

DIE CHROMERZLAGERSTÄTTEN IM NORDWESTEN VON HARMANCIK (VİLÄYET BURSA)

Hermann BORCHERT und İsmet UZKUT

Technische Hochschule, Clausthal, Deutschland

I VORBEMERKUNG

Die vorliegende Arbeit hat als Vorgeschichte eine zweimonatige lagerstättenkundliche Expedition im Sommer 1963, die von H. Borchert geleitet wurde und ausser den Chromitgruben in der Umgebung von Harmancık noch diejenigen von Orhanlı und Göynükbelen umfasste. Dieses umfangreiche Programm, das in der relativ kurzen Zeit von 2 Monaten durchgeführt werden musste, hatte u. a. die Aufgabe, nach den Untersuchungsergebnissen Bohrvorschläge zur Aufschliessung neuer Erzkörper und Erzreserven zu machen. Von diesen Bohrvorschlägen wird in dieser Arbeit auch noch kurz die Rede sein.

Während der Zeit der Geländebegehungen konnten über 60 Gruben besucht und zugleich über 3600 Kompassmessungen ausgeführt werden. Hierbei entstanden 123 tektonische Diagramme. Dadurch konnte die zunächst schwierig erscheinende und komplizierte Tektonik der Peridotitmassive, die in den + serpentinierten Peridotiten und Harzburgiten in Form von verwickelten Bewegungsvorgängen zum Ausdruck kommt, in das Konzept regelmässiger Züge und tektonischer Gesetzmässigkeiten gebracht werden.

Die Untersuchungsergebnisse fanden zunächst im Jahre 1964 im Bericht von H. Borchert (M.T.A. Rap. No. 3365) ihren Niederschlag. Ihre tektonische, mikroskopische und chemische Auswertung bildete die Grundlage einer lagerstättenkundlichen Meldearbeit von İsmet Uzkut an der Bergakademie Clausthal — Technische Hochschule — im Jahre 1965.

Zunächst wird in der vorliegenden Arbeit der geologische Rahmen des Untersuchungsgebietes behandelt, wobei der Frage nach dem Alter der hiesigen Peridotite besondere Bedeutung beigemessen wurde, weil dies von den Autoren des Untersuchungsgebietes sehr verschieden interpretiert worden ist. Der weitaus wichtigere Teil dieser Arbeit liegt jedoch bei der Auswertung der chemischen Analyseergebnisse, die durch Heranziehung der geologisch-tektonischen Stellung der Proben innerhalb der ophiolithischen Intrusion gewonnen wurden. Die Proben wurden systematisch im Rahmen des Gesamtmassivs im NW von Harmancık vom Liegenden zum Hangenden entnommen und beziehen sich auf möglichst Cr-reiche Muster, um bei der Verrechnung der MgO-, FeO- und Al₂O₃-Gehalte auf die Olivin- und Erzanteile von vornherein möglichst kleinen Fehlermöglichkeiten ausgesetzt zu sein. Für die Anfertigung der Vollanalysen möchten wir dem Chemischen Laboratorium des M.T.A. Instituts und seinem Leiter Nahit Kırağlı auch an dieser Stelle aufrichtig und herzlich danken.

Die Hauptaufgabe dieser Arbeit bestand u. a. in der Beantwortung der Frage, ob für unser Gebiet ebenso die Möglichkeit besteht, den Chemismus der Chromite für

die Beurteilung der genetischen Stellung der Chnomitite im Rahmen der mütterlichen Massive auszunutzen, wie dies R. Ovalıođlu (1963.) bei seinen Untersuchungen im Raum von Pozantı gezeigt hat.

II. ABRISS DER GEOLOGIE DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES IM RÄUME VON HARMANCIK

Bevor auf das eigentliche Arbeitsgebiet, nämlich auf das Chromerzgebieti m NW von Harmancık, eingegangen wird, soll der allgemeine geologische Rahmen des Gebietes, besonders der das Kartenblatt 54/4 im Masstab 1/100 000 (s. Tafel I) umfassende Bereich, kurz erläutert werden.

Das Peridotitgebiet von Harmancık umgibt das von N nach S zungenartig einschneidende Harmancık-Neogenbecken und enthält selbst bei Öksüzler und Alabarda noch zwei kleinere Neogenbecken. Das Liegende dieses nach W und N sich noch weiter fortsetzenden Peridotitmassivs wird von den ältesten Gesteinen des Gebietes gebildet, die aus Glimmerschiefern, serizitischen Phylliten und darin eingeschalteten Kalken bis Halb-marmoren bestehen und als «kristallines Grundgebirge» bezeichnet werden. Es ist in einem Aufschluss an der Autostrasse Harmancık-Tavşanlı bei Kilometer 8 in der Nähe des Dorfes Artıranlar anstehend zu beobachten. Schon aus den petrographischen Bezeichnungen der beteiligten Gesteine geht der epizonal-metamorphe Charakter des kristallinen Grundgebirges hervor, was auch von allen Autoren des Untersuchungsgebietes als Tatsache angenommen wird.

Über das Alter des kristallinen Grundgebirges gehen dagegen die Meinungen zahlreicher Autoren weit auseinander: für die epizonale Regionalmetamorphose nimmt H. Holzer (1954) ein prämesozoisches Alter an, während İ. Ketin (1959, S. 83) eine Unterteilung in paläozoische und prämesozoische kristalline Schiefer macht, wobei die Unterteilung selbst aber nicht näher erläutert wird.

H. Borchert (1963) nimmt auf Grund regionalgeologisch-petrographischer Erwägungen an, dass die phyllitischen kristallinen Schiefer hauptsächlich dem Silur und Kambrosilur angehören. Sie dürften nach H. Borchert einer in der Türkei sehr verbreiteten Phyllit-Graphit-Schiefer-Serie entsprechen, gleichzeitig entstanden auch mit den sogenannten Oberen Marmoren von Muđla (G. v. d. Kaaden u. K. Metz, 1954). Im Räume des Menderes-Massivs werden die epizonalen kristallinen Schiefer durch R. D. Schuiling (1962) in zwei Einheiten unterteilt: eine obere, kambrische bis präkambrische und eine untere, mit Sicherheit Präkambrium repräsentierende Einheit.

Das metamorphe Grundgebirge wird an zahlreichen Stellen von den mesozoischen Kalken überlagert, deren Alter nach stellenweise reichem Fossilieninhalt von H. Holzer (1954), M. F. Akkuş (1962) und A. Kalafatçıođlu (1962) einwandfrei als «Maastricht» bestimmt wurde. Die an den Kontaktstellen mit Graniten und Peridotiten auftretende Rekristallisation der kretazischen Kalke gestattete manchmal aber keine sichere Bestimmung (vgl. H. Holzer, 1954, S. 21).

Die um die Wende Kreide-Tertiär einsetzende, offenbar starke Iaramische Phase der alpidischen Orogenese, die von İ. Ketin (1966, S. 26) sogar für die Metamorphisierung des Menderes- und Kırşehir-Massivs verantwortlich gemacht wird, und die anschliessende Heraushebung verursachten in unserem Gebiet eine lange kontinentale Denudationsperiode. Es fehlen daher die Ablagerungen des Eozäns, Oligozäns und des unteren Miozäns.

Bereits im oberen Miozän beginnt eine starke, aus zwei Zyklen bestehende Sedimentation in zahlreichen über das gesamte NW-Anatolien verteilten Süßwasserbecken. Seit der Oberkreide ist das Meer in dieses Gebiet nicht wieder zurückgekehrt.

Diese Süßwasserablagerungen bestehen nach K. Nebert, der durch eine gründliche Untersuchung im Jahre 1962 die regionalgeologischen und stratigraphischen Verhältnisse in vier Neogenbecken (Harmancık, Domaniç, Tavşanlı, Tunçbilek) parallelisieren konnte, aus zwei Sedimentationszyklen, die je von zunächst gröber konglomeratischen Transgressionsbildungen über Sande zu Mergeln und schliesslich zu feineren Tonen führen.

Die ältere dieser Neogenserien gehört mit ziemlicher Sicherheit dem oberen Miozän an; sie enthält mehrere wirtschaftlich wichtige Braunkohlenflöze, die meist schon mehr Pechkohlencharakter haben. Ein Flöz im Gebiet von Alabarda ist bis zu einem Heizwert von 5750 Kcal/kg (K. Nebert, 1962) veredelt worden. Diese Veredelung ist nach dem gleichen Autor durch einen subvulkanischen Magmenkörper in der Tiefe bewirkt worden, der auch längs zahlreicher steiler Bruchstörungen durch aufsteigende Restlösungen intensive Verkieselungserscheinungen erzeugt hat.

Ein in der Tiefe stecken gebliebener grösserer Herd befindet sich offenbar nicht nur unter dem tektonischen Becken von Alabarda. Nach H. Borchert (1963) sind alkalische CO₂-haltige Thermen in grosser Verbreitung im ganzen Gebiet und auch noch südlich von Bursa aufgestiegen. Entsprechend ihrem alkalischen Charakter enthielten sie reichlich Kieselsäure gelöst, die an zahlreichen Stellen Adernetze von Opal und anderen Kieselgelen sowie auch Chalzedon erzeugt haben.

Durch ihren CO₂-Gehalt haben die Thermen in den Peridotiten vielfach zu *Magnesitbildungen* auf Adernetzen und in Spaltenzonen geführt, die örtlich bis zu 4-6 m Mächtigkeit erreichen können. Dies kann auch für viele flachgelagerte Boratvorkommen gelten (z. B. Bigadiç, Okçular), die offenbar aus aufsteigenden Thermen in den Süßwasserbecken zur Ablagerung gekommen sind.

Der jüngere Sedimentationszyklus, der durch eine Abtragungsperiode (erkennbar an groben Basalkonglomeraten) vom ersten Zyklus getrennt ist, gehört dem Pliozän und hauptsächlich dem Levantin an. In diese Zeit fällt auch der Höhepunkt des jungen finalen Magmatismus mit den Rhyoliten und Daziten in der Umgebung von Dağardı, die hauptsächlich das Egrigöz-Granitmassiv begleiten, während die andesitischen Gesteine vorwiegend rings um Harmancık anzutreffen sind.

An magmatischen Gesteinen gibt es im Untersuchungsgebiet und in der unmittelbaren Umgebung ausser den schon oben genannten Peridotiten noch *Granite*, die im Kartenblatt 54/4 in der NW- und SW-lichen Ecke eingezeichnet sind. Von diesen Stellen konnten leider keine Proben genommen und mikroskopisch untersucht werden, so dass die Aussagen über Alter und Verbandsverhältnisse zumeist auf den Beobachtungen von H. Holzer (1954) und A. Kalafatçioğlu (1962) beruhen.

Der Granit ist nach H. Holzer mittelkörnig, Hornblende-führend und manchmal von Aplitadern durchsetzt. Als Einschaltungen kommen Marmorkörper vor, die höchstwahrscheinlich durch die Intrusion selbst marmorisiert wurden.

Über das Alter des Granits gibt es hauptsächlich zwei Meinungen: A. Kalafatçioğlu (1962) ist von einem permischen bis triadischen Alter überzeugt, da er in den Konglomeraten der Trias- und Jurazeit im Ege-Gebiet Granitschotter beobachten konnte.

H. Holzer (1954) hält dagegen für den Granit ein Alter etwa Wende Kreide-Tertiär für wahrscheinlicher. Zu diesem Schluss führen H. Holzer folgende Beobachtungen:

1. Der Granit ist von einer noch älteren sog. Hüllschieferserie umgeben, in der er marmorisierte Kalkschollen beobachtete (vgl. auch Zeschke, 1955, M.T.A. Rap., No. 2249).

2. Etwa 1 km nördlich von Dağardı (s. Tafel I) konnte er den Kontakt zwischen der Hüllschieferserie und dem Kalk feststellen. Diese Kalke sind in unmittelbarer Granitnähe stark rekristallisiert und massig struiert. Knapp 2 km ausserhalb des Granitrandes konnten Fossilreste (Foraminiferen) im Kalk entdeckt werden, die eindeutig auf Maastricht hinweisen.

3. Der Granit ist meist sehr frisch. Es wurden keinerlei Verschieferungen oder grössere Störungen festgestellt.

4. Die Quarze, die ja im allgemeinen auf tektonische Beanspruchung gut reagieren, zeigen keine undulöse Auslöschung im Mikroskop (nach mikroskopischer Beobachtung von Dr. Marcus im Anhang der Arbeit von H. Holzer (1954).

Es kann als sicher angenommen werden, dass der Granit jünger ist als die Peridotite, die innerhalb eines tektonischen Grosszyklus im Rahmen des initialen ophiolithischen Magmatismus als zeitliche Vorläufer zur orogenetischen Entwicklung gelten, was sich auch zwanglos in die von H. Stille (1939) gegebene Konzeption einfügen lässt. Nach ihm ist der sialisch-palingene und subsequeute Magmatismus ein «Intermezzo» zwischen dem initialen und finalen Magmatismus. Hiermit soll betont werden, dass die Produkte des initialen ophiolithischen und des sialisch-palingenen Magmatismus (in unserem Falle Peridotite einerseits und Granite unseres Untersuchungsgebietes andererseits) sehr eng miteinander verknüpft sind, so dass eine Altersangabe über das eine unmittelbar eine im grossen etwa gleichzeitige Altersstellung für das andere nahelegt. Sicherlich passt die Feststellung von A. Kalafatçioğlu (1962) nicht in dieses Konzept, da er die Granite für triadisch erklärt, während den Peridotiten ein Maastricht-Alter zugeschrieben wird.

Um einen sicheren Schluss über das Alter der hiesigen Peridotite und Granite ziehen zu können, müssen ausser dem Gesagten noch folgende Tatsachen berücksichtigt werden:

1. In unserem Gebiet fehlen die Ablagerungen von zumindest Trias bis Maastricht.

2. Die oberkretazischen Kalke bilden das echte Dach der ophiolithischen Intrusion. Wie es von vielen Chromitlagerstätten der Türkei, bekannt ist, bevorzugen die Ophiolithe das Grenzniveau zwischen dem älteren Paläozoikum und dem viel jüngeren Mesozoikum. Auf diese Eingliederung, die übrigens nicht nur in der Türkei, sondern in der ganzen Welt mit zahlreichen Beispielen belegt werden kann, hat H. Borchert schon im Jahre 1958 hingewiesen, dass «die Grenzregion zwischen den schon stärker verfestigten oder sogar schon echt metamorphen Schichtserien des Untergrundes unten und den nicht metamorphen und noch kaum diagenetisch veränderten frischen Sedimenten oben eine festigkeitsmechanische Unstetigkeitsfläche ersten Ranges ist» (H. Borchert, 1959, S. 23).

3. Zu den Kontakterscheinungen mit den kretazischen Kalken, die sich allerdings wegen der vielfachen Bedeckung der Peridotite mit den viel jüngeren Neogensedimenten in unserem Gebiet vielfach vermissen lassen, gibt H. Holzer (1954, S. 21) ein wichtiges Beispiel: im Süden des Değirmisaz Dere und südlich von Tavşanlı beobachtete er eine

Kontaktstelle, wo Serpentin im Tal und in tieferen Hangteilen lag, während die Hügelläufe von Kalken und Halbmarken aufgebaut waren. Hier war besonders auffallend, dass *die Kalke und Markere bei Annäherung an Serpentin an Kristallinität zunehmen*.

4. Nach den neuesten Untersuchungen von I. Ketin (vgl. M.T.A. Bull. No. 66, 1966) fand im Anatolidenbereich, zu dem auch nach dem gleichen Autor ebenfalls unser Gebiet gehört (s. Tafel I und II), überhaupt die erste Orogenese in der Iaramischen Phase der alpidischen Gebirgsbildung an der Wende Kreide-Tertiär statt. Diese Schlussfolgerung —und dass die Anatoliden kein von den Pontiden und Tauriden umgebenes altes Grundgebirge sind, wie es von K. Leuchs (1943) angenommen wurde—, bedarf zwar einer noch in die Details gehenden Argumentation; aber dies kann für das Alter der hiesigen Peridotite nur bedeuten, dass sie zumindest nicht paläozoisch sind, wie es von G. Hiessleitner (1951/52), G.v.d. Kaaden (1959b) und A. Heike (1955/60) vielfach behauptet wurde.

Ausserdem ist der initiale ophiolithische Magmatismus mit der orogenetischen Entwicklung eng verknüpft —worauf schon hingewiesen wurde—, so dass die Intrusion der peridotitischen Magmen in unserem Untersuchungsgebiet zeitlich nicht weit von der Wende Kreide-Tertiär zu suchen sein wird. Dies wurde bereits von H. Holzer (1954) in groben Zügen richtig erkannt, der als Alter für die hiesigen Peridotite etwa die Zeit von Wende Jura/Kreide angibt. Die Frage, ob nicht somit der Zeitabschnitt zwischen dem Initialmagmatismus und der orogenetischen Entwicklung zu lang erscheint, ist zwar erwägenswert, spielt aber bei der Beantwortung der Kernfrage, ob sie etwa paläozoisch sein könnten, keine wesentliche Rolle.

5. Bei der Annahme, die hiesigen Ophiolithe wären paläozoisch, müssten sich in diesem Falle zumindest irgendwelche Mischserien finden lassen, welche die dazwischenliegenden stratigraphischen Glieder vertreten, etwa Oberkarbon, Perm und das tiefere Mesozoikum. Eine solche Gesteinsserie wurde von keinem Autor bei Harmancik beobachtet.

6. Die Behauptung, dass die angeblich «paläozoischen» Serpentine etwa im Mesozoikum landfest gewesen seien, wird von H. Holzer für unwahrscheinlich gehalten, da unter anderem die darüberliegenden Kreide-Schichten (Maastrichtkalke) sonst irgendwelche Transgressionshorizonte aufweisen müssten, was nach den Beobachtungen von H. Holzer und anderen Autoren nicht der Fall ist.

7. Die andere Behauptung, die zwischen Serpentin und Kreide liegenden Schichten wären «tektonisch ausgeschuppt», würde nach H. Holzer (1954, S. 25) eine derart wilde tektonische Komplikation darstellen, die «nirgendwo auf der Welt» anzutreffen ist.

8. Ein anderer wichtiger, in diesem Zusammenhang oft wenig beachteter Punkt ist die sogenannte Schiefer-Hornstein-Formation. Sie ist mit ihren Radiolarit-Einschaltungen und insbesondere auch ihren vielfach spilitischen Extrusivgesteinen basaltischer Herkunft eng mit dem initialen Magmatismus verknüpft und ein Teil der sog. Steinmann-Trinity, zu der weiterhin extrusive Grünschiefer ebenso notwendig gehören wie intrusive Basaltdifferentiate. Erst aus den Restdifferentiaten der intrusiven Anteile werden die SiO₂- und Manganerz-Lösungen abgespalten, die nach Aufstieg und Austritt in's Meer die Manganerz-Radiolarit-Formation schaffen (s. P. de Wijkerslooth, 1941, und H. Borchert, 1955 u. 1957).

In der Nähe von Sülleköy ist «ine solche Manganerz-Serie (an der Strecke von Emet nach Dağardı Maden) zu beobachten, während die extrusiven Vertreter in Form

von Spiliten und Keratophyren eine verhältnismässig grosse Verbreitung besitzen. Besonders wichtig ist aber allgemein die enge Verknüpfung ultrabasischer Intrusionen mit Produkten von Restdifferentiaten nach Art der Schiefer-Hornstein-Formation. Dieser Punkt sollte allerdings durch genauere Kartierung in der Umgebung von Sülleköy noch besser zur Klärung kommen.

Zusammenfassend kann man zum Alter der hiesigen Peridotite und Granite sagen, dass sie mit ziemlicher Sicherheit alpidisch sind. Ob die Peridotite unterkretazisch sind, wie H. Holzer (1954) annimmt, oder oberkretazisch, wie es von A. Kalafatçıoğlu und M.F. Akkus, wohl mit Recht für wahrscheinlicher gehalten wird, spielt für die Hauptfrage der Grosseingliederung des Magmatismus keine allzu wesentliche Rolle.

III. TEKTONIK DES PERIDOTITMASSIVS IM NORDWESTEN VON HARMANCIK

Wie die Tafel II zeigt, umfasst unser Hauptuntersuchungsgebiet etwa 20 km² mit maximaler N-S-Ausbreitung von 5 km und entsprechender E-W-Ausdehnung von 6 km. Es ist ein hügeliges Bergland mit maximalen Höhen zwischen 630 und 1000 m SH. Ein höheres Niveau einer älteren Talverebnung folgt erst oberhalb 900 m im N des Gebietes. Bis zur Einmündung in den Çardıçay an der Hauptstrasse von Harmancık nach Balıkesir senkt sich das südliche Mirantal auf 5 km Erstreckung bis zu 630 m SH ab.

In diesem Gebiet konnten im Jahre 1963 von H. Borchert über 25 Gruben bzw. Aufschlüsse und Ausbisse untersucht und zur Erweiterung und Neuaufnahme der Chromitförderung in diesem Gebiet neue Bohrvorschläge gemacht werden.

Die wichtigsten Gruben liegen rings um das Tal des Miran Dere. Darunter sind besonders Koca Ocak, Kıran Ocak, Hudut Ocak und Fırınlı Ocak zu nennen. Nördlich und nordöstlich von Miran Dere liegen fast unbedeutende Gruben wie Başçayır, Hızır, Öküz Yatağı sowie Çeki und Derbent Ocakları. Westlich vom Miran Dere liegen, einer anderen Konzession angehörend, Karakuz Ocak, Yayla Ocak und Donbayuçu Ocak (vgl. auch die Tafel II)

Die Einordnung der eingangs hervorgehobenen komplizierten Bewegungsvorgänge in Peridotitmassiven einerseits und das Informieren über die regionale Tektonik und die lokalen Störungen andererseits können dem Bergbau helfen, praktische Ratschläge zur Aufsuchung neuer Lagerstättenteile zu geben.

Die gesetzmässigen Grundlinien der komplizierten Serpentinekteonik wurden erstmalig von H. Borchert (1955 - 63) durch Beobachtungen und Messungen in verschiedenen Chromitprovinzen der Türkei herausgestellt. So konnte H. Borchert zeigen, dass sich aus der scheinbaren Gesetzlosigkeit der Störungen auf den einzelnen Chromitgruben doch regelmässige tektonische Gesetzmässigkeiten herausfinden lassen. Es wurde unter anderem bewiesen, dass gewisse tektonische Richtungen sogar in Bereichen von vielen Kilometern ihre Bedeutung beibehalten, wie es z.B. auch im Gebiet des Kopdağ der Fall ist.

Ausserdem wird es für den Bergbau sicherlich von Nutzen sein zu wissen, wie die Chromitlagerstätten mit der Tektonik des mütterlichen Peridotitmassivs in Zusammenhang zu bringen sind. Dadurch wird ermöglicht, Rückschlüsse auf die primären Lagerungsverhältnisse zu ziehen.

In diesem Rahmen spielt das Auffinden und Einmessen der magmatischen Bankung eine grosse Rolle. Zahlreiche Publikationen von H. Borchert weisen darauf hin, wie wichtig die magmatische Bankung für die Chromitlagerstätten ist. So hat man bei Koca Ocağ in unserem Untersuchungsgebiet eine 500 m lange Aufsuchungsgalerie umsonst aufgeföhren, obwohl die magmatische Bankung recht regelmässig N 70° E bzw. N 61° E streicht und ziemlich gleichmässig mit 49 bzw. 56° nach NW einfällt, so dass das Erz im NW der Grube, also im hangenden Teil der Grube, leicht zu erreichen gewesen wäre.

Für eine sinngemässe Einordnung der hier im Jahr 1963 gemessenen Störungen scheint die magmatische Bankung die wichtigste Basis zu sein, an die man sich bei der Auswertung von Störungen halten kann. Ihr Auffinden bzw. Einmessen ist oft mit vielen Schwierigkeiten verbunden. Im Gelände ermöglichen meist nur die länger durchstreichenden Sprenkelerze und Chromitschlierenplatten eine genaue Messung der magmatischen Bankung. Es muss wegen der Unzugänglichkeit der Aufschlüsse sowie der sekundären Serpentinisierung oft mit mehreren Stunden oder gar Tagen gerechnet werden, um die wahre primäre magmatische Bankung aufzufinden und einzumessen. So ist auch bei unseren Betrachtungen die magmatische Bankung der bedeutendste Ausgangspunkt, nach deren Richtung die gemessenen Störungen in Gruppen eingeteilt werden: so sind im Streichen der magmatischen Bankung verlaufende Störungen mit denselben Einfallrichtungen *Lagerstörungen*, solche mit dem entgegengesetzten Einfallswinkel *Antibankungsstörungen*. Senkrecht zur magmatischen Bankung und zu den s-Flächen verlaufen die Querstörungen und ac-Klüfte.

Auf Empfehlung von Herrn Prof. Dr. F. Karl wurden im Jahre 1964 die Schnittlinien der Antibankungs- und Lagerstörungen als Grundorientierung der b-Achse angenommen und nach diesem Prinzip aus den Messwerten ein gefügekundliches Diagramm für jede Grube, deren magmatische Bankung auch gemessen werden konnte, erstellt, was in Tafel III regional anschaulich gemacht wird. In der Beurteilung der dieser Arbeit zugrunde liegenden Meldearbeit übt H. Borchert an diesem Verfahren Kritik und meint, dass nicht die Schnittlinie der Antibankungs- und Lagerstörungen die b-Koordinate darstellt, sondern dass die magmatische Bankung selbst als wichtigste Grundorientierung und als ab-Ebene angesehen werden muss. Die Teilschmelzen, in denen Chromit zur Ausscheidung kommt, folgen bei völliger tektonischer Ruhe der ab-Orientierung, wie dies z. B. auch im Bushveld der Fall ist. Auch in der Türkei mit ihrer vielfach nur germanotypen Störungstektonik pflegt diese Orientierung oft beibehalten zu werden.

Tatsache ist, dass man auch bei dem angewandten Verfahren in grösseren Bereichen zu einer Reihe von annähernd gleichen Diagrammbildern gekommen ist, was sicherlich bei der Anwendung des Verfahrens von H. Borchert zu noch klareren Ergebnissen geführt hätte. Es ist aber nicht ausgeschlossen —was durch eine Neuarbeitung festzustellen wäre—, dass sich auch im letzteren Falle die gleichen homogenen Bereiche herausbilden, die in Tafel III mit punktierten Linien gekennzeichnet sind und deren tektonische Diagrammbilder fast gleiche Koordinatenwerte aufweisen würden.

Der liegende Bereich besteht aus den Gruben Koca, Kıran, Hüseyin, Fırınlı, Yayla, Hudut und Çatal Tepe, die nach H. Borchert (1963, S. 49) wesentlich dem gleichen Lagerhorizont angehören. Der mittlere Grossbereich eines weiteren Chromithorizontes beginnt im Osten mit Öküz Yatağı Ocağ und verläuft über Hızır, Derbent und Miran Ocağları. Der Verlauf des hangenden Horizontbereiches ist nicht mit ahn-

licher Sicherheit feststellbar. Çeki sowie Karakuz/Yayla, Kalempinar und Donbayuçu gehören mit einiger Wahrscheinlichkeit einem gemeinsamen Horizont an. Hierbei sind stellenweise die Horizontbereiche auch um 50-100 m durch Querstörungen mit NW-Streichen verworfen.

Bei einem Vergleich der Werte der magmatischen Bankungen stellt man fest, dass die Mittelwerte verhältnismässig geringfügige Abweichungen voneinander aufweisen [die Zahlen in Klammern () beziehen sich auf die Nummern der tektonischen Diagramme bei H. Borchert, 1963, S. 40] :

Koca Ocak	(2)	N 70° E / 56 NW
» »	(27)	N 61° E / 49 NW
Kıran Ocak	(18)	N 50° E / 62 NW
» »	(19)	N 68° E / 58 NW
» »	(20)	N 62° E / 63 NW
Fırlılı Yayla Ocak	(34)	N 74° E / 52 NW
» » »	(35)	N 79° E / 44 NW
» » »	(36)	N 82° E / 58 NW
Hudut Ocak	(33)	N 86° E / 48 NW
Hüseyin Ocak	(37)	N 68° E / 47 NW
Derbent Ocak	(13)	N 83° E / 61 NW
» »	(14)	N 64° E / 52 NW
Çeki Ocak	(30)	N 44° E / 38 NW
Kalempinar Ocak	(38)	N 58° E / 70 NW
» » »	(39)	N 77° E / 71 NW
Yayla Ocak	(40)	N 46° E / 57 NW
» »	(41)	N 48° E / 64 NW
Ömerağa Ocak	(42)	N 38° E / 42 NW
Hızır Ocak	(86)	N 40° E / 70 NW
Karakuz Ocak No. 1	(91)	N 46° E / 48 NW
» » No. 2	(92)	N 38° E / 48 NW
» » No. 2	(93)	N 47° E / 62 NW

Arithmetisches Mittel aller Messungen der magmatischen Bankung	}	N 61° E/54° NW
---	---	-----------------------

Aus den Messungen ergibt sich mit Sicherheit, dass die magmatische Bankung NE - SW streicht und mittelsteil nach NW einfällt. Das arithmetische Mittel der obigen Werte ist N 61° E/54° NW. Auf Grund dieser Messergebnisse ist H. Borchert (1963) zu der Auffassung gekommen, dass für das gesamte Peridotitmassiv rings um das Neogenbecken von Harmançık eine gleichartige primäre Orientierung angenommen werden kann, zumal auch in den weiteren Peridotitmassiven im NE sowie im SE von Harmançık annähernd gleiche Werte gemessen werden konnten (im Gesamtmittel aller Peridotitmassive um Harmançık N 47° E/54° NW).

Aus allen gemessenen Daten schliesst H. Borchert mit einiger Wahrscheinlichkeit auf ein einheitliches peridotitisches Grossmassiv, das von Çeki und Hereke im Norden über einen Mittelbereich mit den Orten (von W nach E) Çökene, Akçasaz, Ilıcaksu, Artıranlar und Elmaağacı nach S bis zu den unteren Massivteilen im Bereich der Dör-

fer Aziziye, Poyracık, Yunuslar, Dağardı und Alabarda reichen würde. Das bedeutet eine Ausdehnung von über 20 km in NNW - SSE - Richtung.

Auf Grund der bisher kurz geschilderten Beobachtungen schlug H. Borchert (1963, S. 52 u. 57) im Bereich Koca und Kiran Ocak 4 Bohrungen vor, um die Frage der Tiefenfortsetzung des Erzlagers in beiden Gruben zu klären. Ein Bild der Lagerungsverhältnisse, der Tektonik und der vorgeschlagenen Bohransatzpunkte gibt die Abb. 3 wieder. Ausserdem sind hierbei noch die zu bohrenden Tiefen angegeben, bei denen nach dem Verlauf der magmatischen Bankung das Erz voraussichtlich anzutreffen ist. Nach den Ergebnissen dieser Bohrungen sollten nach H. Borchert im positiven Falle noch weitere Schritte unternommen werden, um wenigstens eine Erzreserve von insgesamt 50-100000 t Erz nachweisen zu können.

IV. MIKROSKOPISCHE UND CHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN

Zu der mikroskopischen Untersuchung der hiesigen Chromiterze wurden 26 Erzanschliffe und 15 Dünnschliffe aus typischen Proben verschiedener Gruben angefertigt und in der lagerstättenkundlichen Meldearbeit von İsmet Uzkut untersucht. Hierbei konnten ausser Chromit noch Olivin und Serpentin, Magnetit, Sulfide, Uwarowit, Kämmererit und als Seltenheiten Smaragdit, Hämatit, Limonit und Talkbildungen beobachtet werden.

Bei Derberzen zeigt Chromit ein hypidiomorphes Korngefüge mit etwa 2-10 mm Korngrösse, wobei besonders auffallend ist, dass die Chromitkörner durchschnittlich um so gröber entwickelt sind, je reicher das Erz an Chromit ist. Die Derberze finden sich bevorzugt in liegenden Massivbereichen, etwa den Gruben Ömerağa Ocak, Kiran Ocak, Koca Ocak und Hudut Ocak. Bei Sprenkelerzen ist die Kornform und -grösse meist besonders *gut* erkennbar. Hier ist die Kornform in der Regel + idiomorph und die Korngrösse beträgt etwa 0,2-4 mm. Scharfe Idiomorphie ist nur dann zu beobachten, wenn Chromite im Peridotit nur akzessorisch verteilt sind.

Die oft beobachtete Kantenrundung der Chromitkörner bei Sprenkelerzen, die bevorzugt bei lagig orientierten Chromitanhäufungen auftritt, während sie in den nicht orientierten, sprengelig verteilten Chromiten zurücktritt, ist höchstwahrscheinlich bereits auf eine Abwärtsrollung der Körner in Richtung des Einfallens innerhalb der Teilschmelzen zurückzuführen, was auch den Beobachtungen von R. Ovalıoğlu (1963) entspricht.

Bei fast allen untersuchten Chromiten tritt, durch ihre Sprödigkeit z. T. begünstigt, eine verhältnismässig starke Kataklyse auf, die den Chromit vielfach fast richtungslos durchsetzt, wobei aber eine Mylonitisierung nur in seltensten Fällen örtlich (in Koca Ocak) beobachtet wurde. Dabei ist auf die Abhängigkeit der Kataklyse der Chromite von der Serpentinisierung des Nebengesteins (oder auch umgekehrt) hinzuweisen. Die Peridotitmassive um Harmancık lassen nach H. Borchert (1963, S. 18), gewöhnlich eine nur schwache diaphthoretische Serpentinisierung längs Klüften und Störungen erkennen, die offenbar durch die späteren Bewegungsvorgänge — in Verbindung mit auf Spalten zirkulierenden Lösungen — entstanden ist.

Die Serpentinisierung der Olivine im Verband mit Chromit beginnt sehr oft an Korngrenzen und folgt feinsten Spajtrissystemen. Hierbei scheint es sich z. T. um eine autohydratative Serpentinisierung zu handeln, während sonst die Hauptserpentinisierung

bei den Olivinkörnern mehr von größeren Rissen ausgeht und manchmal fast die gesamten Körner erfassen kann.

Die selten beobachteten Mineralien Hämatit, Sulfide (nach der Häufigkeit Pyrit, Kupferkies und Magnetkies) und chromhaltige Silikate (Uwarowit, Smaragdit und Kämmererit, wobei Kämmererit in die Endphase gehört) sowie die sog. Chromitumwandlungen gehören wesentlich der pneumatolytisch-hydrothermalen Nachphase der magmatischen Kristallisation an. Die hierbei gewonnenen Erkenntnisse entsprechen vollkommen den Befunden, wie sie wesentlich schon von H. Krause (1957) fixiert worden sind. Limonit, der allerdings nur selten beobachtet wurde, kann aus den Silikaten (Olivin + Pyroxen), aus Magnetit und Eisensulfiden ebenso wie aus den Chromitumwandlungen durch Einwirkung von Tageswässern entstanden sein.

Der im Gelände oft in Form von cm- bis dm-dicken Gängen anzutreffende Magnesit ist unter dem Mikroskop häufig als 0,5-2 mm dicke Rissfüllung im Chromit zu beobachten. Seine Entstehung kann sowohl auf Olivin als auch auf Serpentin zurückzuführen sein. In beiden Fällen bedarf es grösserer Mengen von Kohlensäure und Wasser. Das reichliche Vorhandensein der obigen Substanzen ist wesentlich erst im Gefolge von jüngeren sekundären Prozessen möglich; Magnetit ist in der Regel eine junge sekundäre Bildung.

TABELLE 1	Probcort	Cr ₂ O ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	FeO (%)	MgO (%)	MnO (%)	Cr/Fe-Verhältnis	Cr/Al-Verhältnis	
LIEGENDER BEREICH I	1	Ömerağa Ocak	58.83	10.55	16.07	13.90	0.04	3.22	7.19
	2	Hudut Ocak	57.85	12.44	15.01	14.42	0.02	3.99	6.00
	3	Koca Ocak	57.36	12.88	14.76	14.62	0.01	3.45	5.78
	4	Çatal Tepe Ocak	55.16	13.36	15.25	13.86	0.02	3.19	5.93
	5	Kıran Ocak	54.62	14.08	15.26	13.66	0.03	3.16	5.00
	6	Tavşankaçtı Ocak	53.89	14.87	15.19	14.02	0.04	3.12	4.68
II	7	Hızır Ocak	52.96	15.52	18.34	10.68	0.04	2.54	4.41
HANGENDER BEREICH III	8	Kalempınar Ocak	51.66	16.42	17.31	11.58	0.04	2.58	3.94
	9	Karakuz Ocak	48.81	17.62	14.56	15.07	0.03	2.97	3.60
	10	Yayla Ocak	48.93	17.46	15.70	14.57	0.02	2.66	3.51
	11	Donbayuçtu Ocak	46.86	17.82	15.94	14.84	0.02	2.52	3.29
	12	Çeki Ocak	37.37	20.87	13.37	17.92	0.03	2.46	2.31

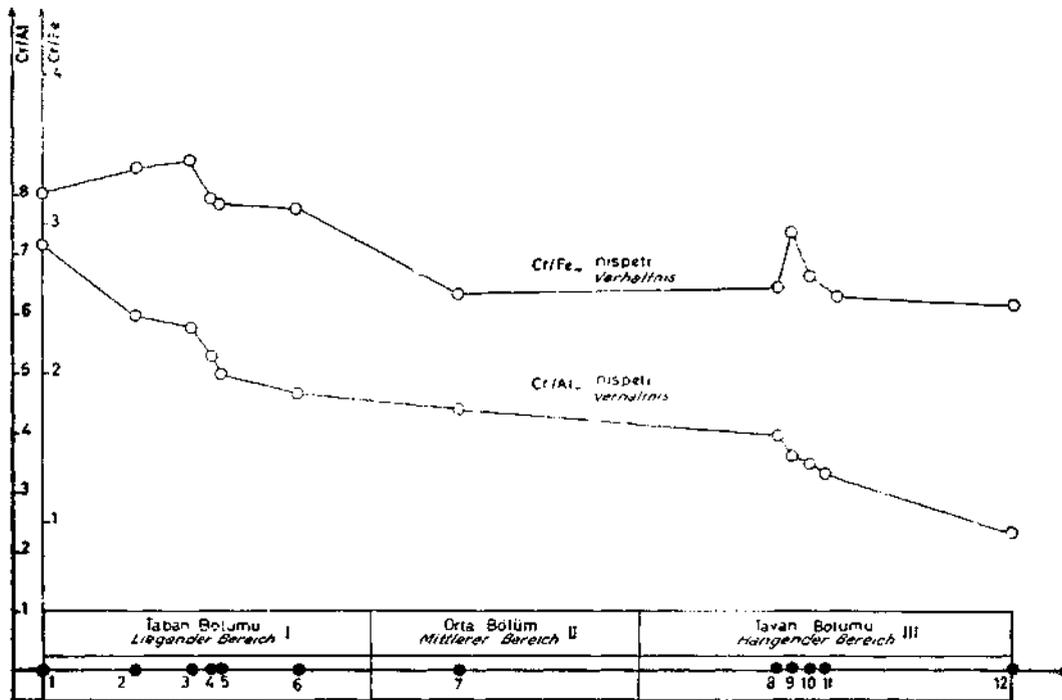


Abb. 1 - Cr/Fe- und Cr/Al-Verhältnisse gegen die Entfernungen auf der M.B. senkrechten Projektionslinie (s. Tafel II).

Wie eingangs schon betont wurde, sind in unserem Untersuchungsgebiet die Bedingungen für eine Magnesitstehung besonders günstig gewesen. In diesem Zusammenhang sei besonders auf den Magnesitgang nördlich und westlich von Tavşan Kaçtı Ocak hingewiesen, der mit einer Mächtigkeit von bis zu 6-8 m N 68° W verläuft und etwa 1-2 km im Gelände zu verfolgen ist, wobei er allerdings durch etwa N-S-verlaufende Störungen stellenweise zwischen 50-200 m versetzt war.

Wie die Arbeiten von S. Grafenauer (1956), H. Krause (1958), G. v. d. Kaaden (1959) und R. Ovalıoğlu (1963) überzeugend gezeigt haben, sind die chemischen Analysen für die lagerstättenkundliche Kennzeichnung der Chromitlagerstätten von grösster Bedeutung. Zu diesem Zweck wurden aus 12 Gruben unseres Untersuchungsgebietes typische Reicherzproben genommen und im M.T.A. Institut analysiert. Die Zahlentafel 1 zeigt die Gehalte von Cr_2O_3 , Al_2O_3 , FeO , MgO , SiO_2 und MnO .

Zur Einordnung der Gruben vom Liegenden zum Hangenden wurde die zur mittleren Streichrichtung der magmatischen Bankung senkrechte Gerade genommen und die Schnittpunkte mit den Loten der einzelnen Grubenpunkte markiert, wie auch aus der Tafel II zu ersehen ist. Die Projektionen der Gruben auf dieser Geraden — in ihrer Reihenfolge von 1 bis 12 von SE nach NW auch der Einfallsrichtung der mittleren magmatischen Bankung entsprechend — wurde als Basis genommen und die Analyseergebnisse in der Reihenfolge von 1 bis 12 auch graphisch aufgetragen (vgl. Abb. 1 und 2).

Die Abstände der Projektionspunkte auf der eben genannten Geraden wurden auf Abb. 1 unmittelbar, entsprechend dem Kartenmasstab 1/25 000, bei der Auswertung als Abzisse genommen und auf der Ordinate das Cr/Fe- bzw. Cr/Al-Verhältnis aufge-

tragen. Wie die Abb. 1 zeigt, zeigen diese Verhältnisse einen fast stetigen Verlauf. Das Cr/Fe-Verhältnis, das für den wirtschaftlichen Wert eines Chromerzes von entscheidender Bedeutung ist, zeigt noch geringere Streuung der darstellenden Punkte als das Cr/Al-Verhältnis. Ein anderer auffallender Punkt ist, dass beide Linienzüge annähernd parallel verlaufen, d. h. die Abnahme des Cr/Fe- und des Cr/Al-Verhältnisses vom Liegenden zum Hangenden geht mit fast gleicher Intensität vor sich.

Diese regelmässige Abnahme der Verhältniswerte kann entweder auf Cr-Abnahme oder aber auf Fe- bzw. auch Al-Zunahme vom Liegenden zum Hangenden beruhen. Wie die folgenden Auswertungen zeigen werden, spielen dabei tatsächlich beide Erscheinungen eine Rolle.

Bei dem Vergleich der in Abb. 1 aufgetragenen Werte zeigt sich, dass das Cr-Fe-Verhältnis in der annähernd liegendsten Grube Nr. 1 (Koca Ocak) mit 3,45 sehr gut ist; das schlechteste mit 2,46 herrscht erwartungsgemäss in der hängendsten Grube Nr. 12 (Çeki Ocak).

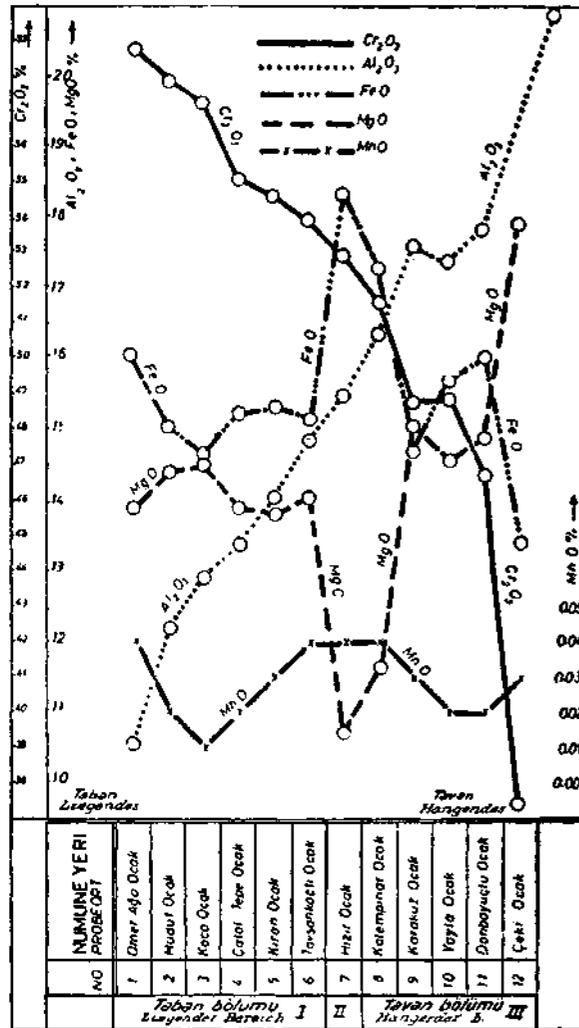


Abb. 2

Regional gesehen, beginnt es im SW bei Ömer Ağa Ocak mit 3,22, steigt über Hudut Ocak (3,39) bis zu Koca Ocak (3,45) und fällt dann bei Çatal Tepe Ocak auf 3,19, Kıran Ocak 3,16 und Tavşankaçı Ocak 3,12. Hier zeigt sich, dass die Cr/Fe-Verhältnisse im ersten liegenden Horizontbereich I (vgl. Tafel III) annähernd gleiche und gute Werte haben, so dass *auch hiermit die tektonischen Beobachtungen schon bestätigt werden.*

Im Mittelbereich II, von dem nur eine Analyse von Hızır Ocak vorliegt, ist der Cr/Fe-Wert ziemlich niedrig (2,54), was sich schon durch den hohen FeO-Gehalt (18,34%) erwarten lässt. Im hangenden Horizontbereich III, der mit Kalempınar Ocak (2,58) verhältnismässig niedrig anfängt, bei Karakuz Ocak jedoch rapid auf 2,97 steigt, entwickelt sich dann zum Hangenden hin eine allmähliche Abnahme bis zu Çeki Ocak mit dem Wert 2,46.

Beim Cr/Al-Verhältnis ist der Verlauf im ganzen noch regelmässiger. Es ist bei Ömerağa Ocak, der liegendsten Grube, mit 7,19 am höchsten und fällt rasch noch im ersten Horizontbereich auf 4,68. Im Horizontbereich II bei Hızır Ocak ist das Cr/Al-Verhältnis mit 4,41 noch nicht vom vorhergehenden Verlauf abweichend. Die

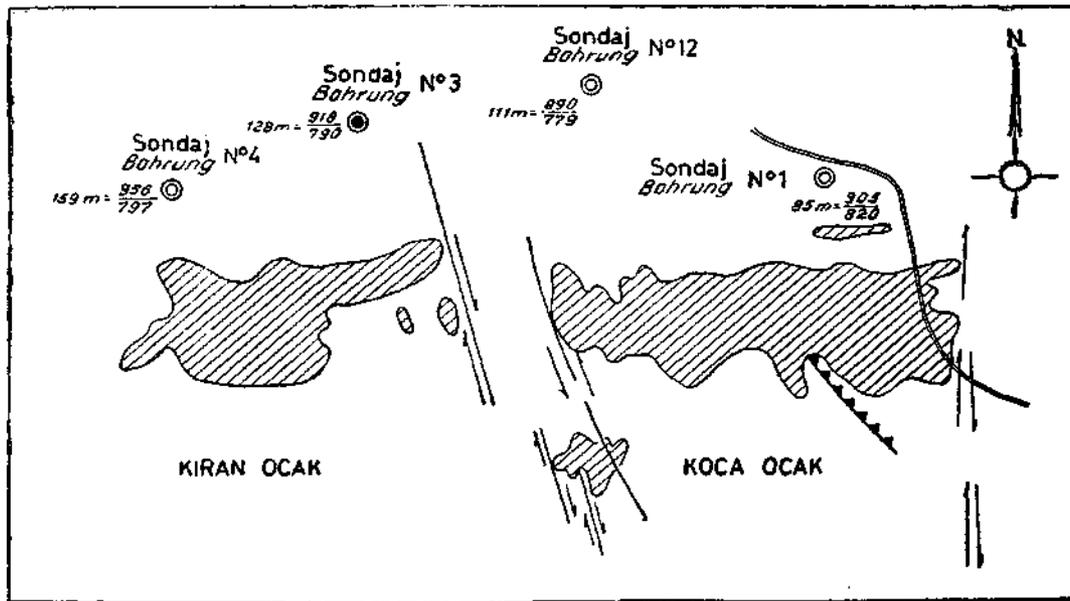


Abb. 3 - Skizze zu den Gruben Koca und Kiran.

Werte im Horizontbereich III sind bei Kalempınar Ocak (3,94) am höchsten, nehmen über Karakuz (3,60), Yayla (3,51) und Donbayuđu Ocak (3,29) bis zur hängendsten Grube Çeki Ocak mit 2,31 bemerkenswert gleichmässig ab.

An Hand der Abb. 1 und 2, in denen die Analysenwerte entsprechend der Grubenreihenfolge von SE nach NW aufgetragen sind, sind als wichtige Ergebnisse hervorzuheben:

1. Im Gesamtmassiv von Harmancık, das mit seinen Chromit-reichen Horizonten der Mittleren gebankten Zone im Sinne von G. Hiessleitner (1951/52) und M. Donath (1962) angehört, fällt der Cr_2O_3 -Gehalt mit einer beachtlichen Regelmässigkeit vom Liegenden zum Hangenden von 58,8 auf 37,4 % Cr_2O_3 , während gegenläufig der Al_2O_3 -Gehalt fast ebenso stark von 10,6 auf 20,9 % Al_2O_3 zunimmt.

2. In dem liegenden Abschnitt I, der auch in tektonischer Beziehung einem Homogenitätsbereich angehört, steigt der MgO-Gehalt zunächst von 13,9 auf 14,6% an, um dann etwa auf 14% abzunehmen. *Streng gegenläufig zu MgO verhält sich das FeO*, das zunächst von 16,1 auf 14,8% FeO abnimmt, um dann auf etwa 15,2% wieder anzusteigen. Interessant ist hierbei noch, dass die MnO-Gehalte parallel zum FeO zunächst von 0,04% MnO auf 0,01% abnehmen, um dann wieder bis auf etwa 0,04 % anzusteigen.

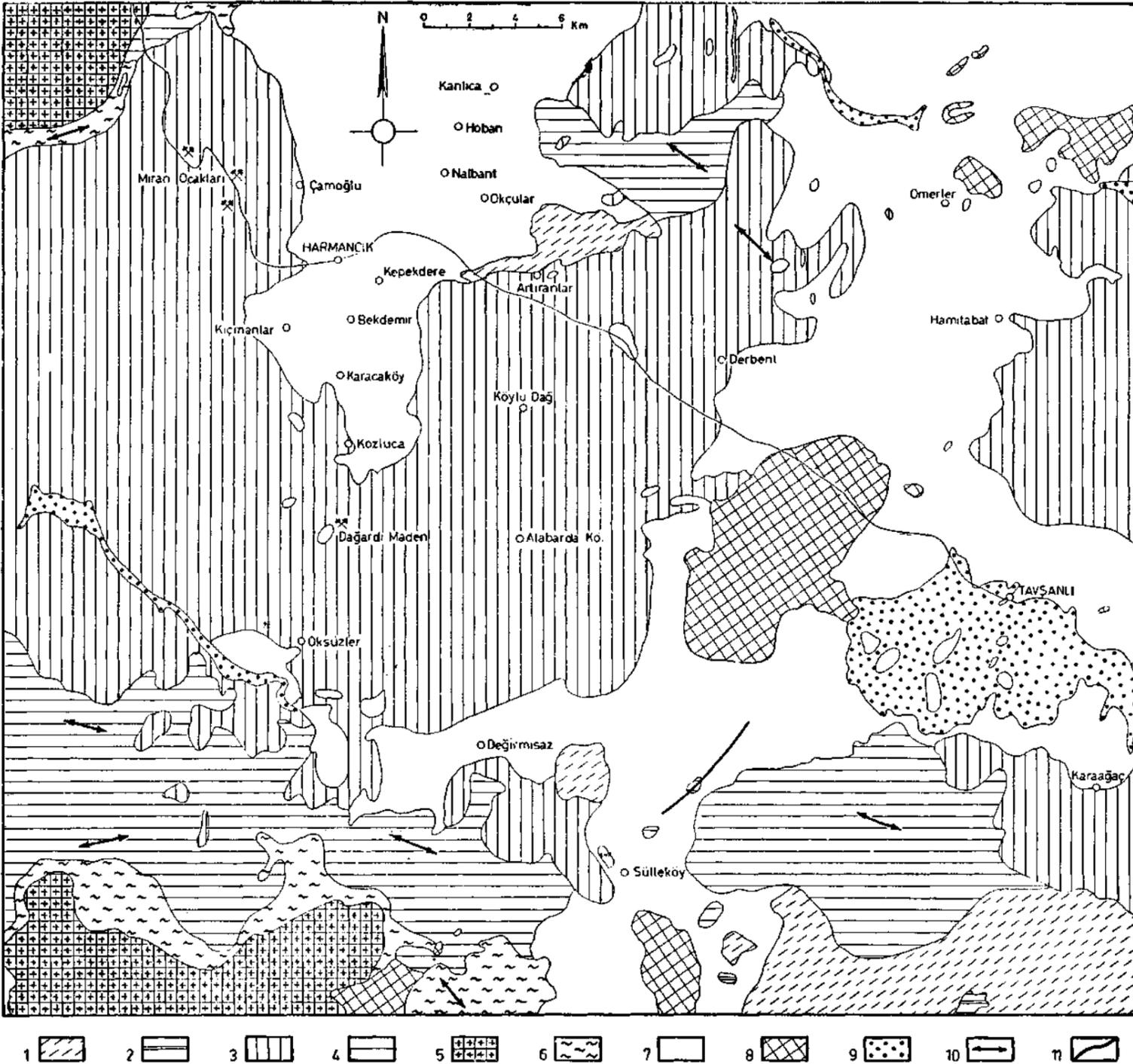
3. Zu dem mittleren Homogenitätsbereich II in tektonischer Beziehung (vgl. auch Tafel II und III) gehört hier nur Hızır Ocak; diese Grube musste ausserdem aus ziemlich weiter östlicher Entfernung auf die SSE nach NNW verlaufende Profilinie projiziert werden. Auf dieser Grundlage wird verständlich, dass sich zwar die gegenläufigen Cr_2O_3 - und Al_2O_3 -Gehalte (53,0 % und 15,5 %) ausgezeichnet in die gesetzmässige Grossentwicklung vom Liegenden zum Hangenden einordnen, dass aber in diesem Falle ein extrem hoher FeO-Gehalt von 18,34% erreicht wird und gegenläufig ein extrem niedriger MgO-Gehalt von 10,68 %.

4. Der hangende Bereich III streut mit seinen Gruben über ein etwas ausgehnteres Gebiet. Während der Cr_2O_3 -Gehalt aber dennoch weiter gesetzmässig vom Liegenden zum Hangenden von 51,7 auf 37% abnimmt, steigt gegenläufig der Al_2O_3 -Gehalt von 16,4 auf 20,9 %. Der Gehalt an FeO nimmt zunächst von der Kalempinar-Grube mit 17,3% FeO zur Grube Karakuz auf 14,6% ab, während gegenläufig der MgO-Gehalt von 11,6 auf 15,1 steigt. Dann zeigt sich bei den Gruben Yayla und Donbayuçu eine entgegengesetzte Entwicklungstendenz der FeO- und MgO-Werte. Dagegen steigt dann wieder der MgO-Gehalt zur hängendsten Grube Çeki weiter an auf 17,9 % MgO, während gegenläufig der Gehalt an FeO auf 13,4 % absinkt.

5. Beim Vergleich der Morphologie des Untersuchungsgebietes stellt man fest, dass das Chromitlager von Ömerağa Ocağ, das gleichzeitig das Liegendste darstellt, bei 630 m SH liegt, während Çeki Ocağ als oberste Grube bei 970 m SH liegt. Aus den obigen Werten ersieht man ausserdem die *Abnahme sowohl der Qualität als auch der Erzmächtigkeiten von SE nach NW und auch entsprechend der Höhenlage über dem Meeresspiegel*. Unter diesen Gesichtspunkten scheint die Vermutung naheliegend, dass die höherliegenden, hängenderen Teile unseres Untersuchungsgebietes *in ihren tieferen Niveaus* — also mit ihrer Fortsetzung im Sinne des Einfallens — *bessere Erzqualitäten und -mächtigkeiten aufweisen würden*. Im Höhengniveau 630 m SH würden wahrscheinlich auch die Fortsetzungen der NW-lichen Gruben in der Tiefe nahezu gleiche Erzqualität und -mächtigkeit erreichen können. Es wird auch für die SW-lichen Gruben gelten können, dass sie zur Tiefe hin mächtiger und Cr-reicher werden. Denn nach H. Borchert (s. auch Merkblatt zur Vorlesung über Chromerzlagerstätten, 1960) nimmt die Erzqualität und -mächtigkeit vielfach in zwei Richtungen zu: in Richtung des Einfallens und vom Hangenden zum Liegenden. Danach darf man auch in nordwestlichen Teilen unseres Untersuchungsgebietes in der Tiefe mit noch grösseren und besseren Erzreserven rechnen.

Auf die Ursachen der örtlichen Gegenläufigkeit der MgO - und FeO- Gehalte sowie die Abnahme des Cr_2O_3 - Gehaltes, verbunden mit der Zunahme des gleichzeitigen Al_2O_3 - Gehaltes, kann hier nicht näher eingegangen werden. Für die erste Gesetzmässigkeit sei nur auf die Gleichgewichtsbestrebungen der Teilschmelzen, die zunächst durch einen gewissen Fe-Überschuss gekennzeichnet sind, hingewiesen. Der durch die primäre Ausscheidung der Mg-reichen Olivine entstandene Fe-Überschuss in Teilschmelzen kann im Laufe der Chromausscheidung allmählich wieder geringer werden, so dass in das Gitter des Chromits auch in einer Spätphase noch Mg wieder stärker eingebaut werden kann.

Für die zweite Gesetzmässigkeit sei nur so viel gesagt, dass sie recht gut den Isomorphieregeln von V. M. Goldschmidt (1944) und dem Gesetz der Kristallisationsabfolge von A. E. Fersman (1937, 1958) entspricht. Der Grundsatz von A. E. Fersman, dass die Reihenfolge der Kristallisation der Abnahme der Gitterenergie folgt (1937 u. 1958, S. 390), wird dadurch bestätigt, dass durch Aufnahme des Al statt Cr in das Gitter von Chromit eine Energieverminderung des Gitters zustande kommt.



GEOLOGISCH-TEKTONISCHE ÜBERSICHTSSKIZZE DES GEBIETES UM HARMANCIK (nach H. Holzer, 1954)

- 1 - Gneise-Glimmerschiefer (Metamorphikum); 2 - Marmore (Metamorphikum); 3 - Serpentine; 4 - Kalke, z.T. Marmore (mesozoisch); 5 - Granite; 6 - Hülschiefer; 7 - Neogen; 8 - Vulkanite (Jungtertiär); 9 - Alluvionen; 10 - Strukturlinien; 11 - Brüche.

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

- BARKER, T. H. (1958) : Manuskript-Bericht über die Chromitgruben der Harmancık Kromit Şirketi (Mai 1958).
- BORCHERT, H. (1952 a) : Die Chromerzlagerstätten der Etibank in der osttürkischen Chromitprovinz. *Bericht an die Etibank* (unveröffentl.).
- (1952b) : Einfluss der Lagerstättenverhältnisse auf die Probenahme. *Erzmetall* 5, pp. 297 -303, 439 - 443.
- (1957a) : Die Chromerzlagerstätten im Gebiet des westlichen und östlichen Kopdağ. *M.T.A. Rapp.* (unveröffentl.).
- (1957b) : Der initiale Magmatismus und die zugehörigen Lagerstätten. *Neues Jb. f. Min. Abh.* 91, pp. 541-572.
- (1958) : Die Chrom- und Kupferlagerstätten des initialen Magmatismus in der Türkei. *M.T.A.* no. 102, p. 175.
- (1959) : Das Ophiolitgebiet von Pozantı und seine Chromerzlagerstätten. *M.T.A.-Veröffentlichung*, no. 104, p. 70.
- (1960a) : Geosynklinale Lagerstätten, was dazu gehört und was nicht dazu gehört sowie deren Beziehungen zu Geotektonik und Magmatismus. *Freiberger Forschungshefte, C* 79, pp. 7-61.
- (1960b) : Die Chromitvorkommen in der Umgebung von Yeşilova-Burdur. *M.T.A. Veröffentlichung*, no. 105, p. 63.
- (1960c) : Die Chromitvorkommen im Peridotitmassiv westlich von Acıpayam-Denizli. *M.T.A. Veröffentlichung*, no. 106, p. 55.
- (1960d) : Erfahrungen an türkischen Chromerzlagerstätten. *Symposium on Chrome Ore*, Ankara, pp. 92- 108.
- (1961a) Türkiye krom cevheri yataklarında yapılan etütlerden öğrendiklerimiz. *M.T.A. Bull.* no. 56, pp. 1 - 13 .
- (1961b) : Die Chromerzlagerstätten im Peridotitmassiv von Soridağ-Rutdağ in Ostanatolien. *M.T.A. Rapp.* no. 2943. (unveröffentl.).
- (1961c) : Zusammenhänge zwischen Lagerstättenbildung, Magmatismus und Geotektonik. *Geol. Rundschau* 50, pp. 131 - 165.
- (1962) : Die Chromitvorkommen im Peridotitmassiv von Tefenni (Vil. Burdur). *M.T.A. Rapp.* no. 3635 (unveröffentl.).
- (1962b) : Das Chromitgebiet von Kemer-Tekirova-Atbükü-Adrasan im Osten von Elmalı und Gödene-Sazak-Boşnak nördlich von Finike-Kumluca (Vil. Antalya). *M.T.A. Rapp.* no. 3489 (unveröffentl.).
- (1962c) : Chemismus und Petrologie der Erdschalen sowie die Entstehung und Ausgestaltung der wichtigsten Diskontinuitäten der Erdkruste. *Neues Jb. f. Min. Mh.* 7/8, pp. 143 - 163.
- (1963) : Principles of the genesis and enrichment of chromite ore deposits. *Seminar on Modern Scientific Methods of Chromite Prospection*, Athens, 16-30 April.
- (1964) Die Chromitlagerstätten bei Harmancık und Göynükbelen Köy (Vilayet Bursa) der Harmancık Kromit Şirketi. *M.T.A. Rapp.* no. 3365 (unveröffentl.).
- DONATH, M. (1962) : Chrom. Die metallischen Rohstoffe, ihre Lagerungsverhältnisse und ihre wirtschaftliche Bedeutung. Bd. 14, *F. Enke-Verlag*, Stuttgart, p. 371.
- FERSMAN, A. E. (1937) : Geochemie, Bd. III (1937) in: Ausgewählte Werke, Bd. IV, An SSR 1958.
- GOLDSCHMIDT, V. M. (1944) : Crystalchemistry and Geochemistry. *Chem. Proc.* no. 1, 1944.
- HELKE, A. (1955) : Beobachtungen an türkischen Minerallagerstätten. *Neues Jb. f. Min. Abh.* 88, pp. 55 - 224.
- HIESLEITNER, G. (1951/52) : Serpentin- und Chromerzgeologie der Balkanhalbinsel und eines Teiles von Kleinasien. *Jb. Bundesanstalt Wien*, Sonderband, 1. u. 2. Teil.

- HOLZER, H. (1954) : Rapport über die geologischen Kartierungen auf den Kartenblättern Beyce 54/4 und Simav 71/2. *M.T.A. Rapp.* no. 2366 (unveröffentl.).
- KAADEN, G. v. d. (1959a) : On relationship between the composition of chromites and their tectonic-magmatic position in the peridotite bodies in the SW of Turkey. *M.T.A. Bull.* no. 52, pp. 15-33.
- (1959b) : Age relations of magmatic activity and of metamorphic processes in the NW part of Anatolia-Turkey. *M.T.A. Bull.* no. 52, pp. 1 - 15
- & METZ, K. (1954) : Beiträge zur Geologie des Raumes zwischen Datça-Muğla-Dalaman Çay (SW-Anatolien). *Bull. Geol. Soc. Turkey* no. 1/2, pp. 71-170.
- KALAFATÇIOĞLU, A. (1962) : A note on the geology of the region between Tavşanlı and Dağardı, and on the age of the serpentines and limestones. *M.T.A. Bull.* no. 58.
- KRAUSE, H. (1958) : Erzmikroskopische Untersuchungen an türkischen Ghromiten, *Neues Jb. Min. Abh.* 90, pp. 305-366.
- LEUCHS, K. (1943) : Der Bauplan von Anatolien. *Neues Jb. f. Min. Mh.*, B, Heft 2/3, pp. 33-72.
- KETİN, İ. (1959) : The orogenic evolution of Turkey. *M.T.A. Bull.* no. 53.
- (1966) Tectonic units of Anatolia (Asia Minor). *M.T.A. Bull.* no. 66.
- NEBERT, K. (1960) : Vergleichende Stratigraphie und Tektonik der lignitfahrenden Neogengebiete weitlich und nördlich von Tavşanlı. *M.T.A. Bull.* no. 54, pp. 8-37.
- (1962) : Das Braunkohlengebiet von Alabarda als Beispiel einer zwischen Serpentinmassen eingeklemmten Neogenscholle. *M.T.A. Bull.* no. 58, pp. 31 - 37.
- OVALIOĞLU, R. (1963) Die Chromitlagerstätten des Pozantireviers und ihre ophiolitischen Muttergesteine. *Diss. Bergakademie Clausthal, Techn. Hochsch.*
- SCHNEIDERHÖHN, H. (1958) : Die Erzlagerstätten der Erde. Bd. I: Die Erzlagerstätten der Frühkristallisation. G. Fischer Verl. Stuttgart, p. 335.
- SGHUILING, R. D. (1962) : On petrology, age and structure of the Menderes migmatite complex. *M.T.A. Bull.* no. 58, pp. 71 - 84.
- STEINMANN, G. (1927) : Die ophiolitischen Zonen in den mediterranen Kettengebirgen. *Internat. Geol. Congr. Madrid, C. R. XIV*, pp. 1 - 33.
- STILLE, H. (1940) : Zur Frage der Herkunft der Magmen. Abh. 4-23, *Preuss. Akad. Wiss., Math. Nat. Kl.*, no. 19.
- WIJKERSLOOTH, P. de (1941) : Einiges über den Magmatismus des jüngeren Paläozoikums (des Varistikums im Raum Westzentralanatoliens). *M.T.A. Mecm.* no. 4/25, pp. 542 - 549
- (1942) Die Chromerzprovinzen der Türkei und des Balkans und ihr Verhalten zur Grosstektonik dieser Länder. *M.T.A. Mecm.* 7 no. 1/26, pp. 54-75.
- (1954) : Einiges über die Entstehung von Chromitkonzentrationen und Chromerzlagerstätten an Hand von neuen Beobachtungen in Anatolien. *Neues Jb. f. Min. Mh.*, pp. 190 - 200.