

## Geologische und erzmikroskopische Beobachtungen an den Eisenerzen des Demirdağ (Divrik) mit besonderer Berücksichtigung der genetischen Frage.

Von Dr. F. de Wijkerslooth

Die Eisenvererzung der Divriker Gebirge steht im engsten Zusammenhang mit den magmatischen und tektonischen Ereignissen, welche den heutigen Aufbau dieser Gegend bestimmten. Ihre Entstehung ebenso, wie die der dortigen Erstarrungsgesteine, geht auf die in den tieferen Zonen vor sich gegangene Differentiation zurück. Dies sei hier extra betont, weil man die Eisenerzkörper der Divriker - Gegend gerne als ein direktes Abscheidungsprodukt des in der Nahe auftretenden Syenitkörpers betrachtet. Man glaubte, dass die Erzlagerstätten ihren Metallgehalt direkt dem emporgeführten Syenitmagma entnommen haben. Die Erzlagerstätten wären dadurch mehr oder weniger räumlich mit dem Syenit verbunden. Man deutete die Erzvorkommen als magmatische Entrusivkörper oder pneumatolytische Kontaktlagerstätten.

Dieser Auffassung können wir uns aber nicht anschliessen. Die Erzkörper verdanken u. E. ihren Metallgehalt nicht indirekter Zufuhr (also mit der Syenitintrusion als Zwischenglied), sondern direkter Zufuhr aus der Tiefe. Die betreffenden Metalllösungen wurden direkt von den "Restlösungen" geliefert, also von den me-

tallischen Endkonzentrationen eines stark differenzierten Magmaherdes. Sie stiegen direkt aus grossen Tiefen bis zum Absatzraum empor. Tektonische Bedingungen machten diesen Aufstieg möglich. Sie bereiteten den Weg für die Erzlösungen.

Wir möchten daher den Grund für die reichen Erzkonzentrationen des Demir Dağ und Mağara Tepe dem tektonischen Bau dieser Gebirge zuschreiben. Unsere Studien haben ergeben, dass sich die Erze der Divriker Gegend in wichtigen *Aufschuppungszonen* angehäuft haben — welche öfters dem Syenitkontakt folgen. Diese Störungszonen gaben den Erzlösungen die Möglichkeit, direkt aus grossen Tiefen hochzusteigen.

Das Auftreten wichtiger Erzkörper in den Kontaktzonen des Syenits hat daher *nur einen tektonischen Grund*. Dies sei hier näher erklärt: Nach der Erstarrung der granitisch — syenitischen Intrusionen (in der Unterkreide oder im Alt. Tertiär) haben noch starke Stauungen stattgefunden, welche vielerorts in den Flanken der batholitischen Intrusionen bedeutende Störungszonen hervorriefen. Die Granit - Syenitgesteine reagierten nämlich als starre Massen, wogegen sich die Hüllgesteine verschuppten. Ihre Randzo-

nen wurden dadurch öfters zu Störungszonen grossen Styles.

So wurden auch die Hüllgesteine des Demir Dağ nach Norden, und die des Mağara Tepe nach Osten und Nordosten gegen den Syenitbatholit verfault und verschuppt. Aber auch der Syenit selbst blieb nicht ganz verschont. Seine äusseren Teile wurden von diesen tektonischen Bewegungen in Mitleidenschaft gezogen. Eine Schuppenstruktur entstand, an welcher sich sowohl der Syenit als auch das Hüllgestein beteiligte.

Man unterscheidet zwei Hauptsysteme von Störungen oder Verschuppungszonen. Das eine System hat ein SW — NO, das andere ein SO—NW Streichen. Die Hauptlagerstätte des Demir Dağ verdankt seine Längserstreckung und sein Einfallen nach Süden den SW — NO gerichteten Störungsflächen, während die Mehrzahl der Erzkörper des Mağaratepe ihren Verlauf und ihr Einfallen nach SW auf die SO — NW streichenden Brüche zuführt. Dort wo beide Systeme sich gegenseitig überschneiden, befindet sich die Haupterzmenge des Demir Dağ.

Es ist sehr auffallend wie die äusseren Begrenzungslinien des Erzausbisses des Demir Dağ diesen beiden oben angegebenen Störungsrichtungen parallel verlaufen. Dies beweist am deutlichsten, dass die Entstehung der hiesigen Lagerstätten von rein tektonischen Vorgängen bedingt worden ist.

Das beigegebene Profil durch den Demir Dağ gibt die Art der hier auftretenden Verschuppung wieder. Es ist eine bildliche Darstellung unserer Auffassung über den tektonischen Bau dieses Gebirges. Es sei hier ausdrücklich betont, dass das Profil nur theoretischen und somit nur indirekt praktischen Wert hat. Die ihm zur Verfügung stehenden Daten reichten im allgemeinen nur aus, um die

Art der Struktur festzulegen, sie waren aber ungenügend, um einen nach Mass genauen Durchschnitt zu konstruieren. Nur auf Grund von geologischen Beobachtungen, an der Oberfläche und von Daten, welche zwei Bohrungen und eine Galerie uns lieferten, wurde das Profil vorläufig zusammengestellt. Wir glauben aber, dass es für das Verständnis der dortigen geologischen Verhältnisse und als Unterlage für die weitere Erforschung seine Dienste leisten wird.

Das Auftreten einer derartigen starken Verschuppung lässt sich in den verschiedenen am Demir Dağ angelegten Abbaufrenten des Tagebaues deutlich beobachten. Besonders schön tritt die Verschuppungsstruktur im Taleinschnitt, etwas westlich des Demir Dağ, in Erscheinung. Hier hat man einen Gesamtüberblick über die Art der Verschuppung. Vor allem in direkter Nähe des neuen Magazins, das von der M. T. A. für das Aufheben ihres Bohrmaterials gemacht wurde.

Zum Schluss möchten wir darauf hinweisen, dass die tektonischen Bewegungen nicht nur die Ursache der Eisenvererzung am Demir Dağ und Mağara Tepe waren und die Form und Orientierung deren Ablagerungen bestimmten, sondern auch nachher dieselben zertückelten. Die fertigen Lagerstätten wurden von neuen oder alten, wiederbelebten Störungen durchschnitten.

Ein für die Genese - Deutung sehr wichtiges Ergebnis erbrachten die Bohrarbeiten, welche im vorigen Jahr am Demir Dağ ausgeführt wurden. Die makroskopische Untersuchung der Bohrkern zeigte nämlich, dass nicht nur Kalk, sondern auch Syenit weitgehend von der Vererzung betroffen worden ist. Die Erzlösungen, welche in\* der Schuppenzone des Demir Dağ hochgestiegen sind, haben nicht nur die Hüllgesteine (Kalke), sondern

auch den Syenit in Magnetit und Skarn umgewandelt. *Eine grosse, rtige metasomatische Verdraengung des Syenites hat hier stattgefunden.* Unserer Meinung nach ist sogar der übergrösste Teil des Erzkörpers auf Kösten des Syenits gebildet worden. 1) (s. Profil).

Die metasomatische Verdraengung hat von Spalten aus stattgefunden und so vor allem diejenigen Syenitgesteine betroffen, welche am staerksten durchkühltet in Brekzien umgewandelt waren. Überall sieht man grüne Skarnadern den Syenit durchziehen. Im Faile dass sich die Verdraengung schon weiter vollzogen hat, sind nur die Kernteile der von Klüftesystemen begrenzten Syenitbruchstücke als solche erhalten geblieben. Man findet nur mehr oder weniger rundliche Syenitrelikte inmitten der Skarn und Erzmassen, Nähert man sich mehr den stark mineralisierten Zonen, so sind auch diese letzten Syenitreste verschwunden und man findet keine direkten Anhaltspunkte mehr für die Bestimmung des verdrängten Mediums. Da aber meistens die Skarnminerale hier dieselben sind, welche wir um die Syenitrelikte angetroffen haben, liegt es auf der Hand anzunehmen, dass auch hier der Syenit das Muttergestein war. Die von den Erzlösungen auf Kösten des Syenits gebildeten Kontaktminerale sind: Skapolith, grüner Glimmer, Diopsid (Hedenbergit) Epidot und Granat. Der Skapolith bildet oft

(1) Die Kalke erlitten dagegen mehr eine intensive Turmalinisierung und Verkieselung. Sie wurden örtlich in reine schwarze Turmalingesteine, sog. "Turmalinolith", (wohlbekannt aus Cornvall unter dem Lokalnamen von "Elvan" umgewandelt. Diese turmalinisierten Kalke bedecken die Eisenerzlagerstätte des Demir Dağ. "Wahrscheinlich ist die die Turmalinisierung der Eisenvererzung etwas vorangegangen,

sehr grobkristalline Aggregate, welche sich durch grosse Härte auszeichnen.

Photo I und Photo II bringen einzelne Syenitrelikte, wie sie oben beschrieben wurden zur Darstellung. Um diese syenitischen Verdraengungsreste legen sich konzentrische Bänder von Skarnmineralien, welche wiederum von Erz eingeschlossen werden.

Wir wollen uns nun naeher mit der mineralogischen bzw. mit der erzmikroskopischen Beschreibung des Divriker Erzes befassen. Es sei hier vorweggenommen, dass die Erzparagenese sich aufbaut aus Mineralien zweier ganz verschiedener metallogenetischer Bildungsphasen. Diese sind:

#### *I. eine hypothermale Phase:*

Bildung von Magnetit und Skarnminerale,

#### *II. eine epithermale Phase:*

Bildung von Pyrit (Melnikovit - Pyrit) Markasit *Chalkopyrit und Calzit*, auf welche schliesslich eine *Oxydationsphase* folgte, waehrend welcher Limonit (Nadeleisenerz), Specularit, Malachit, Bornit und Covellin zum Absatz gelangten.

Die Korngrösse der Magnetitindividuen wechselt stark. Meistens betraegt sie nur wenige Millimeter. Daneben treten aber auch grössere Individuen auf, welche einen Durchmesser von 1 — 2 cm erreichen können.

Die mikroskopische Untersuchung des Eisenerzes hat ergeben, dass der Magnetit, der aus den tieferen, nicht oxydierten Horizonten der Lagerstätte stammt fast keine Beimischung von Specularit enthält. Es liegt ein reines Magnetitzerz vor. Nur in den höheren, der Tagesoberfläche nahen Erzpartien, zeigt der Magnetit eine schwache Umwandlung in Specularit, eine leichte Martitisierung. Diese Umwandlung findet von den Korngren-

zen aus nach innen statt (s. Photo VI). Soweit wir Praeparate zur Verfügung hatten, konnten wir keine Maghemitisation und keine Limonitisation des Magnetits beobachten.

Neben dem Magnetit treten als untergeordnete Komponenten die Mineralien der zweiten Bildungsphase auf. Photo III gibt das allgemein verbreitete Bild ihres Auftretens. Man sieht, wie Kalzit und Pyrit (Markasit) die Spalten im Magnetit ausheilen und wie sie die Diopsidindividuen inmitten des Magnetits verdrängen. Es wurden Pyrit - Kalzit - Pseudomorphen nach Diopsid gebildet. Der Magnetit selber wurde nur wenig verdrängt. Er ist nur stellenweise von den betreffenden Erzlösungen angegriffen (gelöst) worden. Vielleicht hat der Magnetit das Eisen für den Pyrit - Markasit - Aufbau geliefert. Neben Pseudomorphen nach Diopsid zeigt der Pyrit auch schöne eigene Kristallisationsformen, unter welchen der Oktaeder die am weitesten verbreitete ist. (s. Photo III — Oktaederdurchschnitte von Pyrit liegen "inmitten des Kalzits).

Photo IV gibt eine 85 x Vergrößerung zweier von Eisensulfiden und Kalzit verdrängten Diopsidindividuen. Man sieht deutlich, dass der Pyrit in der Längsrichtung der Diopsidkristalle eine feine Streifung aufweist. Der Pyrit ist nämlich von Spaltflächen des Diopsids nach (110) entlang in diesen vorgedrungen. Auch ist der Pyrit manchmal nach der Basisspaltung (001) in Diopsid vorgestossen, wie der linke Diopsiddurchschnitt erkennen lässt. Neben Pyrit haben sich Kalzit und Chalkopyrit und indirekt auch Bornit und Covellin auf Kosten des Diopsids breit gemacht.

Photo V unterrichtet uns über die Art der Ablagerung der Schwefelverbindungen. Die hier auftretenden colloformen

Strukturen weisen auf ein ursprüngliches Gel - Stadium zurück, aus welchem sich der Pyrit und der Markasit gebildet haben. Man nennt diesen Pyrit Melnikovit, pyrit.

Der Pyrit ist stellenweise mit dem Markasit zu einem mittelharten submikroskopisch feinkörnigen Aggregat verwachsen. Solche Mineralgefüge sind sehr typisch für Auskristallisierungen aus Gelen, da diese keine grossen Diffusionsmöglichkeiten, die für grössere Kristallisationen erforderlich sind, zulassen.

Das Vorkommen von Gel - Pyriten usw. in den höheren Partien der Divriker Lagerstätte deutet unzweideutig auf eine sehr niedrige Bildungstemperatur der S - Verbindungen.

Zum Schluss sei noch ein Mikrophoto des limonitreichen Oxydationserzes gebracht (Photo VI). Da die Abtragung im Verhältnis zu der Oxydation ziemlich schnell von sich ging, ist keine tiefheruntergehende Oxydationshülle entstanden. Sie ist im allgemeinen nur wenige Meter mächtig. Nur den Störungszonen entlang, hat sich das Oxydationserz bis zur grösseren Tiefe bilden können.

Photo VI zeigt, dass inmitten des Limonites ("Nadeleisenerz") noch kleine Reste der früheren Pyritindividuen erhalten geblieben sind. Um diese Oxydationsreste herum legen sich konzentrische Bänder von Limonit, welche deutlich darauf hinweisen, dass der Limonit aus Pyrit hervorgegangen ist. Da die einzelnen Bänder des Limonites einen verschiedenen Gehalt an chemisch gebundenen Wasser führen, zeigen sie unter dem Mikroskop ein wechselndes Reflexionsvermögen. Die wasserarmen Bänder sind die helleren, die wasserreichen die dunkleren. Rubinglimmer, welcher sonst gerne aus Pyrit entsteht, wurde nicht beobachtet.

Der Magnetit ist vollkommen frisch und hat keine Umwandlung in Limonit erlitten. Saemtlicher Limonit rührt daher von der Oxydation des Pyrits her. Hieraus ergibt sich, dass dort, wo das Oberflächenerz viel Limonit enthaelt, in den tieferen Erzzonen ein hoher Prozentsatz an Pyrit zu erwarten ist. Limonitarmes Oxydationserz wird dagegen pyritarmes Erz der tieferen Zonen überdecken. Dieses erzmikroskopische Ergebnis ist sehr wichtig für die Aufsuchung pyritarmer Eisenerzlagerstätten.

Der Chalkopyrit ist in der Oxydationszone nicht mehr vorhanden. Sein Kupfer ging zum grössten Teil in Lösung und kann in den tieferen Zonen auf dem dortigen Chalkopyrit zum Absatz unter Bildung von Bornit und Covellin (den sog. "Zementationserzen"). Nur etwas Kupfer blieb in der Oxydationszone erhalten in Form von vereinzelt Malachitüberkrustungen.

#### **Zusammenfassung.**

1.) Das Eisenerzvorkommen des Demir Dağ ist in einer wichtigen Verschuppungszone, welche sich am Rande des dortigen Syenitbatholiten vorfindet, durch metasomatische Vorgänge gebildet wor-

den. Tektonische Bedingungen bestimmen die Lage und die Form der Lagerstätte.

2.) Die Lagerstätte entwickelte sich nicht so sehr auf Kosten der Hüllgesteine (Kalke) als auf Kosten des Syenits breit. Die Kalke wurden dagegen mehr von einer grossartigen Turmalinisierung und Verkieselung betroffen.

3.) Die Mineralparagenese des Divriker Erzes ist das Produkt zweier metallogenetischer Phasen:

a) einer hypothermalen Phase, während welcher sich der Magnetit bildete,  
b) einer epithermalen Phase, während welcher Pyrit, Markasit, Chalkopyrit und Calzit entstanden.

Die Mineralien wurden aus ascendenden Lösungen (Gasen) abgelagert und zwar der Magnetit bei sehr hoher Temperatur, während die S-führenden Elemente und der Calzit bei sehr niedriger Temperatur zum Absatz gelangten.

Nachdem die Erzlagerstätten durch Abtragung frei gelegt waren. Setzte die Wirkung deszendenter, atmosphärischer Lösungen ein, Limonit (Nadeleisenerz), Specularit, Malachit, Bornit und Covellin wurden gebildet.

**Dr. P. de Wijkerslooth**