin

Olivin wird zwischen den Chromiten z.T. in laengs seiner Kanten und Risse zu Serpentin umgewandelter Form, z.T. im Serpentin in Reliktenform festgestellt.

Orthopyroxen

Orthopyroxen tritt in reicherer Menge als Serpentin und Olivin auf und ist gleich wie Olivin laengs seiner Kanten (insbesondere im Chromit-Pyroxen-Kontakt) sowie seiner Risse in Serpentin umgewandelt.

Serpentin

Serpentin ist in geringer Menge um den Olivin sowie Pyroxen herum und in ihren Rissen aus diesen Mineralien gebildet.

Chrysokoll

Chrysokoll befindet sich in sehr geringster Menge zwischen den Chromiten, im Chlorit insbesondere neben den Mineralien wie Mackinawit, Tenorit und Cuprit. Durch seine grünlich blaue Farbe kann man Chrysokoll manchmal auf Anschliffflaeche sogar mit blossen Auge leicht sehen.

Chrysokoll zeigt unter dem Mikroskop manchmal eine deutlich radialstrahlige, faserige Textur und an der Chlorit-Chrysokoll-Grenze ist der Chlorit zum Teil mit Limonit gefaerbt.

Garnierit

Garnierit ist infolge der Umwandlung des in Chloriten vorhandenen Heazlewoodits in Spurenmenge entstanden. Der sehr feinkörnige und in sich Heazlewooditrelikte enthaltende Garnierit ist unter dem Mikroskop ziemlich schwer zu bestimmen. Man kann annehmen, dass auch Garnierit wie Chrysokoll, Cuprit und Tenorit ein zu allerletzt gebildetes Mineral ist.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

In der Provinz von Şark Kromit Yatakları wurden drei verschiedene Typen der Chromitlagerstätten festgestellt, d.h. die im Antigoritserpentin wurzellos liegenden, beim Transport abgerundeten Chromitlagerstätten vom Typ Kündikan-Guleman, die der magmatischen Schichtung entsprechenden und durch Kristallisationsdifferentiation entstandenen Chromitlagerstätten vom Typ Soridağ und die Schlierenplatten-Sprenkelerz enthaltenden Chromitlagerstätten vom Typ Kefdağ.

Man nimmt an, dass die Chromitlagerstätten vom Typ Kündikan-Guleman ursprünglich wie die Chromitlagerstätten vom Typ Soridağ durch eine magmatische Differentiation im Peridotit entstanden sind. Der Peridotit ist mit der Zeit serpentiniert und dieser Serpentin ist durch eine starke Tektonik geknetet bzw. antigoritisiert. Während seiner Durchbewegung unter Einwirkung einer starken Tektonik hat der sehr bewegliche, plastische Serpentin auch die in sich befindlichen Chromite und fremden Massen mitgeschleppt. Infolgedessen stellen die Chromitlagerstätten vom Typ Kündikan-Guleman fortgetragene «allochthone» Lagerstätten dar. Die zutage aufgeschlossenen Lagerstätten dieses Typs wurden bereits abgebaut.

Das Erschließen der nicht zutage aufgeschlossenen Lagerstätten vom Typ Kündikan-Guleman bildet ein wichtiges Problem der Provinz von Şark Kromit, weil sie, wenn auch nicht immer, meistens in der Metallurgie gehaltvolles Erz enthalten. Dieses Problem ist bis heute noch nicht gelöst. Hier kennen wir nur die Serpentinzonen, in denen der Chromit vorkommt. Die wurzellosen Chromitmassen befinden sich in den Randteilen, wo die Bewegung der durchbewegten, plastischen Antigoritserpentinzone verlangsamt ist, oder an den Stellen, wo sie vor einem Hindernis gebogen sind.

Die Chromitlagerstätten vom Typ Soridağ, die im Peridotit von Soridağ und Rutdağ liegen und infolge der gravitativen Kristallisationsdifferentiation des Chromitminerals entstanden sind, bilden parallele Flöze. Hier wurden zwei verschiedene Verwerfungssysteme, d.h. N-S-Verwerfungen und E-W-Verwerfungen festgestellt. Die Verfolgung der Chromitflöze über- und untertage soll unter Berücksichtigung dieser Verwerfungssysteme vorgenommen werden.

Die Chromitlagerstätten vom Typ Kefdağ werden in zwei Gruppen, d.h. in Lagerstätten von Doğu Kefdağ und Lagerstätten von Batı Kefdağ geteilt. Die mikroskopische Untersuchung dieser Schlierenplatten-Sprenkelerz enthaltenden Lagerstätten hat neben den primären Mineralien wie Chromit, Olivin und Pyroxen in dem Zwischenräume sowie kataklastische Risse der Chromite z.T. füllenden, während der Metamorphose entstandenen Chromchlorit sehr geringe Nickelmineralien wie Heazlewoodit, Awaruit, Millerit, Zwischenmineral, Mackinawit, Garnierit und Kupfermineralien wie gediegenes Kupfer, Cuprit, Tenorit, Covellin + Neodigenit, Chrysokoll ergeben.

Die Mineralien, Legierungen und Metalle wie Heazlewoodit und davon gebildeter Äwaruit, Mackinawit, gediegenes Kupfer und vielleicht auch Neodigenit sind wie der Chromchlorit, in dem sie sich befinden, infolge der Metamorphose im hydrothermalen Milieu entstanden. Die von Heazlewoodit umgewandelten Mineralien wie Zwischenmineral, Millerit, Garnierit und die Kupfermineralien wie von gediegenem Kupfer umgewandelter Cuprit, Tenorit ferner im Chlorit in sehr geringster Menge beobachteter Covellin, Chrysokoll sind infolge der Alteration entstanden.

Zum Schluss fühle ich mich verpflichtet, Herrn Prof. Dr. Ing. A.Heike für die wertvolle Unterstützung meiner Gelaendearbeiten, Herrn Dr. Gültekin Elgin für nützliche Hinweise in meinen mikroskopischen Untersuchungen, Herrn Dr. Oğuz Arda für die Vickershaertemessung des Minerals Heazlewoodit, Herrn Dr. Alexander Kraeff für die Reflektivitätsmessung, Herrn

Dr. Evren Yazgan für seine Mitarbeit in der Praeparatenherstellung für das Röntgengerät, Frau Dr. İnci Ertan für die Bestimmung der Gangminerale und allen anderen Mitarbeitern der Laboratorienabteilung des M.T.A. Instituts, die sich zu der Durchführung dieser Arbeit Mühe gaben, aufrichtig zu danken.

Manuscript received 18, June, 1974

Übersetzt von Zerrin BENGİ

LITERATURVERZEICHNIS

- BEHREND, F. (1925): Die Kupfererzlagertstätten Arghana Maden in Kurdistan. *Z.prakt. Geol.*, 33 Jg., 1-12 u. 23-34.
- BİRGİ, S.E. (1950): Ergani, mainstay of Turkey's copper Mining. *Engng. Min. J.*, 151, No. 4, 92-95.
- BORCHERT, H. (1958): Die Chrom- und Kupfererzlagertstätten des initialen ophiolitischen Magmatismus in der Türkei. *M.T.A. Publ.*, no. 102, Ankara.
- BRAUNMÜHL, H.V. (1930): Über die Entstehung der Lagertstätten des dichten Magnesits vom Typus Kraubath. *Archiv F.Lagertstätten-Forschung* 45., Berlin.
- CISSARZ, A. (1951): Die Stellung der Lagertstätten Jugoslawiens im geologischen Raum. *Geol. Vesnika*, Belgrad 60.S.
- ÇAĞATAY, A. (1968): Erzmikroskopische Untersuchung des Weiss-Vorkommens bei Ergani Maden, Türkei, und genetische Deutung der Kupfererzlagertstätten von Ergani Maden. *N.Jb. Miner.*, Abh. 109, 131-155, Stuttgart.
- DILLER, J.S.; WESTGATE, L.G. & PARDEE, L.T. (1921): Deposits of chromite in California, Oregon, Washington, Montana. *U.S. Geol. Surv. Bull.*, 725. 84 p.
- DONATH, M. (1930): Geologisch-Mineralogische Studien an Serbischen Chromitlagertstätten. *Diss. Freiberg*, 62 S.
- GÖYMEN-CALGAN, G. (1963): Erzmikroskopische Untersuchungen und der Erzminerale der Hauptlagertstätte von Ergani Maden (Osttürkei) und ihre Geneze. *Diss. Heidelberg*.
- HELKE, A. (1955): Beobachtungen an türkischen Minerallagertstätten. *N.Jb. Miner.*, Abh. 88, 55-224, Stuttgart.
- (1961a): Beitrag zur Kenntnis der Chromerzlagertstätten des Sori Dağı in der Türkei. *N.J. Miner.*, Abh. 96, 48-78, Stuttgart.
- (1961b): Die Metallogenie der türkischen Chromerzlagertstätten, insbesondere der osttürkischen Chromitprovinz. *Fortsch. Miner.*, 39, 1, 134-137, Stuttgart.
- (1962): The metallogeny of the chromite deposits of the Guleman district. *Econ. Geol.*, 57, 954-962.
- (1964): Die Kupfererzlagertstätte Ergani Maden in der Türkei.—Eine geologisch-erzmikroskopische Untersuchung. *N. Jb. Miner.*, Abh. 101, 3, 233-270, Stuttgart.
- HIESSLEITNER, G. (1951/52): Serpentin- und Chromerzgeologie der Balkanhalbinsel. *Jb. Geol. Bundesamt*, Sonderband, 668 S., Wien
- KAADEN, G.v.d. (1963) : The different concepts of the genesis of Alpine-type emplaced ultrabasic rocks and their implications on chromite prospection. *M.T.A. Bull.*, no. 61, S. 41-56, Ankara.
- KRAUSE, H. (1957): Erzmikroskopische Untersuchungen an türkischen Chromiten. *N. Jb. Min.*, Abh. 90. 305-366.
- MEIXNER, H. & WALTER, L. (1938): Die Minerale des Serpentinegebietes von Kraubath. *Fortschr. Mineralogie*, 23.



Foto 1 - Vergrößerung 25 × 10. Chromit (dunkelgrau) ist laengs seiner parallelen, kataklatischen Risse zu Cr-Spinell (grau) umgewandelt. Loch und Chlorit (schwarz).

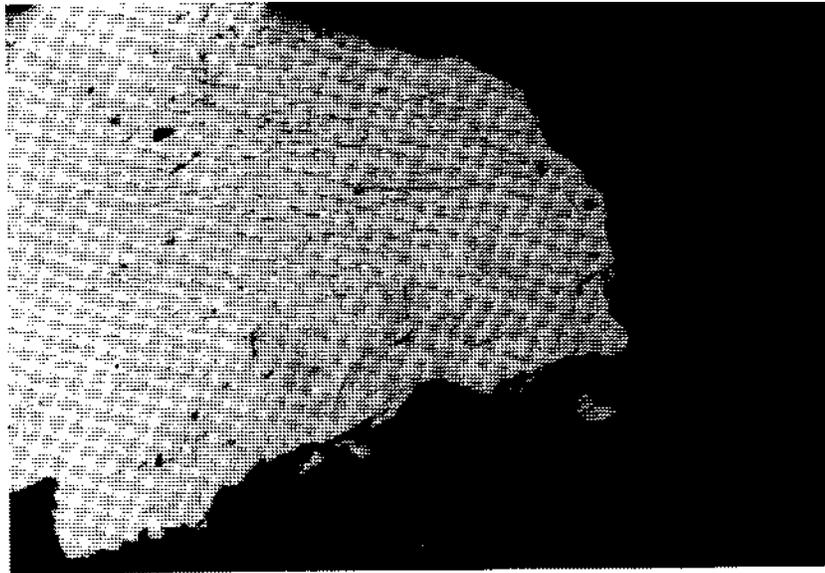


Foto 2 - Vergrößerung 25 × 10 (im Immersionsöl). Heazlewoodit (weiss) ist laengs seiner Kanten und Schrumpfungsrisse zu Zwischenmineral und Millerit (hellgrau) umgewandelt. Die parallelen Schrumpfungsrisse sind z.T. mit Mackinawit z.T. mit Chlorit (schwarz) gefüllt. Chlorit (schwarz).

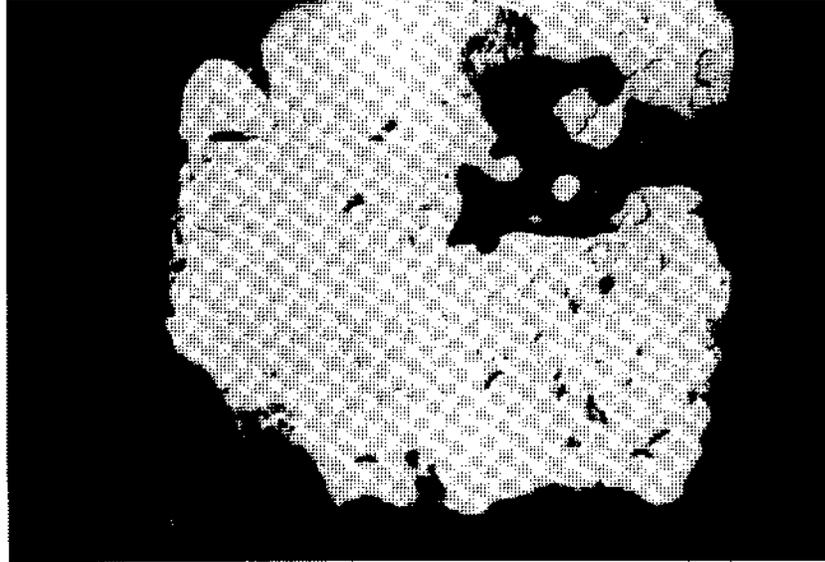


Foto 3 - Vergrößerung 25×10 (im Immersionsöl). Einer der nebeneinander liegenden, zwei verschiedenen Heazlewoodite (der parallele Schrumpfungsrisse enthält) ist z.T. zu Zwischenmineral und Millerit umgewandelt. Die Grenze zwischen den Heazlewooditen stellt eine gerade Linie dar. Der Chlorit ist schwarz, der spurenweise vorhandene Chromit ist dunkelgrau.

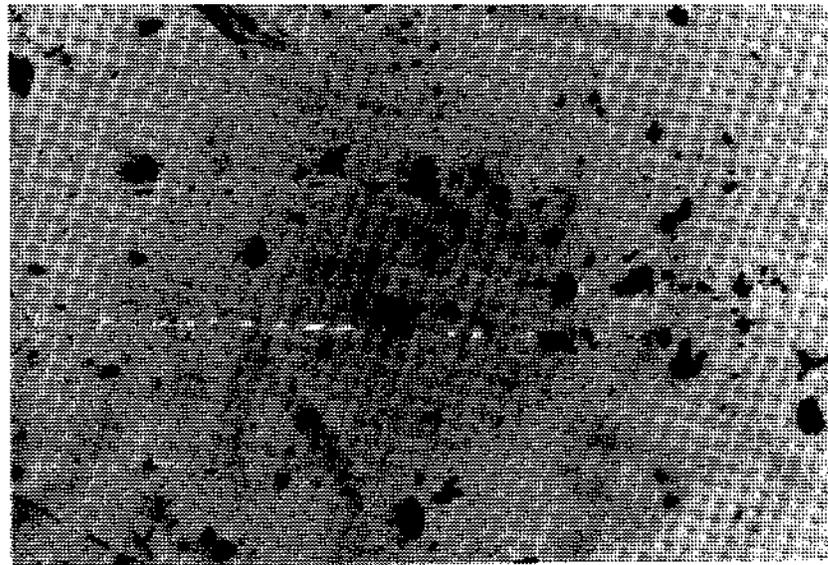


Foto 4 - Vergrößerung 25×10 . Der parallele, kataklatische Risse enthaltende Chromit (grau) ist laengs seiner Risse mit Heazlewoodit (weiss) gefüllt. Loch und Gang (schwarz).



Foto 5 - Vergrößerung 25×10 (im Immersionsöl). Im Heazlewoodit (hellgrau) «Zwischen-mineral» (grau)-Lamellen, die sich in zueinander queren Richtungen erstrecken. Chlorit (schwarz).

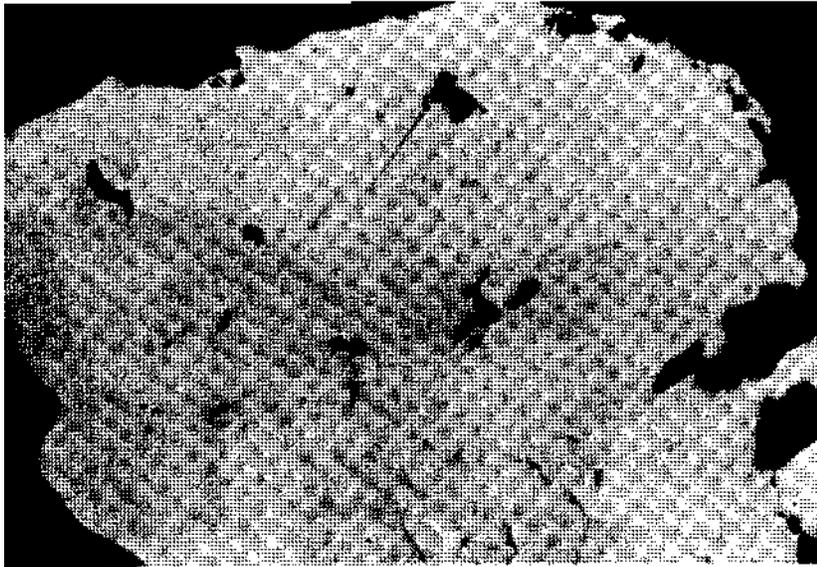


Foto 6 - Vergrößerung 25×10 (im Immersionsöl). Heazlewoodit (hellgrau) ist laengs seiner Kanten, in inneren Teilen und laengs der Lamellen (sie erstrecken sich in zwei verschiedenen Richtungen und bilden ein Dreieck) zu Millerit und Zwischenmi-neral umgewandelt. Das Gangmineral Chlorit (schwarz) ist sichtbar.

AhmetÇAĞATAY



Foto 7 - Vergrößerung 25×10 (im Immersionsöl). Awaruit (glänzend weiss) im Gangmineral Chlorit (schwarz). Das Mineral, das im Immersionsöl wegen seiner Innenreflexe wolkige, dunkelgrau-graue Farbtonen zeigt, ist Olivin.

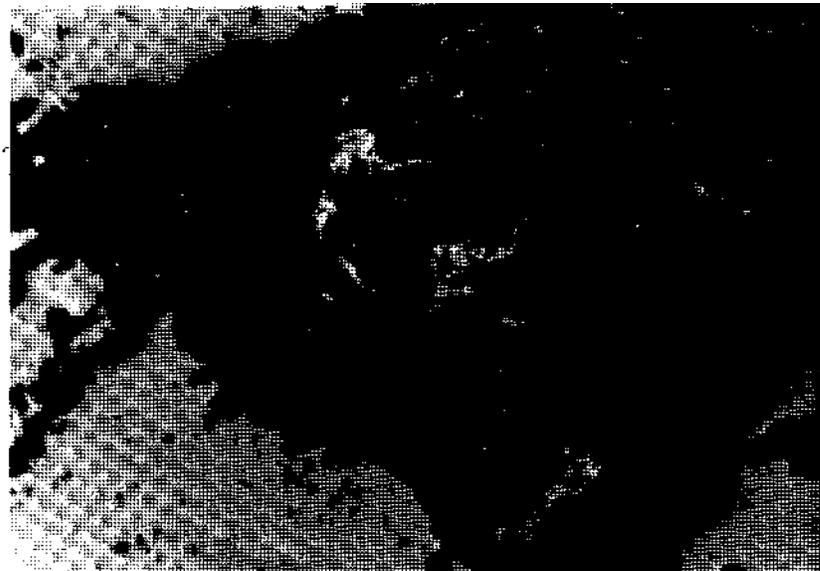


Foto 8 - Vergrößerung 25×10 (im Immersionsöl). Blätteriges Mackinawitmineral (hellgrau) im Chlorit (schwarz) zwischen den Chromiten (dunkelgrau).



Foto 9 - Vergrößerung 25×10 (im Immersionsöl). Gediegenes Kupfer (glänzend weiss, in der Mitte) ist laengs seiner Kanten zu Cuprit umgewandelt (dunkelgrau). Heazlewoodit (weiss) ist kataklastisch zerstückelt. Das Gangmineral Chlorit ist schwarz.

- NIGGLI, P. & NIGGLI, E. (1948): Gesteine und Minerallagerstätten, I.
- ÖZKOÇAK, M.O. (1970): Orhaneli kromit yataklarının jeolojik etüdü.
- PETRASCHECK, W.E. (1954): Bezeichnungen zwischen der anatolischen und der südosteuropäischen Metallprovinz. *M.T.A. Bull.* no. 46/47. Ankara.
- PILZ, R. (1917): Beitrag zur Kenntnis der Kupfererzlagerstätten in der Gegend von Arghana Maden. *Z. Prakt. Geol.* 25 Jg., 191-198.
- RAMDOHR, P. (1924): Beobachtungen an opaken Erzen. *Arch. Lagerstättenforsch.*, 34, Berlin.
- (1953): Mineralbestand, Strukturen und Genesis der Rammelsberg-Lagerstätte. *Geol. Jb.*, 67, 367-494, Hannover.
- (1960): Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. 3. Aufl., Berlin.
- ROMIEUX, J. (1941): Rapport d'ensemble géologique et minier sur les gisements d'Ergani Maden et des environs. *Manuskript*, Ankara.
- ROSIER, G. (1942): Sur la géologie et les gisements de chromite de la région de Guleman (vilayet d'Elazığ, Anatolie). *Mem. Soc. Phys. et Hist. Nat. de Geneve.*
- SCHLOEMER, H. (1952): Hydrothermale Untersuchungen über das System CaO-MgO-CO₂-H₂O. *Neues Jahrb. Mineral.*, Stuttgart.
- SCHNEIDERHÖHN (1955): Erzlagerstätten. Kurzvorträge zur Einführung und zur Wiederholung. Stuttgart.
- (1958): Die Erzlagerstätten der Erde. Band I, Die Erzlagerstätten der Frühkristallisation, Stuttgart.
- (1961): Die Erzlagerstätten der Erde. Band II, Die Pegmatite. Stuttgart.
- SIMMERSBACH (1904): Die nutzbaren mineralischen Bodenschätze der kleinasiatischen Türkei. *Z. Berg-, Hütten- und Salinenwesen*, L II, 515-557.
- SİREL M.A. (1949): Die Kupfererzlagerstätte Ergani-Maden in der Türkei. N.J. Abh. 80, Abt. T. 36-100.
- THAYER, T.B. (1960): Some critical differences between Alpine type and stratiform peridotite-gabbro complexes. *Report of the Twenty-First Session, Norden 1960*, part XIII, pp. 247-259, Copenhagen.
- VOGT, J.H.L. (1893): Bildung von Erzlagerstätten durch Differentiationsprozesse in basischen Eruptivgesteinsmagmen. *Zeitschr. prakt. Geol.* 4-11. 125-143, 257-284, 1994.
- WIJKERSLOOTH, P. (1944): Der primäre Mineralbestand der Kupferlagerstätte von Ergani Maden (Vil. Elazığ, Türkei) *M.T.A. Mecm.*, H. 1/31, Ankara.
- (1945) : Neuer Beitrag zur Kenntnis der Kupferlagerstätte Ergani Maden im Vilayet Elazığ «Türkei». *M.T.A. Mecm.*, H. 1/33 Ankara S. 90-104.
- (1945) : Die hydrothermalen Umwandlungen des Chromites als Begleiterscheinung der Magnesitbildung in Westanatolien. *M.T.A. Mecm.* H. 1/34.
- (1946) : Die Metamorphose des anatolischen Chromerzes und ihre Abhängigkeit von den magmatischen Ereignissen, *M.T.A. Publ.*, Serie B, No. 10, Ankara.
- (1954): Über das Alter und die Genese der Kupfererzlagerstätte Ergani Maden (Vilayet Elazığ, Türkei). *Bull. Geol. Soc. of Turkey Ankara*, V. No. 1-2, 190-198.
- (1957): Über die primären Erzminerale der Kupfererzlagerstätte von «Ergani Maden» (Vilayet Elazığ, Türkei). *Geol. Förh.*, 79, 1, 257-273, Stockholm.