

BEZIEHUNGEN ZWISCHEN DER ANATOLISCHEN UND DER SUDOSTEUROPÄISCHEN METALLPROVINZ

Von Prof. Dr. Walther E. PETRASCHECK (Leoben)

Das Studium der Metallprovinzen ist in zunehmendem Mass zu einem Zweig der regionalen Geologie geworden. Vertiefte Erkenntnisse sind nur dort zu erwarten, wo die räumlichen Zusammenhänge der tektonischen Einheiten und die zeitliche Einordnung der magmatischen und gebirgsbildenden Vorgänge bekannt sind und wo somit die örtliche Position und der chemisch - mineralogische Stoffbestand der Erzlagerstätten mit diesen geologischen Verhältnissen in Beziehung gebracht werden können.

Das M.T.A. hat diesen Problemen schon frühzeitig, trotz der Notwendigkeit der Bewältigung praktischer Aufgaben, Beachtung geschenkt. Die zahlreichen Arbeiten von P. Arni, N. Egeran, V. Kovenko und P. de Wijkerslooth haben die Untergliederung der anatolischen Metallprovinz begründet. Dank einer Einladung durch die Generaldirektion des M. T. A. konnte der Verfasser im Sommer und Herbst 1953 die wichtigsten Erzlagerstätten Anatoliens besuchen und sich mit der Literatur und den Archivberichten bekannt machen, um auf Grund dessen Vergleiche mit der südosteuropäischen Metallprovinz durchführen zu können. Der Generaldirektion des M. T. A. sei für die grosszügige und verständnisvolle Ermöglichung der Arbeit, dem Leiter der Lagerstättenabteilung, Herrn

Dozenten Dr. Ekrem Göksu für die fachliche Begleitung und Führung bei den Exkursionen und der Etibank für die freundliche Aufnahme bei den Bergwerken aufrichtig gedankt.

TEKTONISCHE ZUSAMMENHÄNGE

Die tektonischen Zusammenhänge zwischen SO - Europa und Kleinasien sind in einigen Zügen recht gut bekannt, in anderen noch unklar und daher umstritten. Die tektonische Grundskizze der beiliegenden Kartentafel stützt sich vorwiegend auf die Karten von C. Renz (1940), K. Leuchs (1943) und N. Egeran (1946).

Dass die Kette des eigentlichen Balkengebirges (Stara planina der bulgarischen Geologen) keine Fortsetzung nach Osten hat, ist eine heute schon vielfach angenommene Auffassung, welche auch A. Archangelski (1937) in seinem Überblick über den geologischen Bau des U. d. S. S. R. vertritt. (S.92) *Die politischen Ketten stellen vielmehr die Fortsetzung der Subbalkanischen Zone* (Srednogorje - Zone der Bulgaren) dar - insbesondere in der Oberkreide, Von geradezu überraschender Gleichheit sind in NO-Serbien, in Bulgarien und in den pontischen Küstenketten bis ostwärts zur russischen Grenze die weissen und rosa Mergel des Senon mit kleinen Lagern und Linsen von Manganerz, die diesen Mergeln eingeschalteten

submarinen Andesite und Andesittuffe und die jüngeren Durchbrüche von syenitisch-quarzdioritischen Tiefengesteinen, von Andesiten und von Daziten. Die senonen Andesite sind vielfach mit kugeliger Absonderung und als Brockenandesite entwickelt (E. Clar 1946); die jüngeren granodioritischen Tiefengesteine von hochkretazischem bis untereozänem Alter wirkten mit Kontaktmetamorphose und Einschmelzung auf die Andesite ein, an der Witosza in Westbulgarien (nach *Str. Dimitroff* 1939), bei Burgas in Ostbulgarien (nach Wilh. Petrascheck 1931), zwischen Giresun und Trapezunt (nach V. Kovenko M. T. A. 1943/II), bei Gümüşhane in NO-Anatolien (nach P. de Wijkerslooth M.T.A. 1946/I) und bei Kuvarshane nahe Batum (V. Kovenko M.T.A. 1942/I). Jüngere andesitisch-dazitische Durchbrüche sind in NO-Serbien und bei Murgul in NO-Anatolien nachgewiesen; mit den jüngeren Eruptionen ist eine besonders starke Propylitisierung und Kaolinisierung verbunden.

Ein Unterschied zwischen dem serbisch-bulgarischen und dem anatolischen Anteil der Zone liegt im Alter und in der Intensität der Faltung: In der subbalkanischen Zone ist die Hauptfaltung nachsenonisch-laramisch und z. T. vielleicht auch eozän, in den politischen Ketten ist sie nach E. Nowack (1928) und P. Ami (1931) mittelkretazisch; Oberkreide und Eozän liegen wesentlich flacher als Unterkreide und Jura. Immerhin ist im Mittelabschnitt der Pontiden schon eine deutliche altkimmerische Faltung erkennbar und ferner ist zwischen Bartın und Cide Malm-Urgonkalk auf Senon und Untereozän aufgeschoben, was schon *Lebling* und neuerdings Th. Fratschner festgestellt hat, unter dessen Führung ich 1954 einige entscheidende

Aufschlüsse besucht habe. Der geringe Dislokationsgrad der Senonmergel in der östlichen Politischen Zone erschien mir in auffallendem Gegensatz gegenüber der starken Verschuppung in West- und Mittelbulgarien. Eine nordwärtige Bewegungstendenz ist aber hier wie dort festgestellt.

Wie weit die paläozoischen Kerne in den westlichen und mittleren pontischen Ketten mit jenen der Srednogorji vergleichbar sind, bedürfte noch einer Untersuchung.

Viel Ungewisser sind die tektonischen Zusammenhänge der südlich angrenzenden Einheiten. Die meisten grosstektonischen Karten zum B. von R. Staub, A. Archangelski und N. Egeran stellen nicht nur die Pontiden, sondern auch die nordanatolischen Ketten («Anatoliden») als einen Abschnitt des Nordstammes des alpinen Orogens dar, Inneranatolien mit dem Menderes Massiv und dem Kirşehir Massiv als Zwischengebirge-in Fortsetzung der Rhodopischen Masse - und schliesslich die Tauriden und Iraniden als Fortsetzung des dinaridisch-hellenidischen Südstammes. Diese beinahe symmetrische Längsgliederung Anatoliens ist erst kürzlich wieder von N. Egeran und E. Lahn (M.T.A. 1951) gegen andere Auffassungen verfochten worden.

Demgegenüber besteht eine andere Konzeption, welche die Trennungslinie zwischen Nordstamm und Südstamm, im Norden Kleinasien zieht, in der Grenze zwischen Pontiden und Anatoliden. 1928 hatte E. Nowack diese tektonisch stärksten hergenommene, O-W streichende Grenzzone als «Paphlagonische Narbe» bezeichnet und darauf hingewiesen, dass südlich von ihr faziell dinaridische Elemente, z. B. die Serpentin-Hornsteinschichten erscheinen,

In einer sehr sorgfältigen Darstellung des damaligen Standes der Erkenntnisse hat 1943 K. Leuchs die Rolle der von Falten umschlungenen «alten Massive» herausgestellt und dabei von einer Reihenanzordnung dieser Massive gesprochen, indem von W nach E folgen: das Pelagonische Massiv, das Attisch-Kykladische Massiv, das Menderes-Massiv und das Kirşehir Massiv. Nördlich von dieser Massivreihe liegt in Europa die innerdinaridische Vardarzone und dieser entsprechen in gleicher Position mit ähnlicher Fazies die ägäischen Falten und die Anatoliden in Kleinasien. Neuerdings wird diese Verwandtschaft noch bestärkt durch die Feststellung eines vormesozoischen Alters der Serpentine sowohl in Inner-Anatolien (P. de Wijkerslooth) wie in der Vardarzone (G. Hiessleitner). Nur ist nach der Vorstellung von K. Leuchs das Abtragungsniveau dieses Faltenbündels in NW-Anatolien infolge Heraushebung ein besonders tiefes, wodurch die Unterlage z. B. im Uludağ herauskommt.

Was die Bewegungsrichtung betrifft, so ist sie bekanntlich in der Vardarzone eindeutig gegen SW, in den Anatoliden z. B. nach den Aufnahmen von M. Blumenthal (1948) teils gegen Süden, teils gegen Norden gerichtet.

Südwestlich des Pelagonischen Massivs liegt die osthellenische Zone, die sich faziell und tektonisch in die südlich der anatolischen Massive verlaufenden Tauriden fortsetzt. Die adriatisch-jonischen Aussenzonen verlängern sich in die Iraniden an der Südküste Kleinasiens und zum Nordrand der Arabischen Tafel. Starke laramische und untereoäne Faltungen in den osthellenischen Gebirgen und im Taurus bilden ein weiteres gemeinsames Merkmal genau so wie die mittel- bis jungtertiären Faltungen in den westgriechischen Aussenzonen und in den Iraniden.

Nach dieser Auffassung liegen also die genannten Massive nicht im Bereich des Zwischengebirges, sondern innerhalb des Südstammes des Orogens. Das «attisch-kykladische Massiv» hat allerdings schon nach den Darstellungen L. Kobers (1928) und nach den neuen Kartierungsergebnissen von W. E. Petrascheck und G. Marinos (1951) in Attika den Charakter eines Deckengebietes mit mesozoischem Kristallin; ähnlich scheint es nach J. Papastamatiou (1952) auf der Kykladeninsel Naxos zu sein, sodass für dieses Gebiet der Massivcharakter in Frage gestellt wird.

Mit dem hier wiedergegebenen Bild eines viel breiteren Bereiches des Südstammes in Kleinasien steht die neueste Auffassung von E. Boncev, dargestellt in dem Sammelwerk: «R. Cohen etc. Geologie von Bulgarien» (1946) in Übereinstimmung. E. Boncev legt in SO-Europa die Grenze zwischen Nordstamm und Südstamm in die Morava-Marica-Linie, also in die Trennungslinie von Subbalkanischer Zone und Makedonisch-Rhodopischer Masse. Er rechnet also die Rhodopen bereits zu den Innerdinariden, indem er auf Feststellung von südwärts bewegten Decken Bezug nimmt. Der Verfasser dieser Zeilen hatte allerdings zumindest örtlich bei Plovdiv am Nordrand der Rhodopen eine nordgerichtete Überschiebung festgestellt (W. E. Petrascheck 1942). E. Boncev sieht in der Marica-Linie die Fortsetzung der Paphlagonischen Narbe. Nach den neuesten bulgarischen Feststellungen (A. Janisevski in der «Geologie von Bulgarien» 1946) endet das Rhodopenmassiv westlicher, als man bisher glaubte, indem im Strandza Gebirge die für paläozoisch gehaltene Serie z. T. aus fossilführendem Lias und Dogger besteht.

Es ergibt sich, dass für eine Entscheidung der Frage der alpin-dinarischen

Grenze in SO-Europa und Kleinasien noch viel Feldarbeit abzuwarten ist. Für einen sicheren Zusammenhang zweier Faltenzüge wird gleiche Geosynklinalfortsetzung, gleiches Vorland, gleiche Faltungszeit, gleiche Leitlinie im Streichen und gleiche Bewegungsrichtung gefordert. Das ist aus dem Wunsch nach einem Idealbild ein bisschen viel verlangt und jedenfalls reichen unsere Kenntnisse hier noch nicht aus für klare Feststellungen. Für die Einordnung der Metallprovinzen genügt aber bereits das auf beiliegender Karte skizzierte tektonische Bild.

Ein Vergleich der magmatischen Zyklen im Bereich des südosteuropäischen und kleinasiatischen Südoststammes und der (umstrittenen) Zwischengebirgsbereiche ist auch nur unvollkommen durchführbar. Gemeinsam ist die starke Verbreitung mittel- und jungtertiärer Andesit-Rhyolitergüsse in den Rhodopen und Innerdinariden einerseits und in Inneranatolien andererseits. Dermiozäne sialische Plutonismus, welcher in den inneren Gebirgszonen SO-Europas eine verbreitete, wenn auch nur örtlich durch Abtragung schon freigelegte, Rolle spielt (V. E. Petrascheck 1953), Tauriden behauptet. Kretazisch-eozäne Granite und Syenite, die wird von P. Arni (1939) nur für die Tauriden behauptet. Kretazisch-eozäne Granite und Syenite, die aus der Vardarzone bekannt sind, werden für die Anatoliden angenommen, sind bei Divrik im Grenzgebiet von Anatoliden und Tauriden als solche nachgewiesen durch Intrusion bis herauf in turone Miliolidenkalke und Geröllbildung im Oligo-Miozän (nach P. de Wijkerslooth M.T.A. 1941) und gelten auch in den Tauriden und Iraniiden als Hauptvertreter saurer Intrusionen; sie haben nach Hadi Yener (MTA 1937) z. B. zwischen Elazığ und Keban noch untereozänen Numulitenkalk umgewandelt. Zweifellos ist die

zeitliche Einordnung der sauren und intermediären Intrusionen in Mittel- und Südanatolien eine wichtige Aufgabe für die weitere Feldarbeit. Es ist das Verdienst N. Egeran, die regionalgeologische Vorarbeit für das Verständnis der Metallogeneese betrieben zu haben.

DIE METALLPROVINZEN

Es soll im Nachstehenden nur von der jungen, also mesozoisch-tertiären Metallisation im Gefolge des vorwiegend intermediären bis sauren Magmatismus die Rede sein; die Chromerzbildung aus den ultrabasischen Intrusionen, deren Alter gerade jetzt sehr diskutiert wird, steht nicht zur Behandlung.

Im Ganzen gesehen, handelt es sich in SO-Europa und Kleinasien um eine grosse alpidische Metallprovinz. Ihre zeitlich, räumlich und stofflich unterscheidbaren Untergruppen sollen hier *Unterprovinzen* und *Metallbezirke* genannt werden.

1. Die pontisch-subbalkanische Metallunterprovinz

Der erste metallogenetische Vergleich zwischen der pontischen und der subbalkanischen Erzzone wurde von P. de Wijkerslooth (M.T.A. 1943) im Hinblick auf die *Manganerzlagerstätten* gezogen. Bei Pozarevo, westlich von Sofia liegt ein oxydisches SiO_2 -reiches Manganerzlager zwischen Andesit im Liegenden und Tuff im Hangenden, wobei der liegende Andesit von oxydischen Manganerzadern durchzogen ist; die Andesite gehören zum submarinen Vulkanismus der Senonzeit. Weiter ostwärts in Mittel- und Ostbulgarien (Golema Rakovica, Mecka, Jambol u.a. m.) erscheinen verschiedentlich lagerförmige Linsen von Manganerz in den roten und weissen Senonmergeln, welche ihrerseits mit Andesitdecken

wechsellagern. Das Manganerz wird von rotem Eisenkiesel (Jaspis) begleitet. Die Erzlinsen sind scharf gegen die manganfreien Mergel abgegrenzt. Der Verfasser hatte diese Lagerstätten beschrieben und sie wegen ihrer weitgehenden Analogie mit den devonischen Roteisenlagerstätten des Lahn-Dillgebietes in Westdeutschland für «sedimentäre und frühmetasomatische Manganerzlager im Gefolge des oberkretazischen submarinen Andesitvulkanismus» erklärt (W. E. Petrascheck 1940). P. de Wijkerslooth (1943) hat die kleinen Manganerzlager der Politischen Küstenzone, die sich zwischen weissen und rosa Senonmergeln und Andesiten in ganz gleicher Ausbildung z. B. bei Ereğli, bei İnebolu und im Osten bei Kuvarshan finden, beschrieben und unter Bezugnahme auf die analogen Lagerstätten in Bulgarien die gleiche Deutung als submarin - exhalativ angenommen.

Vor einigen Jahren hat W. Chazan (M. T. A. 1947) in einer sorgfältigen Studie über die Manganlagerstätten bei Ereğli die submarin-exhalative Deutung abgelehnt und eine rein sedimentäre Entstehung verfochten. Der von W. Chazan beschriebene konglomeratische Erztyp, bei dem in kleinen Konglomeratlagen zwischen den Senonmergeln das oxydische Manganerz sowohl als Bindemittel als auch neben Andesitgeröllen und Jaspisgeröllen vereinzelt als Pyrolusitgerölle erscheint, kann aber nicht als Gegenbeweis gegen unsere Theorie der Genese herangezogen werden. Haben doch im Senon und Paläozän der ganzen pontischen Zone unruhige Sedimentationsverhältnisse geherrscht-wie schon die Decken von submarinen Kissenlaven und Brocken-

andesiten zeigen sodass örtlich eine Umlagerung von nahegelegenen Erzanreicherungen durchaus wahrscheinlich ist. W. Chazan erklärt die Theorie von der Erzbildung durch submarine vulkanische Exhalationen als etwas absonderliches. Es sei aber darauf verwiesen, dass diese genetische Erzlagerstättengruppe eine grosse Bedeutung bei allen Lagerstätten - klassifikationen hat (siehe z. B. H. Schneiderhöhn) und dass die Eisenkiesel (Chalzedon und Jaspis) oft ein charakteristisches Begleitgestein solch submarin - exhalativ gebildeter oxydischer Erzlager sind-z. B. auch bei den unzweifelhaft so gebildeten Roteisenlagern in deutschen Devon.

Ein weiteres Kennzeichen der südbalkanisch - pontischen Unterprovinz sind die zahlreichen Lagerstätten von Pyrit und Kupfererz.

Ein Teil dieser Lagerstätten ist unmittelbar von den senonen submarinen Andesiten abzuleiten (z.B. Niska Banja in Serbien, Panagjuriste in Bulgarien, wohl auch z.T. zwischen Giresun und Trabzon an der östlichen pontischen Küste); ein anderer Teil geht auf etwas jüngere, meist alttertiäre Dazit-Andesitdurchbrüche zurück (z.B. Maidanpek und Bor in Serbien, Murgul in den östlichsten Pontiden); eine weitere Gruppe wurde im Gefolge der untereozyänen syenitisch - granodioritischen Intrusiva gebildet, welche die senonen Schichten und Andesite durchbrechen (Burgas und Kirharman in Ostbulgarien, z. T. östliche Schwarzmeerprovinz in der Türkei). Eine ältere Sondergruppe (I b der Karte) bilden Pyrit - Kupferkiesvorkommen in jurassischem Diabas und Diorit bei Küre in

dem Mittelteil der pontischen Küste (V. Kovenko 1944). [*]

In mineralogischer Hinsicht sind zu unterscheiden: Kleinere Kontaktlagerstätten mit Magnetit, Pyrit und Kupferkies, (z. Teil Maidanpek, Kirharman, Kirlak bei Trabzon); wichtige Enargit-Pyrit-Covellinlagerstätten (Bor und Niska Banja in Serbien, Panagjuriste in Bulgarien); Derberzlagerstätten von Pyrit (z. T. Maidanpek, Bor in Serbien, Elsica bei Panagjuriste; in Bulgarien; Esbiye bei Giresun in der Türkei); Kupferkies in verkieselten Eruptiven (Maidanpek, Murgul); Blende-Fahlerz (Gümüshane in der Türkei). Propylitisierung, Kaolinisierung und Silifizierung sind überall vorhandene Begleiterscheinungen der Erzbildung. *Eine geradezu überraschende Ähnlichkeit zeigen die beiden Grosslagerstättenreviere an den Endstellen der rund 1900 km langen einheitlichen Metallzone: Maidanpek in Serbien* (nach der neuesten Darstellung von M. Donath (1952) und *Kuvarshan-Murgul in der NO - Türkei*, (nach E. Zimmer 1938 und P. de Wijkerslooth 1946). In beiden Revieren besteht die Hauptlagerstätte aus einer Kupferkiesvererzung in brecciös zerdrückten verkieselten Eruptivgesteinen.

[*] Anmerkung Kartierungsarbeiten und Exkursionen im Jahre 1954 nach Fertigstellung dieses Manuskripts lassen mich an dem höheren Alter und der Sonderstellung der Lagestätte von Küre zweifeln. Die Alterseinstufung als jurassisch durch Kovenko erfolgte, weil Diorit, Diabas und Erz in den Schiefen des Lins aufsetzen, aber niemals in den darüber liegenden Malmkalk hinaufreichen. Wo immer ich aber den Malm - Urgonkalk im Küstengebiet zwischen Kurucaşile und Küre sah, liegt er mit tektonischem Kontakt auf seiner Unterlage und stellt eine jüngere, nach - untereozaene Überschiebungsdecke dar.

Schon 1939 hat P. de Wijkerslooth im Gebiete von Karabük eine solche Überschiebungsdecke festgestellt (Unveröffentlicher Bericht bei M.T.A.).

Als Literaturhinweis für den europäischen Abschnitt der Unterprovinz sei auf die Arbeiten E. Clar 1946, A. Cissarz 1951, M. Donath 1952, W. E. Petrascheck 1942 und 1953, für den türkischen Abschnitt auf V. Kovenko M.T.A. 1941, 1942, 1943, F. Kossmat 1910, P. de Wijkerslooth M.T.A. 1946 und E. Zimmer M.T.A. 1938 verwiesen.

II. Die Innerdinarisch-westanatolische Metallunterprovinz

In einer vergleichenden Übersicht der Metallogene SO-Europas habe ich kürzlich (W. E. Petrascheck 1953) unter anderen einen Innerdinarischen und einen Rhodopischen Metallbezirk unterschieden. Die Hauptmetalle des *Innerdinarischen Bezirkes* (II a der beiliegenden Karte) sind Blei, Zink, ferner auch Antimon und Molybdän; Arsen, Wismut, Gold, Silber und Mangan treten sehr oft accessorisch in kleinen kennzeichnenden Beimengungen auf. Wichtige Lagerstätten dieses Bezirkes sind Trepca (Pb, Zn), Kapaonik (Pb, Zn), Srebrenica (Pb, Zn), Rudnik (Pb, Zn), Kostajnik (Sb), Lissa (Sb), Mackatica (Mo)-alle in Jugoslawien - und Axiopolis (Mo) in der Vardarzone in Griechenland. Daneben gibt es noch viele kleinere Lagerstätten von Pb, Zn und Sb. Die Lagerstätten sind in der grossen Mehrzahl vulkanogen und subvulkanisch, an miozäne Andesite und Trachyte gebunden, zum kleineren Teil auch plutogen und dann teils mit miozänen, teils auch eozänen Graniten verknüpft.

Der *Rhodopische Bezirk* (II b) umfasst die jungen Erzlagerstätten in der Rhodopischen Masse. Seine Hauptmetalle sind Pb, Zn, und Sb-daneben erscheinen wenig Pyrit und Kupferkies. Es handelt sich zumeist um plutone Erzgänge, welche aus Herden stammen, die auch die verbreiteten miozänen Andesit - Trachytdecken geliefert haben.

Wichtige Lagerstätten sind: Kratovo-Zletovo (Pb Zn) in Jugoslawien, Madan (Pb,Zn) und Lakavica (Pb, Zn) in Bulgarien, Nevrokop (Sb) in Bulgarien und Lachana (Sb) in Griechisch-Mazedonien.

Der *westanatolische Erzbezirk* (II c) mit den altberühmten Blei - Zinklagerstätten von Balya Maden, den Antimonvorkommen von Mytilene, von Gömekçiflik bei Kütahya u.a.m. ist an jungtertiäre Andesite und Dazite gebunden und wird auch von L. de Launay (1911) mit den Lagerstätten der Balkanhalbinsel verknüpft. Besonders deutlich ist die Verwandtschaft von Balya Maden und den innerdinarischen Blei-Zinklagerstätten. In Balya Maden wird nach den Darstellungen von L. de Launay und V. Kovenko (M.T.A. 1940) sowie nach neuen Kartierungsergebnissen von Ekrem Göksu ein jungpaläozoischer Kalk und ein triadischer Schiefer von tertiären Andesiten und Daziten durchbrochen, wobei sich reiche Blei-Zinkerzkörper an den Kontakten gegen den Dazit entwickelten. Etwas Pyrit, Kupferkies und Arsenkies sind ebenso wie z. B. in Trepca untergeordnete Begleiter. Desgleichen verbindet ein kleines Mangenerzvorkommen mit dem innerdinarischen, besonders aber dem benachbarten ägäischen Bezirk. Besonders wurde ich durch die weite Verbreitung von Pyriteinsprengungen in den Daziten von Balya Maden auch ausserhalb der Blei - Zinkerzvorkommen an gleichartige Verhältnisse in den Rhodopen erinnert. Baryt mit Bleiglanz und etwas Kupferkies in einem Gangstockwerk im Andesit n. w. von Soma knüpft wiederum Beziehungen zu dem an Ba und Mn reichen Ägäischen Bezirk.

III. Die Aegäisch-Tauridische Metallunterprovinz

In der Übersicht der südosteuropäischen Metallogene von 1953 habe

ich einem *Aegäischen Bezirk* (III a) ausgeschieden, welcher Attika mit seinen berühmten Blei - Zinklagerstätten von Laurion (zusätzlich mit Fe, Mn und Ba), die Kykladen mit Fe und Mn auf Seriphos, Mn auf Andros, Ba, Mn auf Milos, Pb, Zn auf Santorin, und die Makedonisch - thrakische Küstenregion mit Kassandra (Pyrit, Mn, Pb, Zn,) Drama (Mn), Thasos (Zn, Ba), Kirka (Pb, Zn), Samothraki (Pb Zn) umfast. Die Kennzeichnenden Metalle sind also Pb, Zn, Mn und Ba. Das Alter der Vererzung ist mittel-bis Jungtertiär. Ein Teil der Lagerstätten ist meso - bis epithermal und plutogen, wie z. B. Laurion und Thasos, ein anderer vulkanogen wie z.B. Milos und Kirka.

Wiederum hat bereits der Klassiker der provinziellen Erzlagerstättenbetachtung L. de Launay 1911 darauf hingewiesen, dass einige grosse metasomatische Blei-Zinklagerstätten des Taurus bei Bolkar Dağ eine ähnliche Vererzungsform zeigen wie Laurion, indem hier wie dort die Permeabilitätsgrenzen von kristallinen Kalken und Schiefen die Lokalisierung von Erzhorizonten bedingten, und dass ferner durchsetzende Eruptivgänge den mineralisierenden Lösungen den Weg wiesen.

Wenn also ein Teil des Ägäischen Erzbezirkes aus stofflichen Gründen mit den vorbesprochenen rhodopischen und westanatolischen Bezirken verwandt ist, so ist es ein anderer Teil mit dem *Tauridischen Erzbezirk* (III b) der den östlichen Taurus und die angrenzenden Teile der Iraniden umfasst. Bei Anamur an der Mittelmeerküste wird ein Oberkreidekalk durch Bleiglanz, helle Blende, Markasit vererzt. Eisenerz und Baryt treten in der Nachbarschaft auf (V. Kovenko 1946). In Bolkar Dağ erscheinen die oxydierten Blei-Zinkerze in Carbonkalk, der von Mikrogranitgängen durchsetzt wird. Auch

hier kommt Schwerspat in der Umgebung vor. (K. Oelsner MTA 1938, V. Kovenko 1946) was sehr an die baryt-reich Ägäische Provinz erinnert; auch Laurion führt in seinen epithermalen Bereichen reichlich Baryt.

Am stärksten aber wurde ich an Laurion erinnert, als ich die Lagerstätte von Keban am Euphrat besuchte, welche von H. Yener (MTA 1937) - schon mit einem Hinweis auf Laurion - V. Kovenko (MTA 1946) und A. Maucher (1938) beschrieben wurde. Gerade die neuesten Untersuchungen in Laurion (G. Marinos und W.E. Petraschek 1951) haben gezeigt, dass in Keban wie in Laurion genau die gleichen drei Gesetzmässigkeiten für die Lokalisierung der metasoinatischen Blei - Zinkerze gelten: 1.) Permeabilitätsgrenze von metamorphen Schiefen auf dem vererzten kristallinen, Kalk, 2.) Antiklinale Aufwölbungen des Kalkes, 3.) Durchsetzende porphyrische Ganggesteine. Der Absatz der Erze in Lösungshohlräumen des Kalkes spielt neben der echten Verdrängung eine grosse Rolle Laurion, Bolkar Maden und Keban.

IV. Die iranlisch - Osthellenische Metallprovinz (Ergani Maden-Ermioni)

Ein Sonderstellung in der metallo-genetischen Unterprovinz der südanatolischen Gebirgsketten kommt der grossen Kupferlagerstätte von *Ergani Maden* im östlichen Taurus zu.(IVa). Geologisch gesprochen liegt sie in den Iraniden. Nach der zusammenfassenden Darstellung durch P. de Wijkerslooth (M.T.A. 1945) der sich auf eingene Detailaufnahmen und die seiner Vorgänger, darunter besonders J. Romieu stützt, wird ein Serpentin und ein etwas jüngerer Diabas von einer vielfach rotgefärbten «Flyschserie» transgressiv überlagert, welche aus fossilbelegtem Maastrichtien und Untereozän besteht.

Diese Grüngestein/Flyschserie ist stark verschuppt und wurde dann von jüngeren Diabasen durchbrochen. In deren Gefolge hat eine heiss-hydrothermale Kupfervererzung mit Magnetit, Ilvait, Pyrit, Magnetkies, Pentlandit, Kupferkies, Cubanit, Vallerit und Blende vor allem den zerklüfteten Diabas erfasst und den grossen reichen Derberzkörper geschaffen, der vorwiegend aus Pyrit und Kupferkies besteht.

Demgegenüber haben M. Sirel (1950) und H. Borchert (1952) (in einem Bericht an die Etibank) die Lagerstätte nicht als hydrothermal, sondern als sedimentär-submarinexhalativ angesehen. Sirel begründet diese Auffassung vor allem mit kolloidalen Strukturen des Pyrits, Borchert mit dem Auftreten des Erzes in Diabastuffen.

Nach unseren Beobachtungen können wir uns voll der Feststellung anschliessen, dass es einen älteren Serpentin und Diabas gibt, deren Gerolle im «Senon-Eozänflysch» reichlich zu finden sind, und einen jüngeren Diabas, welcher auch den «Flysch» durchbricht. Schon V. Kovenko und M. Sirel sprachen von kontaktmetamorphen Sedimenten am Diabas. Wir entnahmen Proben eines klingend harten Schiefers, der als allseits umschlossene Scholle in einem serpentinischen gabbroidischen Gestein auf der zweithöchsten Etage an der Südseite des Tagbaues eingebettet ist; die mikroskopische Untersuchung ergab das reichliche Auftreten von Cordierit und etwas Chiasolith in dem Schiefer. Im oberen Tigris zwischen Ergani und dem Gölcük ist die rote «Flysch-Serie» mit zahlreichen Diabaseinlagen, Tuffschichten, roten Hornsteinbänken aufgeschlossen. *Es hat also einen Diabasvulkanismus vor, waehrend und nach der Ablagerung der roten Maastrichtiensedimente gegeben.* Die Hauptmasse der Serpentine ist äl-

ter als die Oberkreideschichten - aber ein gabbroider Anteil der jüngeren Diabase ist auch serpentiniert.

Hinsichtlich der Frage : hydrothermale oder sedimentäre exhalative Entstehung des Erzes sei auf die Beobachtung verwiesen, dass im Tagbau der die Sedimente steil durchsetzende Diabas in der Nähe des Erzes weiss gebleicht, zersetzt und schwach pyritisiert ist, eine Erscheinung, die bei hydrothermalen Lagerstätten häufig, bei sedimentär - exhalativen unbekannt ist. Entgegen der Behauptung von Sirel kommt gelegentlich auch Erz in Klüften der roten Sandschiefer vor, sehr selten auch im Serpentin. Auch das spricht mehr für hydrothermale Vererzung. Die Fazies der ganzen Ablagerung spricht eindeutig für bewegtes und durchlüftetes Wasser, sodass die Bildung vulkanisch-exhalativer Sulfide schwer erklärbar wird. Gelstrukturen kommen auch bei nicht-sedimentären Pyriten vor. Ohne also eine endgültige Entscheidung treffen zu wollen, *neigen wir mehr der früheren Auffassung von Wijkerslooth, Kouenko u.a. zu, dass das Erz von Ergani Maden durch hydrothermale Vorgänge im Gefolge eines untereozyänen Diabasvulkanismus entstanden ist.*

Es ist möglich, dass vielleicht die kupferhaltigen Pyritlagerstätten in den senonen Andesiten von Cypern auch in diese Unterprovinz gehören. Nach einer neueren Studie von R. S. Henson (Quarterly Journal XV, 1944) gehört aber das Troodos Massiv von Cypern nicht mehr zu den Iraniden, sondern schon zur syrischen Tafel.

Die vielleicht einzige Lagerstätte ähnlicher Art im Südoststamm des südosteuropäisch-kleinasiatischen Orogens ist *Ermioni* im *Pelepones*, auf der östlichen Halbinsel Argolis und damit noch am Aussenrand der osthellenischen

Zone gelegen (IV a). Diese in der Literatur vorher unbekannte Lagerstätte wurde von G. Aronis (1951) nach einer genauen Kartierung ausführlich beschrieben; dieser Verfasser hatte auch die Freundlichkeit, mich 1949 bei Ermioni zu führen.

In einer gefalteten und geschuppten Serie von rötlichen Mergeln, Schiefen und Sandsteinen liegen eingelagert Diabase und auch Diabastuffe, welche offenbar gleichzeitig mit den Sedimenten gebildet wurden. Das Alter der Serie gilt -ohne Fossilbeweise- zu meist als kretazischer Flysch. Etwas jünger sind Intrusionen serpentinierter Peridotite. Das Erz ist Pyrit mit geringem Kupferkiesgehalt und bildet Linsen im Diabas oder im Schiefer nächst den Diabaskontakten. *Ich stimme der Meinung von G. Aronis voll und ganz zu, dass es sich dabei um eine hydrothermale Lagerstättenbildung im Gefolge des Diabasvulkanismus handelt.*

Ein weiteres Vorkommen mit Kupferkies liegt gleichfalls in der osthellenischen Zone westlich von *Volos*, worüber dem Verfasser nichts Näheres bekannt ist.

DIE VERTEILUNG DER METALLE IM ALPINEN OROGEN

Die auffällige Vormacht von Kupferlagerstätten in Nord-Anatolien und von Blei-Zinklagerstätten in Mittel- und Südanatolien lenkt unsere Aufmerksamkeit auf die ungleichmässige Verteilung auch in anderen Abschnitten des alpinen Orogens. Von Tirol bis an den Südfuss des Kaukasus überwiegt das Kupfer und von den Südalpen bis zum Euphrat überwiegt das Blei und das Zink. *Der Nordstamm des alpinen Orogens ist kupferreich, der Südoststamm und das Zwischengebirge bleireich.* Falls man im Sinne der eingangs behandelten Diskussion den

Orogenscheitel in die Morava - Marica Linie und die Paphlagonische Narbe legt, würde es sich bei den an Pb-Zn-Lagerstätten reichen Gebieten der Makedonisch-Rhodopischen Masse und der Anatoliden auch schon um den Südstamm handeln.

Um diese aus der Zuhl der betreffenden Metallagerstätten abgeleitete Feststellung auch quantitativ zu belegen, wird im Folgenden der *Metallinhalt* nur der grössten Kupfer- und Blei-Zinklagerstätten, zusammengerechnet aus der bisherigen Produktion und den noch vorhandenen, einigermassen wahrscheinlichen Erzvorräten vergleichend aufgestellt. Dass diese Zahlen sehr unsicher und ungleichwertig sind, braucht kaum erst betont zu werden; vielfach kann die alte Produktion nur geschätzt werden oder fehlen neue Angaben über Reserven. Dennoch wird die Grössenordnung des Verhältnisses so erkennbar.

Die Zahlen verdanke ich teils den Veröffentlichungen der Internationalen Geologenkongresse, den Berichten von Dr. F. Hermann von damaligen Mitteleuropäischen Wirtschaftstag, Herrn Prof. Dr. E. Clar, Herrn Dr. F. Kirnbauer und eigenen früheren Aufzeichnungen.

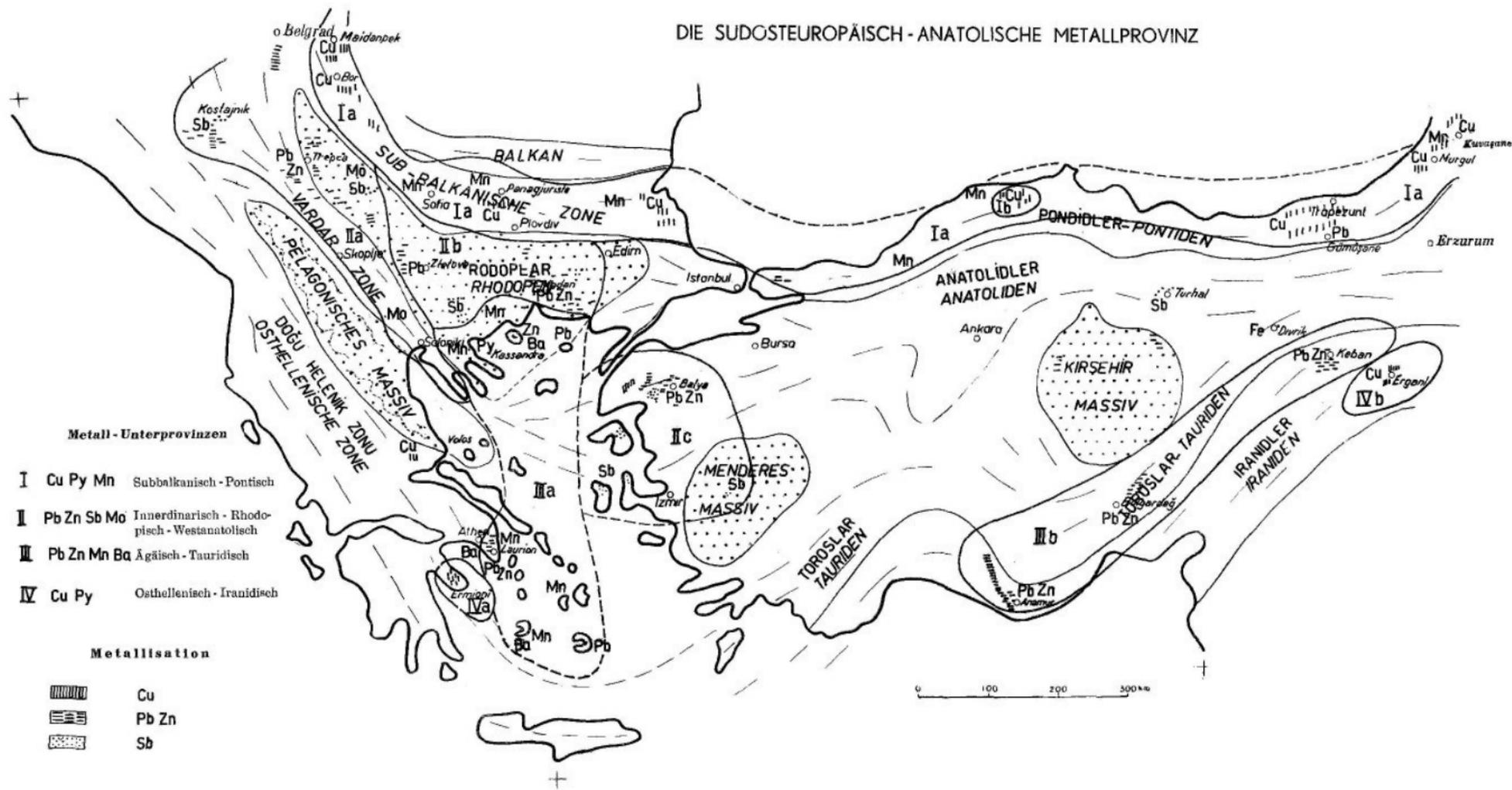
Der Nordstamm des betrachteten Orogenabschnittes enthält nach dieser Schätzung 3,4 Millionen Tonnen Kupfer und 0,1 Millionen Tonnen Blei, der Südstamm (und das Zwischengebirge)

4,8 Millionen Tonnen Blei und 0,3 Millionen Tonnen Kupfer.

Es verhält sich also die annähernd quantitativ erfassbare Kupfermenge zur Bleimenge im Nordstamm des betrachteten Abschnittes des alpinen Orogens wie 33 : 1, im Südstamm wie 1 : 15. Die zahlreichen kleineren Lagerstätten würden dieses Bild nur unterstreichen.

Dabei fallen die Metallprovinzen allerdings nicht genau mit den tektonischen Einheiten zusammen. So liegt z.B. nur Raibl in den wirklichen Südalpen, während der Zug von gleichartigen Blei - Zinklagerstätten zwischen Bleiberg und Miess in den südlichen Kalkalpen knapp nördlich der «alpin-dinarischen Grenze» liegt. Auch im südeuropäisch-anatolischen Raum überschneiden sich zum Teil die Metallunterprovinzen und die tektonischen Einheiten etwas. Das liegt einerseits in der Natur der Dinge begründet, also in dem Übergreifen spätmagmatischer und postmagmatischer Vorgänge über ältere Strukturlinien hinweg, andererseits auch in der unvermeidlichen schematisierenden Willkür, die mit der Abgrenzung von Metallunterprovinzen verbunden ist. So liegt vor allem die Aegäische Unterprovinz, welche wir Grund der dort immer wieder erscheinenden Mangan - und Barium-Begleiter hervorgehoben haben, trennend zwischen den griechischen und den kleinasiatischen Verbindungen - genau so wie das junge Einbruchsbecken des Aegäischen Meeres selbst.

DIE SUDOSTEUROPÄISCH - ANATOLISCHE METALLPROVINZ



L I T E R A T U R

Um für die vorstehende skizzenhafte Darstellung kein unVerhältnismässig langes Literaturverzeichnis zu geben, werden im Folgenden nur zusammenfassende Werke erwähnt, aus denen Zitate der Spezialliteratur entnommen werden können. Die wichtigen Beschreibungen türkischer Lagerstätten, vorwiegend durch V. Kovenko und P. de Wijkerslooth, z. T. auch durch H. Yener und E. Zimmer, die ausnahmslos in der Zeitschrift des M.T.A. erschienen sind, sind im Text unter Angabe des Jahres ohne Titel angeführt.

- A. Archangelski : Kratki otcerk geologiceskoj Strukturi i geologieeskoj istorii SSSR. - Akad. Nauk. Moskva - Leningrad 1937.
- P. Ami : Tektouisehe Grudzüge Ostanatoliens und benachbarter Gebiete. M. T. A. Serie B/4 Ankara 1939.
- G. Arouis : Research cm the iron pyrite ore deposits of the Ermioni mining district. The Mineral wealth of Greece, Vol. I. Athen 1951.
- M. Blumenthal : Un aperçu des chaires nordanatoliennes Bolu - Kızılırmak M. T. A. Serie B, 1948.
- A. Gissarz : Die Stellung der Lagerstaetten Jugoslawiens im geologischen Raum. Geol. Vesnika, Beograd 1951.
- R. Coheu u. a : Osnovi na geologjata na Bulgaria (Geologie de la Bulgarie)-Sofia 1946.
- N. Egeran : Relations entre les unites tectoniques et les gites metalliferes en Turquie. M. T. A. 1/35 Ankara 1946.
- N. Egeran u. E. Lahn : Note on the tectonic positioiv of the Northern and Central Anatolia. M.T.A. 41 Ankara 1951.
- V. Kovenko : Province metallogenique de plomb et de fer des Taurides. M. T. A. 1/35 Ankara 1946.
- L. de Launay : La geologie et les richesses minerales de l'Asie. Paris 1911.
- K. Leuchs : Der Bauplan von Anatolien. Neues Jb. f. Min. Monatshefte Abt. B. 1943.
- G. Marinos : The Lead and Zinc Deposits in Greece. London 1918.
- G. Marinos and W. E. Petrascheck : Preliminary report on the, geology of the metalliferous area of Lauriou. Inst, of Geol. and Suhsoil Res. Athen 1951.
- E. Nowack : Die wichtigsten Ergebnisse ineiner anatolischen Reisen. Ztsohr. Deutsche Geol. Ges. 80, 1928.
- W. E. Petrascheck : Gebirgsbildung, Vulkanismus und Metallogenese in den Sudkarpathen u. Balkaniden. Fortschr. Geol. - und Pal. 14, Berlin 1912.
- W. E. Petrascheck : Magmatismus und Metallogenese in SO-Europa. Geol. Rundschau, Stuttgart, 42, 1953.
- R. Staub : Über die Beziehungen zwischen Alpen und Apennin und die Gestaltung der alpinen Leitlinien Europas. Eclog. Helv. 44, Basel, 1951.
- P. de Wijkerslooth : Einiges über die Erzprovinz des östlichen Schwarzmeerküstengebietes. M. T. A. 1/35, 1946.