

# GEOLOGISCH-LAGERSTÄTTENKUNDLICHE UNTERSUCHUNGEN AN DEM ZINNOBERVORKOMMEN KALECİK UND DEM NORDÖSTLICHEN TEIL DER HALBINSEL KARABURUN/WESTL. TÜRKEI

Klaus LEHNERT - THIEL

*Institut für Geologie und Lagerstättenlehre an der Montanistischen Hochschule, Leoben*

## VORWORT

Vorliegende Arbeit entstand auf Anregung des Vorstandes des Geologischen Institutes der Montanistischen Hochschule Leoben, Herrn Prof. Dr. W. E. Petrascheck und im Auftrage des Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara. Die Feldaufnahmen wurden in den Sommermonaten des Jahres 1965 und 1966 durchgeführt, während die Ausarbeitung in Form einer Dissertation am oben genannten Institut in Leoben erfolgte. («Die Zinnerlagerstätte Kalecik auf der Halbinsel Karaburun—westl. Türkei—und ihr geologischer Rahmen.») In vorliegender Fassung werden die Untersuchungsergebnisse in gekürzter Form dargestellt.

Ich erlaube mir, Herrn Prof. Dr. W. E. Petrascheck sowie den verantwortlichen Mitarbeitern des M.T.A. Institutes in Ankara, allen voran Herrn General-Direktor Dr. S. Alpan, für das Zustandekommen dieser Arbeit, sowie für die zuteilgewordene Hilfe ergebendst zu danken.

Herrn Prof. Dr. R. Brinkmann sowie den Herren Dr. Felser, Dr. mont. Dipl. Ing. K. Wiesner, Dr. W. Frisch und Dr. G. Riehl-Herwirsch danke ich für die gewährte Unterstützung bei der Ausarbeitung der Dissertation.

## 1. EINFÜHRUNG

### 1.1. ZUSAMMENFASSUNG

Die am Nordende der Halbinsel Karaburun auftretenden Sedimente wurden in eine altpaläozoische Sattelgruppe mit ordovizisch-gotlandischem Alter, eine im Süden anschließende devonische Muldengruppe, sowie ein über beide Seiten transgredierendes Mesozoikum unterteilt; An gebirgsbildenden Phasen wurde neben der alpidischen die varistische nachgewiesen; eine kaledonische Faltung konnte nicht belegt werden.

Die Zinnerlagerstätte Kalecik liegt im Scheitel einer paläozoischen Antiklinale, in welcher sich aufsteigende Erzlösungen finden und ein Bruchsystem in der Scheitelzone vererzten. Die Herkunft der Erzlösungen wird metallogenetisch mit einem von basisch zu sauer differenziertem Vulkanismus an der Wende Miozän-Pliozän in Zusammenhang gebracht.

## 1.2. GEOGRAPHISCHE LAGE

Die Halbinsel Karaburun ist der Westküste der Türkei vorgelagert und liegt somit in der östlichen Ägäis. Eine schmale Landbrücke unmittelbar bei der Stadt İzmir verbindet Karaburun mit dem kleinasiatischen Festland. Die N-S-Er-streckung der Halbinsel ist knapp 60 km und sie bedeckt eine Fläche von rund 1600 km<sup>2</sup> (vgl. Tafel Nr. I, Lagekarte).

Das in der vorliegenden Arbeit untersuchte Gelände liegt am nördlichen Ende dieser Halbinsel im Bereich der gleichnamigen Ortschaft Karaburun und deckt eine Fläche von rund 35 km<sup>2</sup>.

Der Ort Karaburun ist von İzmir aus nach 110 Strassenkilometern, bei einer Entfernung von rund 65 km Luftlinie in nordwestlicher Richtung zu erreichen.

## 2. DIE HALBINSEL KARABURUN

### 2.1. REGIONALSTRATIGRAPHISCHE STELLUNG DER HALBINSEL KARABURUN

Die Halbinsel Karaburun bildet zusammen mit der griechischen Insel Chios eine tektonische Einheit, die sich im Süden mit der Insel Samos, Lipsos und Leros, der westlich gelegenen griechischen Inselwelt, der europäischen Halbinsel Euböa und der kleinasiatischen Westküste im Osten gut parallelisieren lässt. Im Norden reicht die Einheit bis zum Marmarameer und in den Raum von Istanbul (Paeckelmann, 1939).

Philippson (1911) hat diese Einheit als das Ostägäische Faltengebirge bezeichnet.

Es besteht aus Kristallin, Alt- und Jungpaläozoikum mesozoischen Schichten und jungen limnischen Ablagerungen. Die rahmenbildenden Massive sind das Kykladenmassiv im Westen und das Menderes Massiv im Osten. Die Streichrichtung des Faltenzuges ist in diesem Räume vorwiegend NNW-SSE. Nördlich von Chios-Karaburun schwenkt dieser Faltenzug in NE-Richtung bei gleichzeitiger fazieller Verbreiterung, bedingt durch das Auseinanderrücken der beiden Massive. Im Räume Istanbul hat die Richtung fast in eine ostwestliche umgeschlagen, was durch das nördlich vorgelagerte Rhodope Massiv bedingt sein dürfte.

Zwischen Karaburun und der Insel Chios liegen die Spalmatori-Inseln, welche aus einerhalbmetamorphen Serie aufgebaut sind, für die Ktenas (1925) altpaläozoisches bis algonkisches Alter annimmt.

Sie bilden eine Antiklinale, an deren westlichen und östlichen Seiten die Synklinalen von Chios und Karaburun anschliessen. Diese Tatsache hat schon Teller (1880) bei seinem Besuch auf Chios erkannt.

Die Halbinsel Karaburun stellt eine Synklinale dar; sie gehört einem östlichen Strang des Ostägäischen Faltenzuges an.

## 2.2. LITERATURÜBERSICHT

Erster Bearbeiter der Halbinsel war Philippson (1911), der dieses Gebiet in seine Studien über das westliche Kleinasien miteinbezog. Da er auch die der Halbinsel Karaburun nahe gelegene Insel Chios bereist hat, zeigte er weitgehende fazielle Übereinstimmungen beider Einheiten auf. Von ihm stammt auch ein—wenn auch kurzer—Befahrungsbericht über die Zinnobergrube von Kalecik vom 15. Mai 1904.

Ktenas (1925) hat in seinen Studien über die Insel Chios auch auf die Halbinsel Karaburun ausgedehnt. Er stellte eine gemeinsame Stratigraphie auf, in welcher er die Denizgirenschichten im NW-Teil der Halbinsel mit den im Westen der Insel Chios auftretenden Schichten von Keramos und Paparia parallelisierte und sie in das U-Devon einstuft. Als Basis dieser mächtigen, vorwiegend klastisch aufgebauten Transgressionsserie sah er eine halbmetamorphe Serie an, aus denen die Spalmatori-Inseln aufgebaut sind und die er in das Algonkium stellte.

Den Kalk von Kalecik stuft er nach einer Schichtlücke in das untere Oberdevon und verglich ihn mit dem Kalk von Agrelopos auf der Insel Chios. Nach einer neuerlichen Diskordanz stellte Ktenas Mittelkarbon und Oberkarbon transgredierend über den älteren Schichtgliedern fest. Er unterschied die Schichten von Yaila (Westfal) und die von Lythri (Ural). Beide finden wieder ihre Äquivalente auf der Insel Chios in dem Karbon von Kardamila und Kambia.

Triadisch sind die Massive des Akdağ auf Karaburun und des Elias auf Chios, die diskordant auf den älteren Schichten liegen.

Paeckelmann (1939) bereiste nur Chios, doch stellte er an Hand von Literaturangaben eine gemeinsame Stratigraphie der östlichen Ägäis zusammen. Den Kalk von Agrelopos stuft er in das Untere Devon ein, die Schichten von Keramos und Paparia in das Ordovizium. Seine Ansichten stimmen sonst weitgehend mit denen von Teller (1880), Philippson (1911) und Ktenas (1925) überein.

Kalafatçioğlu (1961) bringt erstmals eine geologische Karte der gesamten Halbinsel im Masstab 1:200 000. Der Kalk von Kalecik wird von ihm nicht eingestuft. Als älteste Schichtglieder der Halbinsel betrachtet er die Schichten von Denizgiren, für die er das von Ktenas angesetzte Alter (Devon) beibehält. Im Süden der Halbinsel kann er Karbon belegen. Das Akdağ Massiv hält er für triadisch, ohne diese durch Fossilfunde nachweisen zu können.

Eine neue Arbeit von Kauffmann (1965) betrifft zwar nicht unmittelbar die Halbinsel Karaburun, sondern das als Unterkarbon erkannte Gebiet um Kardamila auf Chios. Neben karbonischen Fusulinenkalken wird Altpaläozoikum, Silur, sowie Ober- und Unterdevon wie auch Unterkarbon durch eine reiche Fauna (Conodonten, Graptolithen, Trilobiten, Algen, Productiden) belegt. Trotz zahlreicher Fossilbestimmungen kann eine Stratigraphie von diesem tektonisch überaus stark überprägten Gebiet nicht gegeben werden.

Höll (1966) stellt eine Stratigraphie des Gebietes um die Quecksilberlagerstätte Kalecik auf. Er greift auf bereits vorhandene Literatur zurück und setzt die Denizgirenschichten in das Ordoviz bis mittleres Gotlandium; er zieht zwischen diesen Schichten und dem von ihm als auflagernd angesehenen Kalk von Kalecik

eine Diskordanz. Auf Grund dieser Deutung leitet er eine jungkaledonische Faltung dieses Raumes ab.

Auf den Kalk von Kalecik folgt nach Höll konkordant eine stark faziesverzahnte Sedimentfolge mit zwischengeschalteten submarinen Eruptionen, die er als Schichten von Kalecik bezeichnet, in welchen der Zinnerbergbau umgeht. Diesen Vorstellungen gemäss leitet er eine synsedimentär-exhalative Entstehungstheorie für die Lagerstätte von Kalecik ab.

### 2.3. STRATIGRAPHIE UND PETROGRAPHIE

Das im Masstab 1:25 000 kartierte Gelände umfasst etwa 35 km<sup>2</sup> und stellt den nordöstlichen Teil der Halbinsel dar (vgl. Tafel Nr. I). Das die Zinnergrube Kalecik unmittelbar umgebende Gelände in der Grosse von 1,7 km<sup>2</sup> wurde im Masstab 1:2 000 im Detail aufgenommen (vgl. Tafel Nr. II).

Mit Hilfe einer lithologischen Ausscheidung und Fossilbestimmungen konnten prinzipiell 5 stratigraphische Einheiten ausgeschieden werden.

1. Die «Schichten von Kalecik», welche als die ältesten im Arbeitsgebiet auftretenden Schichtglieder erkannt wurden und einen altpaläozoischen Sattel bilden, dessen Achse NW-SE gerichtet ist. Das Alter konnte durch Fossilbestimmungen nicht belegt werden, doch wird auf Grund der Überlagerung dieser Serie von obergotlandischem Kalk ein gotlandisch-ordovizisches Alter angenommen. Das Liegendste dieser Serie sind die im Grubenbereich auftretenden Schichten.
2. Der «Kalk von Kalecik», für welchen obergotlandisches Alter durch Fossilfunde nachgewiesen werden konnte, überlagert die «Schichten von Kalecik» konkordant und wird als hängendstes Schichtglied der altpaläozoischen Sattelgruppe angesehen.
3. Im SW wird diese altpaläozoische Sattelgruppe von einer vermutlich devonischen, mächtigen, klastischen Serie der «Schichten von Denizgiren» in Muldenform überlagert. Es ist nicht erwiesen, ob diese Serie, deren Muldenachse ebenfalls ungefähr NW-SE verläuft, diskordant auf der Sattelgruppe aufrucht, doch wird aus mehreren Indizien eine vorangegangene kaledonische Gebirgsbildung vermutet. Das Alter dieser Serie konnte durch Fossilbestimmungen nicht eingestuft werden, doch wird in Analogie zur Entwicklung des vorderasiatischen Paläozoikums (Flügel, 1964) ein mitteldevonisches Einsetzen der Transgression vermutet.
4. Diskordant auf den altpaläozoischen Einheiten liegt ein mesozoischer Schichtenkomplex, die «Akdağ-Serie». Die Auflagerung liegt in Form einer Mulde vor, deren Achsenstreichen im deutlichen Winkel zu dem altpaläozoischen Bauplan steht und etwa N-S gerichtet ist. Die Basis dieser Serie bilden Konglomerate, Schiefer und Sandsteine, die von Kalcken überlagert werden. Fossilfunde aus den hangenden Kalkpartien weisen für diese Schichtglieder oberjurassisches Alter nach.
5. An den Küsten lagern sich limnische, jungtertiäre Sedimente in 2 Abfolgen mit einer Gesamtmächtigkeit von rund 100 m an. Für die obere der beiden Serien wurde Daz nachgewiesen.

### 2.3.1. Die Schichten von Kalecik

Wenn man vom Ort Karaburun aus kommend die steile Strasse zum Bergbau Kalecik hinauffährt, überquert man bei Seehöhe 400 m NN einen mesozoischen Kalkzug, der gegen die Küsten hin in steilen Abbrüchen absinkt. Das sich zeigende Hochplateau wird aus den Schichten von Kalecik aufgebaut, die hier in bezug auf ihre Mächtigkeit und ihre Abfolge am günstigsten etwa 700 m quer zum Streichen aufgeschlossen sind. Die antiklinale Lagerung wird durch den Geländeanschnitt offenbar, wobei die tiefsten Schichtglieder im Kern zutage treten. Die Sattelachse streicht in nordwest-südöstlicher Richtung.

Unmittelbar in NW und SE wird der Sattel von tertiären Basalten überlagert, während er weiter südöstlich unter transgredierendem Mesozoikum verschwindet. Gegen NW hin ist er nur in den hangenden Partien aufgeschlossen und wird alsbald von einem mesozoischen Grabenbruch überdeckt. Am nördlichen Zipfel dieses NW-SW streichenden Grabens werden die Schichten der Sattelgruppe in einem Erosionsfenster, 1 km nordöstlich von Bozköy wieder aufgeschlossen.

Die tiefsten Schichten treten im Kern der Antiklinale zutage und bestehen aus einer Serie, welche als Olisthostrom erkannt wurde (vgl. 3.1.1.). Dieses bildet die liegende Grubenserie, auf welcher nach einem sandsteinartigen Übergangsglied und einem gelben, sandigen Kalkband die hangende Grubenserie, ein marmorartiger, hochkristalliner Kalk folgt.

Im Hangenden dieser Grubenserien folgen Sandsteine, Grauwacken, feine bis grobe Konglomeratbänke, Lydite, Quarzite, rote hornsteinartige Quarzite, Diabastufflagen, sowie vermutlich auch Diabasergüsse. Vereinzelt sind dieser Serie auch Kalklinsen eingeschaltet, die mitunter Hornsteineinlagerungen zeigen.

Es war im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich, diese Schichtfolge im Detail auszukartieren. Dies lag vor allem an dem ständigen Fazieswechsel in dieser Serie, der oft im Meterbereich vor sich ging. Überprägend wirkt eine starke Tektonik und die ungenügenden Aufschlüsse machten eine Auskartierung dieser Serie im Masstab 1 : 25 000 unmöglich.

Eine ähnliche Serie war bislang aus dem ostägäischen Räume nicht beschrieben worden. Erst Kaufmann (1965) hat auf der Karaburun im Westen benachbarten Insel Chios bei Kardamila für eine bisher als jungpaläozoisch aufgefasste Serie mit Hilfe zahlreicher Fossilbestimmungen älteres Paläozoikum nachweisen können. Diese Serie ist lithologisch durchaus mit der von Kalecik zu vergleichen; so machte auch wie in Chios der starke Gesteinswechsel und die intensive Tektonik ein Auskartieren der Serie unmöglich. Da beide Serien in etwa derselben stratigraphischen Position liegen und räumlich — etwa in Schichtstreichen — nur 17 km in E-W-Richtung getrennt sind, kann angenommen werden, dass es sich hier um stratigraphische Äquivalente handelt.

Leider konnten auf Karaburun keine Makrofossilien gefunden werden und Untersuchungen auf Mikrofossilien (Conodonten) blieben erfolglos.

Es ist nicht möglich, für die Schichten von Kalecik eine Gesamtmächtigkeit anzugeben. Ebenso ist die Basis dieser altpaläozoischen Sattelgruppe nirgends aufgeschlossen, sodass das Liegende unbekannt ist.

## Schichtfolge auf der nördlichen Halbinsel Karaburun

Pliozän		Flusschotter Tuff	Basalte	<i>Melanopsis</i> sp. <i>Melania</i> sp. <i>Hydrobia</i> sp. <i>Pupilla</i> sp.
Neogen		Ton Mergel Kalk Sandstein Konglomerat		
Schichtlücke				
Jura	Akdag-Massiv	Kalk Synorogene Kalkbreccie		<i>Actinostromaria</i> sp.
Trias (?)	Akdag-Massiv	Kalk Schiefer Sandstein Konglomerat		
Schichtlücke				
Granite				
M-Devon (?)	Denizgirenschichten	Sandsteine Quarzite Konglomerate Arkosen Kieselschiefer Grauwacken		
Schichtlücke				
O-Gotlandium	Kalk von Kalecik	Kalk dunkler Fossilkalk sandiger Kalk		<i>Entelophyllum</i> sp. <i>Paläofavosites</i> sp. <i>Columnaria</i> sp. <i>Calymene</i> sp.
O-Gotlandium (?) U-Gotlandium (?) Ordovizium (?)	Schichten von Kalecik	Grauwacke Diabastuff Konglomerat rote, hornstein- artige Quarzite Quarzite Kalke Sandstein Olisthostrom		

Auf Grund der Überlagerung vom altersmässig als obergotlandisch eingestuften «Kalk von Kalecik» kann für die «Schichten von Kalecik» ein gotlandisch ordovizisches Alter angenommen werden.

### 2.3.2. Der «Kalk von Kalecik»

Unmittelbar im Hangenden der «Schichten von Kalecik» folgt der «Kalk von Kalecik», der sich morphologisch als schroffer Hügelzug ausnimmt und das Plateau, welches durch die Schichten von Kalecik gebildet wird, im SW begrenzt.

Seine Auflage auf den «Schichten von Kalecik» ist im kartierten Bereich vorwiegend tektonisch und er ist sogar südlich und südwestlich der Grube durch ein hochgepresstes Serpentinband von seiner stratigraphischen Unterlage getrennt. Nur südöstlich der Grube kann in einem durch Bruchverwerfungen gebildeten Horst die konkordante Auflagerung beobachtet werden (vgl. Tafel Nr. II). Er liegt dort mit einer deutlichen kalkig-sandigen Übergangsbildung konkordant auf den «Schichten von Kalecik» auf, streicht NNW-SSE und fällt nach WSW ein. Die Basis dieses Kalkes ist von dunkler bis schwarzer Farbe und ausgesprochen fossilreich. Gegen das Hangende wechselt die Farbe des Kalkes in ein Grau über und wird in den obersten Bereichen weiss bei zunehmender Kristalinität, wobei er mit dem Wechsel der Farbe auch seinen Fossilreichtum verliert. In dieser Ausbildung, weis, massig, stark kristallin, tritt er in nördlichen Bereichen des Kalkzuges auf, ohne dass noch einmal seine fossilreiche Basis zum Vorschein käme.

Herr Dr. K. O. Felser konnte bei Bearbeitung der Fossilien, die aus der Basisbildung südöstlich der Grube stammen, folgende Ergebnisse erzielen :

*Paläofavosites* sp.

*Entelophyllum* sp.

Crinoidenreste

Ferner seien die in vorhandener Literatur angegebenen Bestimmungen hier wiedergegeben (Höll, 1966):

*Entelophyllum articulatum* (Wahlenberg)

*Spongophylloides* cf. *perfectus* (Wedekind)

*Columnaria breviradiata* (Weissermel)

*Thamnopora reticulata minor* (Weissermel)

«*Heliolites* n. sp.» (Weissermel, 1938)

*Platyorthis* cf. *cimex* (Kozłowski)

*Leptaena rhomboidalis* (Wilckens)

*Camarotoechia nucula* (Sowerby).

*Camarotoechia* aff. *bieniaszi* (Kozłowski)

*Camarotoechia* sp.

«*Rhynchonella*» *henrici* (Barrande)

*Calymene* sp.

Crinoidenreste

Ktenas (1929), Paeckelmann (1939) und ihnen folgend Höll (1966) vergleichen den «Kalk von Kalecik» mit dem auf der Insel Chios auftretenden Kalk

von *Agrelopos* und vermuten — da beide Faunen übereinstimmen —, dass es sich bei den Kalken um stratigraphische Äquivalente handelt. Nach vorliegenden Fossilbestimmungen scheint die Vermutung von Paeckelmann (1939) und die Ansicht von Höll (1966) bestätigt, dass vorliegender Kalk obergotlandischen Alters ist.

Die Mächtigkeit dieses Kalkes beträgt südlich der Zinnergrube etwa 70 m, nimmt jedoch in Richtung NW zu und beträgt südlich von Bozköy mindestens 150 m.

Die tektonische Überprägung des Kalkes ist so stark, dass wohl eine Reihe von Störungsrichtungen an Klüften und Verwerfern zu messen waren, jedoch die Streichrichtung und das Einfallen des Kalkes mit Ausnahme der Basis nicht mehr zu erkennen war.

Da der Kalk von Kalecik als harter Kern zwischen weicheren Schichten wie Schiefen und Grauwacken liegt, wurde er bei der starken tektonischen Beanspruchung gleichsam ausgespiest. Seine nordöstliche Flanke begleitet ein hochgepresster Serpentinzug (vgl. 2.5.), der wohl auf ein tiefer greifendes Störungssystem schliessen lässt, während seine SW-Flanke tektonisch von intensiv gefalteten Schiefen der «Denizgireschichten» begrenzt wird.

### 2.3.3. Die Schichten von Denizgiren

Südwestlich des Kalkzuges vom «Kalk von Kalecik» liegt eine mächtige klastische Gesteinsabfolge, die Schichten von Denizgiren. Ob diese Serie, welche ungefähr das gleiche Streichen wie die Kalecikkalke aufweist, nämlich NW-SE, konkordant oder diskordant auf den Kalken auflagert, konnte nicht geklärt werden, da in allen Fällen die Gesteinsgrenze tektonisch überprägt war. Durch die starke Tektonik war es — wie schon erwähnt — zu einer Verschiebung zwischen den lithologisch verschieden gearteten Medien Kalk und Grauwacken gekommen.

Etwa 50-80 m nach Einsetzen dieser Serie mit Sandsteinen, Grauwacken und Schiefen, folgen Konglomeratlagen sowie Kalk-Trümmersedimente, die aus dem Kalk von Kalecik stammen. Dies konnte an Hand der Identität der Fossilien in der dunklen Basisbildung einerseits und in den Kalk-Trümmersedimenten sowie in den bis zu kürbisgrossen Kalkgeröllen in den Sandsteinen und Konglomeratlagen andererseits festgestellt werden.

Bei den Fossilien handelt es sich um

*Acervularia* sp.

*Entelophyllum* sp.

Crinoidenreste

Da die Kalk-Trümmersedimente in das sedimentäre eingeregelt wurden und diese Trümmer im Schichtstreichen immer wieder gehäuft auftreten, wird vermutet, dass mit dieser Richtung die devonische Strand-Brandungslinie wiedergegeben wird. Diese Richtung streicht etwa mit 40° spitzwinkelig zum Kalk von Kalecik (vgl. Tafel Nr. II). Diese Tatsache, sowie die rasche Abtragung, wie sie durch Konglomerate und Trümmersedimente in Küstennähe verdeutlicht wird, lässt auf eine rasch übergreifende Transgression nach vorangegangener Bewegung schliessen. Eine Transgression nach vorausgegangener Orogenese würde ein ähnliches Bild ergeben.

Die Denizgiren-Serie gehören neben den schon erwähnten Sandsteinen, Grauwacken und Quarziten auch heterogene Konglomeratlagen, Arkosen und Kiesel-schiefer an. Die Gesamtmächtigkeit wird von Ktenas (1925) mit rund 3000 m angegeben. Die Streichrichtung ist NW bis NNW bei gleichzeitigem generellen Einfallen nach SW. Messungen von Faltenachsen ergaben Werte von 320° mit 20° Einfallen.

Obwohl mit Ausnahme von Crinoidenstielgliedern, die Höll (1966) in eingelagerten Kalkhorizonten bei Küçükbahçe fand und Psilophytenresten, die er aus einer Fundstelle unweit der Grube Kalecik beschreibt, keine Fossilien in dieser Serie bekannt sind, hält Höll auf Grund der Psilophytenreste sowie einer vermeintlichen Transgression des Kalkes von Kalecik über den Denizgirenschichten ein ordovizisches bis untergotlandisches Alter dieser Serie für erwiesen.

Die Tatsache, dass jedoch Reste des Kalecikkalkes als Gerolle und Blöcke in vorliegender Schichtfolge zu finden sind, stellt die Altersabfolge beider Einheiten klar. Auf Grund der Analogie zur allgemeinen Entwicklung des vorderasiatischen Paläozoikums (Flügel, 1964) wird für diese Transgressionsserie mitteldevonisches Alter vermutet.

#### 2.3.4. Die Akdağ-Serie

Etwa 700 m südöstlich der Grube Kalecik steht eine Konglomeratfolge an, die im Hangenden in Sandstein, Schiefer und schliesslich in Kalk übergeht (vgl. Tafel Nr. II). Der Kalk ist dort hell, sehr dicht, bricht muschelrig und birgt keinerlei Fossilien. Erst in den höheren Bereichen dieser mächtigen Kalkabfolge konnten unmittelbar bei der Strasse, die nach Karaburun führt, bei dem Weiler Tepecik Köyü Fossilien geborgen werden.

Herr Dr. K. O. Felser konnte bei der Bearbeitung dieser Fossilien folgende Bestimmungen treffen:

*Actinostromaria lugeoni*

Algenreste

Die Hydrozoa weist somit für jenen Kalkhorizont oberjurassisches Alter nach.

Es wird vermutet, dass die Abfolge von Konglomerat, Sandstein und Schiefer, welche SE der Grube anstehen, die Basis der mesozoischen Transgressionsserie bilden. Leider ist nirgends eine unmittelbare Auflage des Konglomerats auf stratigraphisch tiefere Horizonte aufgeschlossen, da die westlichen Gesteinsgrenzen tektonische Flächen darstellen und nördlich jungtertiärer Basaltdecken den Sachverhalt verdecken.

Das Streichen der Formation ist etwa NNE-SSW mit flachem bis mittelteiltem Einfallen gegen ESE. Es liegt demnach der nordwestliche Flügel einer triadischen Synklinale vor, deren Achse in klarer Divergenz zu den paläozoischen Synkinal- und Antiklinalachsen steht, die NNW-SSE streichen. Im Bereich der nördlichen Halbinsel Karaburun schneidet nun die triadisch-jurassische Synklinale den altpaläozoischen Sattel mit den Schichten von Kalecik in einem fast rechten Winkel.

Neben dieser deutlichen Transgressionsserie im SE des Arbeitsgebietes tritt der massive mesozoische Kalk auch an dem schon erwähnten Steilabbruch des Hochplateaus von Kalecik gegen die NE-Küste hin auf. Hier liegt das mesozoische Kalkpaket in Form eines Grabenbruches neben den Schichten der altpaläozoischen Sattelgruppe und streicht parallel mit der NE-Küste. Der südlich Bereich des Grabenbruches ist 1,5 km westlich von Kalecik durch Auftreten synorogener Kalk-Breccien gekennzeichnet.

Das Basis-Konglomerat, welches skythisch sein dürfte, hat eine sichtbare Mächtigkeit von mindestens 100 m und besteht aus vorwiegend gut gerundeten Komponenten bis zu Hühnereigrösse, die durch ein kieseliges Bindemittel verbunden sind. Im Liegenden sind auch Einlagerungen von grossen Kalkblöcken festzustellen, die aus einer Brandungszone stammen dürften. Auffallend ist die grosse Zahl von Quarzgeröllen neben Sandsteinen, Hornsteinen, Kalken sowie Diabasen. Lydite konnten keine entdeckt werden.

Der Sandstein, der auf das Konglomerat mit einer Mächtigkeit von rund 40-60 m folgt, ist stets stark karbonatisch, mit auffallenden Serizithäutchen an den frischen Bruchflächen. Im Sandstein ist ein etwa 20-30 m starkes Schieferband eingelagert.

Im Hangenden des Sandsteins folgt dann der Kalk mit einer deutlichen sandig-kalkigen Übergansbildung, die rötlich gefärbt ist und völlig fossilfrei ist. Der Kalk selbst ist stets dicht und massig und lässt niemals einen Schluss auf seine Streich- und Fallrichtung zu.

Nach etwa 30 m geht die Rotfärbung des Kalkes in eine Gelbfärbung über, um nach weiteren 30 m im Hangenden in ein reines Weiss überzuwechseln. Die Gesamtmächtigkeit dieser Trias-Jura-Serie (Akdağ-Serie) ist beträchtlich. Die geschilderte Transgression liegt auf einer Seehöhe von 550 m NN und Gipfelzug des Akdağ ist über 1200 m hoch, sodass für das Mesozoikum eine Gesamtmächtigkeit von mehreren 100 m gesichert ist.

### **2.3.5. Die jungtertiären Sedimente**

An den Küsten lagern sich jungtertiäre Sedimente dem älteren Bau an. Sie beginnen mit einem Basiskonglomerat, in welchem neben einem Querschnitt aus sämtlichen Gesteinen des Einzugsgebietes auch Basaltgerölle beteiligt sind. Da jedoch auch Basalte beobachtet wurden, die diese Sedimente durchbrechen (im N-Teil des Arbeitsgebietes), sind mindestens zwei jungtertiäre Basalruptionen in diesem Gebiet nachweisbar.

Auf dem Konglomerat folgt eine Serie von sandigem Mergel und Sandsteinen. Den Abschluss scheinen harte limnische Kalke zu bilden, die in allen Fällen über den Basalten zu liegen kommen.

Akartuna (1962) hat das Neogen im Räume İzmir genauer bearbeitet. Er gliedert diese jungmiozänen Schichten in eine untere und eine obere Serie und betont, dass die untere Serie oft durch vulkanische Gesteine abgeschlossen wird.

Untere Serie : Konglomerate, Sandsteine, Mergel, Ton,  
Kalkstein, vulkanischer Tuff.

Obere Serie : Kalkstein, Mergel, Ton, vulkanischer Tuff.

Fossilfunde, welche von der Halbinsel Karaburun stammen, lassen für die obere Serie ein dazisches Alter oder zumindest ein Alter nahe dem Daz vermuten.

*Bulimus* cf. *tentaculatus* L.  
*Melanopsis* (*Canthidomus*) sp. (aff. ? *hybostoma* Neum.)  
*Melanopsis* (*Melanopsis*) *sandbergeri* var. cf. *rumana* Tourn.  
*Melanopsis* sp.  
*Melania* (*Melanooides*) *tuberculata* Müll.  
*Melania* (*Melanooides*) cf. *tuberculata* Müll.  
*Melania* (*Melanooides*) *curvicosta* Desh.  
*Melania* (*Melanooides*) sp.  
*Lymnaea* (*Stagnicola*) sp. (aff. *palustris corvus* Gmel.)  
*Planorbarius thiollierei* Mich.  
*Hydrobia* sp.  
*Helix eobania* sp.  
*Pupilla* sp.  
*Theodoxus*

Die neogenen Sedimente, deren Mächtigkeit etwa 100 m und darüber betragen mag, wurden an der Wende Miozän/Pliozän von Ausläufern der alpidischen Gebirgsbildung erfasst und in einzelne Schollen zerlegt. Obwohl ein flaches Einfallen dieser Schichten vorherrscht, sind örtliche Steilstellungen bis zu etwa 40° nicht selten. Die bevorzugte Streichrichtung der Brüche ist wieder NW-SE.

### 2.3.6. Pliozäne Ablagerungen

Auf einer Anhöhe (500 m NN), ungefähr 400 m SW von den Grubengebäuden entfernt wurden auf Basalt, der die Denizgireschichten durchschlagen hat, pliozäne Fluss-Schotter beobachtet.

Alluviale Ablagerungen: In den Flusstälern, Talniederungen und Küstenebenen sind alluviale Sand und Schotterlagen anzutreffen.

## 2.4. TEKTONIK UND VULKANISMUS

Eine alpidische, germanotype Tektonik prägt das heutige Landschaftsbild um Karaburun. Die tertiäre Hochfläche wurde von einer Einbruchstektonik erfasst und in Horste, Gräben und Schollen zerlegt. Diese Zerstückelung wurde begleitet von einer intensiven Zerklüftung und Zerschering des Gebirges, welche uns in den Kalken bestens erhalten ist. Lithologische, weichere Partien haben auf diese Beanspruchung durch weitgehende Verdrückung, Mylonitisierung und Auflösung des Schichtverbandes reagiert.

Bei der tertiären Tektonik können drei Hauptrichtungen bezüglich ihrer zeitlichen Abfolge ausgeschieden werden.

Die älteste und zugleich vorwiegende dieser drei Richtungen ist jene, die den Gesteinsverband in NW-SE streichende Gräben und Horste zerlegte. Landschaftsprägend ist jener Einbruch mesozoischer Kalke, der die nordöstliche Flanke des Hochplateaus darstellt und zugleich an der Küstenbildung der Halbinsel beteiligt ist. Dieser Einbruch reicht von Bozköy im Norden bis weit nach Süden über das bearbeitete Gebiet hinaus, bei einer Grabenweite von 1-2 km. Die Absenkung,

die in mehreren Staffeln erfolgte, hat mindestens 400 m betragen. Die randliche Einfassung erfolgt im SW von der altpaläozoischen Sattelgruppe und im NE von neogenen Sedimenten und Basalten; nur am nördlichen Ende kommen die Schichten der Sattelgruppe unter dem Neogen wieder zum Vorschein.

Nordöstlich dieses Grabenbruches scheint ein weiterer Graben zu liegen, der jedoch nur im Form einer Felsklippe aus mesozoischen Kalken an der N-Spitze der Halbinsel über dem Meeresspiegel sichtbar ist.

Es bietet sich also ein gestaffeltes System von Gräben und Horsten dar, welche NW-SE streichen und gegen NE der Ägäis zu abfallen.

Die zweite Störungsrichtung — altersmässig jünger einzustufen — ist nach ENE orientiert. Besondere Eigenschaft dieser Richtung ist es, neben einer vertikalen Verstellung auch horizontale Verschiebungen ausgelöst zu haben. Dieser Schub, der von WSW in Richtung ENE wirkte, hat den Zug des «Kalkes von Kalecik» zerschert und in Richtung ENE geschoben und zwar umso weiter, je westlicher die Teilstücke lagen (Rechtsseitenverschiebung).

Der Grund dieser etwas einseitig wirkenden Tektonik mag vielleicht darin liegen, dass das mesozoische Massiv als Widerlager gedient haben mag, in welchem der Kalk von Kalecik mit dem südöstlichen Flügel wie ein eingespannter Träger verkeilt war, während der nordwestliche Flügel durch die sich in diesem Räume frei entfaltende Tektonik aufgefiedert wurde.

Neben der horizontal wirkenden Komponente hat die vertikale Verstellung Horste gebildet. So werden Schichten der altpaläozoischen Sattelgruppe hart südlich des Hisarcık Kayası durch eine solche Bildung wesentlich tiefer und somit auch quer zum Streichen breiter aufgeschlossen. Heute liegt dieser Horst morphologisch als Tal vor, da die Grauwacken der altpaläozoischen Sattelgruppe leicht erodierbar sind, im Gegensatz zu den mesozoischen Kalken, die verkarstet und wasserdurchlässig sind und daher in weit geringerem Masse abgetragen werden.

Ein zweiter Horst, der auf diese Störungsrichtung zurückgeht, lässt die mesozoische Basisbildung westlich des Kaplankaya Tepe zwischen mesozoischen Kalken zu liegen kommen.

Die dritte und jüngste der drei Störungsrichtungen ist nach NNE gerichtet. Auch auf sie sind Grabenbildungen zurückzuführen. Sie lässt den gesamten mesozoischen Schichtenkomplex 500 m westlich der Zinnobergrube Kalecik dem westlich gelegenen Paläozoikum gegenüber absinken. Aus diesem Grund ist im vorliegenden Arbeitsgebiet die Transgression des Mesozoikums über ältere Schichten nicht aufgeschlossen.

Neben dieser jungen, der alpidischen Ära zugeordneten Tektonik, ist noch eine ältere feststellbar. Die altpaläozoische Sattelgruppe ist, soweit dies in den aufgeschlossenen Kalten sichtbar ist (Grauwacken lassen Störungen nicht so deutlich werden), von einem Störungssystem betroffen worden, das sich von den drei vorangegangenen in seiner Richtung deutlich abhebt. Es ist dies eine Richtung, die NNW-SSE läuft. Diese Tektonik hat die untere Serie der Sattelgruppe (Kalk und Olisthostrom) durch eine Horstbildung an die heutige Oberfläche gebracht.

Der Horst ist 250 m breit und liegt etwa im Scheitel des Sattels. An der Westseite des Horstes hat sich ein etwa 30-50 m breiter Kalkzug als Horst im Horste, obzwar mit seinem Nordende nach unten verkippt, erhoben; er wurde für die Lagerstättenbildung bedeutsam. Er stellte das Ausgangsmaterial des Çakmaks dar, der eine mit Zinnober vererzte, verkieselte Kalkscholle ist.

Da dieses Störungssystem die mesozoischen Sedimente nicht mehr erfasst, scheint es in der varistischen Orogenese angelegt worden zu sein, doch ist auch kaledonischer Ursprung möglich. Wie schon erwähnt, tritt die NNW-SSE-Richtung deutlich in den Kalken der liegenden Serie der altpaläozoischen Sattelgruppe auf, kann aber in der devonisch eingestuften Transgressionsserie der jungpaläozoischen Muldengruppe nicht einwandfrei nachgewiesen werden, da sich in Schiefen und Grauwacken vorhandene Störungen weit weniger gut erkennen lassen.

Die Tatsache, dass die neogenen Sedimente des Daz von einer NW-SE-Richtung zerbrochen und steilgestellt wurden (hart südlich des Ortes Karaburun), belegt die jüngste postalpidische, die rhodanische Phase, in diesem Raum.

2.5. VULKANISMUS

Im Gefolge der alpidischen Einbruchstektonik sind jungtertiäre Effusiva aufgedrungen. Dass mindestens zwei, jedoch wahrscheinlich mehrere Eruptionen stattgefunden haben, wurde schon erwähnt; sie haben im engeren Arbeitsgebiet einen basaltischen Habitus.

Herr Dr. W. Frisch hat zwei Schiffe von getrennt gelegenen Effusivkuppen unter dem Integrationsokular ausgezählt und konnte folgende Werte feststellen :

	<i>aus Grubennähe</i> (%)	<i>aus Küstennähe</i> (%)
<b>Plagioklas</b> .....	55	41
<b>Augit</b> .....	24	33,5
<b>Akzessorien (Epidot, Karbonat, Erz)</b> .....	2	3
<b>Glas</b> .....	19	22,5
	<hr/> 100	<hr/> 100
<b>Dunkelzahl M</b> .....	26	36,5
<b>Dunkelzahl M nach Abstrahierung des Glases..</b>	32	47
Name des Gesteins nach Streckeisen (1966) (Grenze Andesit/Basalt bei M=40) . . . . .	Augitandesit	Basalt
nach vielfach üblichem Kriterium :Anorthit- gehalt der Plagioklase (Grenze Andesit/Basalt bei 50 % Anorthit). . . . .	Basalt	Basalt

Wie aus dieser Aufstellung ersichtlich ist, haben sich bei den Effusiva bezüglich ihres Plagioklas- und Augitgehaltes kleinere Differenzierungen ergeben. Beide sind jedoch nach einer allgemein gültigen Nomenklatur als Basalt einzustufen. Bei Verwendung des Diagrammes nach Streckeisen (1966) würde für einen Basalt aus dem Grubengebiet der name Augitandesit zutreffen. Dieser Unterschied sei in

vorliegender Arbeit jedoch nicht berücksichtigt, da viel zu wenig Untersuchungen diesbezüglich vorliegen. Es wird also für beide Gesteine der Ausdruck Basalt verwendet.

Es mag von Interesse sein, dass der Basalt aus der Küstenregion entschieden nachdazischen Alters ist, während für den Basalt (nach Streckeisen Augitandesit), der aus dem Grubengebiet, also vom Hochplateau stammt, das Alter nicht definierbar ist und vielleicht älteres Datum in Frage kommt.

Als Zufuhrspalten dürften jene tiefgreifenden Frakturen der alpidischen Gebirgsbildung gedient haben, welche die Sedimente in NW-SE gerichtete Gräben und Horste zerlegt haben. Auf Tafel Nr. I erkennt man deutlich die Orientierung der Basaltergüsse an diese Richtung.

Das Ausfließen der Basalte dürfte zu einem Zeitpunkt erfolgt sein, als die Einbruchstektonik schon weitgehend abgeschlossen war. Tektonische Linien sind in den Basalt hinein nicht mehr verfolgbar und eine vorwiegend NW-SE gerichtete Klüftung, die im Basalt allenthalben anzutreffen ist, dürfte mehr auf die Abkühlungsrisse als auf tektonische Einwirkung zurückzuführen sein.

Neben den Basalten wurden auch Pyroklastika und Lapilituffe gefördert.

Zwischen dem Kalk von Kalecik und den gleichnamigen Schichten der altpaläozoischen Sattelgruppe wurde an einer NW-SE streichenden Gleitbahn (vgl. Tafel Nr. IV, Serpentsprung) im Bereich der Grube und nordwestlich davon ein Serpentin hochgeschleppt. Das Hochschleppen (Hochpressen) des Serpentin erfolgte während der tertiären Einbruchstektonik und vor dem Ausfließen der Basalte. Der Serpentin selbst ist weitgehend zerrieben, verdrückt und zerschert, sodass er zuweilen fast als Mylonit anzusprechen ist.

An der Westflanke des Boztales, an der westlichen Begrenzung des Arbeitsgebietes (vgl. Tafel Nr. I) ist ein Granit aufgeschlossen. Er streckt als Pluton in der devonisch gedeuteten Transgressionsserie der jungpaläozoischen Muldengruppe und ist in seiner tektonischen Stellung als synorogener Magmatismus der varistischen Orogenese zu verstehen. Er könnte somit dem Karbon zugeordnet werden.

In der Hangendserie der altpaläozoischen Sattelgruppe wurde ein auffällig grün gefärbtes, z.T. kantig brechendes Gestein festgestellt, welches vom Gebiet der Grube bis nach Bozköy in der gleichen stratigraphischen Position immer wieder anzutreffen ist.

Nach einer mündlichen Mitteilung von Herrn Dr. G. Riehl-Herwirsch handelt es sich bei einem dieser Handstücke um einen Diabastuff. Es wird somit angenommen, dass während der Sedimentation der hangenden Serien der altpaläozoischen Sattelgruppe ein Diabas-Vulkanismus tätig war, der neben Tuffen auch Diabas gefördert hat.

## 2.6. DIE OROGENESEN

Die rahmenbildenden Massive des ostägäischen Faltengebirges bilden das Kykladmassiv im Westen und das Menderes Massiv im Osten. Beide sind in ihrer Anlage schon in präkambrischen Orogenesen konsolidiert worden, obgleich auch mesozoische Schichten in metamorpher Fazies an ihrem Aufbau beteiligt sind.

Ob nun die im Arbeitsgebiet auftretende altpaläozoische Sattelgruppe einer gebirgsbildenden Phase der kaledonischen Orogenese unterworfen wurde, kann nicht beantwortet werden.

Die schwache Diskordanz, mit welcher die devonischen Denizgireschichten auf dem Kalk von Kalecik auflagern, ist kein Beweis für eine solche. Viel eher dürften epirogene Bewegungen nach einer Regressionsphase des Meeres an der Wende vom Gotlandium zum Devon hin eine Schichtlücke verursacht haben, die bei einer neuerlichen Transgression im mittleren Devon zu dieser scheinbaren Diskordanz geführt hat. Diese Erklärung wäre ganz im Sinne der Vorstellungen von Flügel (1964), der für den vorderasiatischen Raum eine kaledonische Orogenese in Abrede stellt und etwaige Diskordanzen und Transgressionen auf gesteigerte epirogene Bewegungen zurückführt.

Da das Mesozoikum nach bedeutender Schichtlücke - zumindest im vorliegenden Arbeitsgebiet - auf gefaltetem Paläozoikum mit einem Basiskonglomerat aufruht, ist eine varistische Orogenese bewiesen. Ausserdem streicht die Muldenachse der mesozoischen Serie etwa N-S, was in deutlicher Divergenz zum paläozoischen Bauplan steht. Diese deutet auf eine völlige Neu- und Umgestaltung des Sedimentationsraumes hin. Es ist im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich, auch nur annähernd die Phasen, die bei dieser Orogenese gewirkt haben, anzugeben.

Das Auftreten von synorogenen Kalkbreccien 2 km SE von Kalecik, welche wahrscheinlich dem Jura zugeordnet werden müssen, deutet auf Einsetzen der alpinen Orogenese schon zu dieser Zeit hin.

Nach einer Schichtlücke vom oberen Jura bis zum mittleren Miozän liegen neogene Sedimente auf dem gefalteten Paläozoikum und zerbrochenen Mesozoikum. Die alpine Orogenese dürfte ausschliesslich als Bruchfaltentektonik germanotyper Prägung gewirkt haben. Richtige Faltungen treten entschieden hinter einer intensiven Bruchtektonik zurück. Die in den alpinen Räumen uns wohlbekannte Einengungstektonik fehlt, oder kann zumindest nur sporadisch beobachtet werden. Es kann als sicher angenommen werden, dass mehrere der alpidischen Phasen an dieser Gebirgsbildung teilgenommen haben; so ist z.B. die rhodanische Phase durch Faltung (Bruchtektonik) der dazischen Sedimente bewiesen.

### 3. DIE ZINNOBERLAGERSTÄTTE VON KALECİK

#### 3.1. GEOLOGIE IM LAGERSTÄTTENBEREICH

Die Grubenbaue erstrecken sich über das durch Horstbildung abgegrenzte Areal im Scheitel der altpaläozoischen Sattelgruppe (vgl. Tafel II, IV). Der Horst streicht, wie schon in Kapitel 2. 4. erwähnt wurde, NNW-SSE und wird einer varistischen Tektonik zugeschrieben. Im Süden wird dieser Horst, der eine Breite von ca. 30-50 m aufweist, vom nordwest-südöstlich streichenden Serpentin abge schnitten, der somit dort die Lagerstätte abgrenzt. Nach Norden ist der durch mehrere junge Querstörungen versetzte Horst einige hundert Meter weit zu verfolgen. Im Grubenbereich dürfte es seine höchste Sprunghöhe besitzen und zugleich die Scheitellinie des Sattels, welche etwa NW-SE verläuft, im spitzen Winkel schneiden. Der südliche Teil, welcher durch die auflagernden, z. T. verkieselten Kalke des Çakmaks gebildet wird, hat schon ein leichtes Schichtfallen in Richtung SW,

während die nördliche Flanke gegen NE einfällt. Die Tatsache, dass der Horst im Grubenbereich als solcher vorliegt, während er knapp 100 m nördlich im Bach-einschnitt gegenüber der dort neben ihm liegenden Grubenserie (Olisthostrom) relativ gesunken ist, zeichnet ihn in seinem Charakter als Kippscholle aus. Weiter nördlich wird er dann von jungen, nordöstlich laufenden Störungen mit horizontalen Schubkomponenten zweimal in Richtung NW versetzt (vgl. Tafel Nr. II). Hier scheint er wieder als reiner Horst vorzuliegen, während die hangende Serie von Grauwacken und Sandsteinen in nordwestliche Richtung abtaucht und somit die altpaläozoische Sattelung als Domung (Brachy-Antiklinale) auszeichnet.

Die durch diese Horstbildung an die Tagesoberfläche gebrachten Schichten sind auf Grund ihrer lithologischen Beschaffenheit in zwei Serien zu unterteilen und zwar in die

1. liegende Grubenserie des Olisthostroms und
2. hangende Grubenserie, die Sandstein-Kalk-Dolomit-Schichtfolge.

Beide Serien liegen also im Grubenbereich konkordant übereinander und infolge der Scheitellage im Sattel fast horizontal, jedoch ist im nördlichen Grubengebiet (Pingenrevier) die hangende Sandstein-Kalk-Dolomit-Schichtfolge durch ihre exponierte Scheitellage der Erosion zum Opfer gefallen und nur im südlichen Revierteil, welcher Çakmak genannt wird, erhalten geblieben. Hier liegt diese auf der liegenden Grubenserie, dem Olisthostrom, auf.

Südlich wird der Horst durch den Serpentinssprung abgeschnitten, wobei diese tektonische Linie auch von Basalten als Aufstiegsweg benützt wurde.

Die nördliche Begrenzung der Grube erfolgt durch die Nord-Störung (Aufschiebung), welche das nördliche Trum des Horstes im Verhältnis zum südlich gelegenen absinken liess (vgl. Tafel Nr. II, IV).

Die Horstflanken werden von Sandsteinen, Grauwacken der hangenden altpaläozoischen Serie, den Schichten von Kalecik, gebildet.

Die tektonische Einrahmung der Lagerstätte ist schon vor der Vererzung erfolgt. Es waren diese Linien und Bruchzonen, die den hydrothermalen Erzlösungen den Weg nach oben freigegeben haben.

### **3.1.1. Die liegende Grubenserie (Olisthostrom)**

Diese Serie stellt das tiefste stratigraphische Glied dar, welches im gesamten Arbeitsbereich auftritt.

Sie liegt ungefähr horizontal, was durch die Scheitelposition im Sattel begründet ist und wird in den Grubenbauen des Pingenreviers aufgeschlossen.

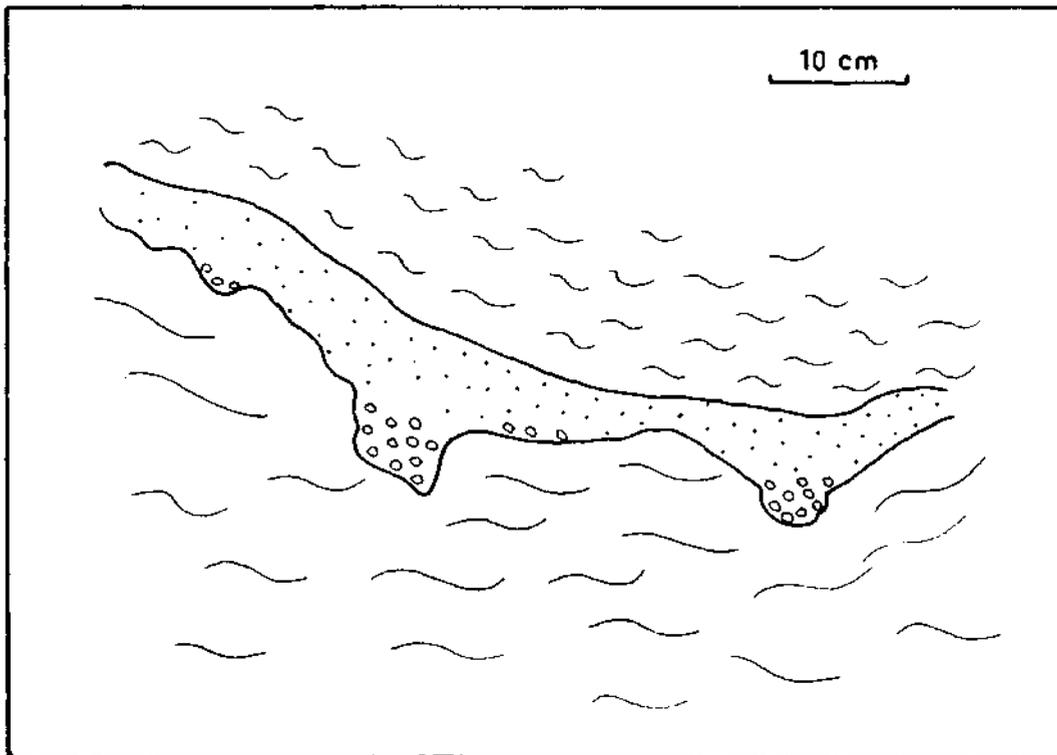
Da die heute tiefsten Aufschlüsse bei 392,2 m liegen und die Tiefbaue der Grube verbrochen sind, ist ihre Mächtigkeit nicht anzugeben. Ebenso ist sie in ihrem Ausstreichen zu Tage auf 50 m Horstbreite und 150 m in Richtung des Horststreichens begrenzt.

150 m nördlich, der die Grube im Norden begrenzenden Nordstörung ist die liegende Grubenserie in einem Bachanriss auf knapp 100 m wieder aufgeschlossen, wobei hier die flache Lagerung unter dem weissen Kalk und dem Grubenserie gehörenden gelblichen Dolomit abermals sichtbar wird.

Das Gestein ist von äusserst heterogener Zusammensetzung und bietet den Eindruck einer extremen telefonischen Beanspruchung. Die Grundmasse besteht aus einem dunklen tonigen Material in welcher Nebengesteinskomponenten von unterschiedlicher Art und Grosse eingewalzt sind. Entscheidend für die Deutung dieses Schichtverbandes ist eine fossile Strömungsrinne, welche im SE-Winkel der Tagbaupinge beobachtet wurde (vgl. Abb. 1). Quer durch den heterogen zusammengesetzten Gesteinsverband, welcher durch eine extreme Tektonik verwalzt zu sein scheint, zieht sich ein nur schwach durch tektonische Einflüsse verdrücktes bzw. versetztes Schotterband, wie es nur von rasch strömendem Wasser gebildet werden kann, wenn das Feinmaterial ausgespült wird. Dies lässt die Frage aufkommen, ob die Sedimentation dieser Serie überhaupt oder vielleicht nur zeitweise unter marinen Bedingungen erfolgte.

Dieses fossile Bachbett lässt nun einige wichtige Schlussfolgerungen zu :

1. Die Vermengung des Gesteins, die Vermischung von dunklem, tonigem Material mit klastischen Nebengesteinskomponenten ist schon bei der Sedimentation erfolgt. Diese Sedimentation wurde zumindest zeitweise unterbrochen (zur Entwässerung?). Die Diagenese hat nun das Gestein im vorliegenden Zustand verfestigt, wobei besonders starke tektonische Einwirkungen wie Durchknetung und Auswalzung eindeutig auszuschliessen sind, obwohl das Aussehen an einen Mylonit erinnert. Der tektonische Einfluss beschränkte sich auf eine Bruchtektonik.
2. Die gute Anpassung der Schotterbank an das Relief des Liegenden, sowie die scharfe Trennung von Bachbettoberkante zum Hangenden hin beweist,



**Abb. 1 - Fossile Strömungsrinne mit gut klassierten Schotterlagen aus dem südwestlichen Teil der Pinge.**

dass der Schichtverband in seiner ursprünglichen Position vorliegt, also nicht überkippt wurde. Ferner zeigt die flache Lagerung an, dass die Serie etwa horizontal liegt.

Dieses Gestein könnte nach oben geschilderten Merkmalen und Beobachtungen als Olisthostrom angesprochen werden: Nach Görler & Reutter (1968) sind dies Sedimentkörper, die als Resediment aus älteren Gesteinen durch submarine Schlammströme hervorgehen.

Über die Mächtigkeit und Ausdehnung des Olisthostroms können keine Angaben gemacht werden, da der Schlammstrom nur in einem tektonisch gebildeten Horst aufgeschlossen ist. Sein Liegendes ist nicht bekannt, die aufgeschlossene Mächtigkeit beträgt etwa 30 m.

Auf eine Tatsache sei noch besonders hingewiesen. Das ist eine Pseudoschichtung der Olisthostrome durch lagige Anordnung der Olistholithe oder verschiedenfarbiger Tone. Besonders letzteres ist im Grubenbereich vielfach wahrzunehmen und täuscht im Handstück eine sedimentäre Feinstruktur vor. Diese Pseudoschichtung ist durch laminares Fließen des Schlammstromes zu erklären. Es entstehen also übereinander gelagerte Gleitflächen, die aus bestimmten Gründen sich als besonders «gleitfreudig» erwiesen. Im Falle einer hydrothermalen Vererzung folgen die Lösungen bestimmten Aufstiegswegen, die tektonisch vorgezeichnet sind. Bei der Verdrängung des Nebengesteins gibt es ebenfalls gewisse Strukturen und lithologische Eigenschaften, die bevorzugt werden, wie sandige, kalkige oder bituminöse Lagen. Es ist nun naheliegend, dass die erwähnten Gleithorizonte auch Erzlösungen einen günstigeren Weg bieten konnten als quer zu diesen Lagen. Sind nun solche übereinandergelagerte Gleithorizonte vererzt, so wird im engbegrenzten Feld eines Handstückes oder gar eines Anschliffes im mikroskopischen Gesichtsfeld der Eindruck einer syndimentären Ablagerung und Vererzung erweckt.

Bei der Bearbeitung der Dünnschliffe, die freundlicherweise durch Herrn Dr. W. Frisch erfolgte, war die Tatsache zu beachten, dass von der tonigen Matrix nur dann einwandfreie Schliffe hergestellt werden konnten, wenn diese durch Einfluss der hydrothermalen Lösungen verkieselt waren. Dies führte natürlich zu einer Verzerrung des ursprünglichen Mineralbestandes.

Hauptbestandteile sind Quarz und Karbonat, sowie eine schlierige, vermutlich kohlenstoffreiche Substanz. Akzessorien sind Zirkon, sowie opake Minerale wie Pyrit. Das Gefüge ist wirr und verfilzt, eingeschlossen und z.T. mitverfältelt sind kleine Quarz- und Karbonataggregate, die sehr feines Korn besitzen. Spalten und Zerrklüfte in ac sind mit Karbonat (z.T. auch Quarz) verheilt, dessen Gewebe wesentlich grobspätiger ist als das des Grundgewebes. Das Gestein weist mitunter einen ausgesprochen brecciösen Charakter auf.

### 3.1.2. Die hangende Grubenserie (Çakmak)

Über dem Olisthostrom liegt im Grubenrevier eine wenige Meter mächtige Sandsteinfolge, welche am besten im North Bluff aufgeschlossen ist. Dieser heute vollständig verkieselte Block liegt deutlich horizontal auf der Liegendserie auf (vgl. Tafel Nr. IV) und befindet sich im nordwestlichen Eck des Pingenreviers. Die nördliche Begrenzung bildet die sogenannte Nord-Störung, welche die hangenden Sandsteine und Grauwacken der Kalecikserie neben der Grubenserie zu liegen

kommen lässt. Der Name North Bluff stammt noch aus der englischen Betriebsperiode und dürfte auf seine Erzarmut anspielen, die ihn im Vergleich zur südlich gelegenen und gleichfalls verkieselten, jedoch gut vererzten Scholle, den Çakmak, auszeichnet.

Auf den Sandstein folgt ein gelbes, sandiges, 2 m mächtiges Kalkband, welches im Grubenrevier nur schlecht sichtbar ist, da es von Haldenmaterial überrollt ist. Besser kommt es etwa 150 m nördlicher in einem Erosionsfenster zum Vorschein, wo es direkt auf dem Olisthostrom aufliegt. Offenbar tritt eine sehr starke Faziesverzahnung auf. Weiter im Hangenden folgen dann Kalke, bisweilen Dolomite. Beide haben ein fast marmorartiges Aussehen und sind in der Regel weiss.

Im südlichen Grubenabschnitt, dem Hangend-oder Çakmakrevier, ist diese Serie fast vollständig aufgeschlossen, doch wurde sie während des Vererzungsvorganges teilweise verkieselt, sodass sie in Form eines Quarzstockes vorliegt. Faziell gesehen wird sie an der Basis noch durch tonige, pyritische Lagen mit deutlicher sedimentärer Feinschichtung bereichert.

Die Hangendserie liegt also konkordant über dem liegenden Olisthostrom und somit ebenfalls horizontal, was durch die Scheitellage im Sattel zu verstehen ist. Während nördlich der Grube im Erosionsfenster die Schichten leicht in Richtung NNE fallen, richtet sich das Einfallen der tonigen, pyritreichen Lagen an der Çakmakbasis flach nach SW. Die Sattelachse verläuft somit etwa NW-SE.

### 3.2. DIE ERZZONEN

Trögel (1927 - 1932) hat 1931 unter Berufung auf seine Unterlagen und ältere Berichte eine Systematik der Vererzungszonen aufgestellt, welche auf Tafel Nr. III in ihrer Lage rekonstruiert und in den Plan eingetragen wurden. Es wurde die in besagtem Bericht angewandte Einteilung der Erzzonen in Haupt- und Querzonen sowie deren Numerierung mit römischen Zahlen beibehalten. Prinzipiell hatte man in der Anlage der Erzzonen also Hauptrichtungen festgestellt, welche von Zonen, die quer zu diesen Hauptrichtungen liefen, also von Querzonen, gekreuzt wurden.

Die Haupterzzonen, Hauptzone Nr. I sowie die Doppelzone IV/V streichen mit einem wechselnden inneren Abstand von 9 bis 20 m zueinander in NNW-SSE-Richtung.

Zone Nr. I mit einer ehemaligen Mächtigkeit von 1 Meter and der Tagesoberfläche und im Tiefbau bis zu 8 m mächtig werdend, ist die östlich gelegene der beiden Hauptzonen; sie zog sich, heute natürlich abgebaut, an der Ostseite der heutigen Grubenpinge in Richtung Çakmak nach SSE. Dem Bericht zufolge soll diese Zone im Çakmak verfolgbar gewesen sein. Im Bereich der beiden Stollen auf 396 und 410 m dürfte diese Zone auf ihre Abbauwürdigkeit hin weiter untersucht worden sein und anscheinend nicht entsprochen haben.

Haupterzzone Nr. IV/V ist die westlich davon gelegene, welche als Doppelzone beschrieben wurde. Zone IV und V haben sich an der ehemaligen Tagesoberfläche nebeneinander liegend im Einfallen geschnitten und sich in der Teufe vereinigt und so die Doppelzone gebildet. Ihre Mächtigkeit wird mit jeweils 2 - 4 m

bekanntgegeben bei gleichem Streichen wie Zone Nr. I, also NNW-SSE. Sie dürfte im Bereich der NW-Ecke der heutigen Pinge ihren Ursprung genommen haben und sich längs dieser erstreckt haben, um sich dann im Çakmakrevier fortzusetzen. Der Übergang in das Çakmakrevier ist heute wegen der Haldenüberlagerung nicht beobachtbar, doch tritt die Zone im Çakmak. deutlich wieder auf und war im Sommer 1965 mit mehreren Erzanbrüchen aufgeschlossen. Diese Zone ist somit über eine streichende Länge von 200 m als vererzt bekannt gewesen und auch teilweise abgebaut worden.

Quer zu diesen Hauptzonen liegen die Neben- oder Querzonen II, III, VI und VII. Gemeinsame Eigenschaft dieser Querzonen soll deren geringe streichende Erstreckung in NW-SE-Richtung sowie deren niederer Erzgehalt gewesen sein.

Die Lage dieser Zonen zur Gänze zu bestimmen, ist nicht einmal mehr Trögel 1931 geglückt, da diese schon damals fast völlig abgebaut waren.

Die Erzzone Nr. II wird mit einer Mächtigkeit von etwa 2,5 m und einer streichenden Erstreckung von 25 m angegeben.

Da sie in den Çakmak, den Quarzstock, eingetreten sein soll und sich in einer Teufe von 40 m mit der Hauptzone Nr. I vereinigt haben soll, dürfte ihre Lage im Übergangsbereich beider Reviere zu suchen sein. Es ist somit heute unklar, wie weit sich diese Zone nach S erstreckt hat und wo sie angesetzt hat. Jedenfalls dürfte sie wie alle anderen Querzonen schon abgebaut sein.

Erzzone Nr. III hat sich in der Mitte der heutigen Pinge befunden und soll zwischen den beiden Haupterzonen IV/V mit etwa 4 m Mächtigkeit und 15 m streichender Länge in südöstliche Richtung verlaufen sein. Schon 1931 war nach dem Bericht von Trögel diese Zone völlig abgebaut.

Erzzone Nr. VI soll im Streichen ebenfalls der NW-SE-Richtung gefolgt sein. Ihre Mächtigkeit wird mit etwa 1,5 m beschrieben, doch soll ihre Bedeutung in den Tiefbauten zugenommen haben. Wo sich diese Erzzone befunden hat, geht aus keinem der Berichte hervor. Sie ist daher die einzige, die in Tafel Nr. IV nicht eingetragen wurde.

Erzzone Nr. VII ist der sogenannte «Rich Patch», wie der anscheinend während der ersten Betriebsperiode von den Engländern genannt wurde. Er befindet sich an der Nordseite der Tagbaupinge im Hangenden der N-Störung. Dieser Teil soll der reichste Lagerstättenteil überhaupt gewesen sein, der heute bis auf einige Erzreste an der NE-Ecke des Tagbaues abgebaut ist.

Trögel betont, dass die Erzzone keine deutliche Grenze zum Nebengestein hätten, sondern allmählich vertaubten. Den Zonen werden schon seit den ältesten Berichten Störungs- und Zerrüttungszonen zugrunde gelegt.

Wie nun aus der Lage der Erzzone ersichtlich ist, bilden die beiden Haupterzzone die westliche bzw. die östliche Bruchflanke des Horstes, welcher im Antiklinalenscheitel stehen geblieben war (vgl. Tafel Nr. H), während die Querzonen sich auf die häufig auftretende Störungsrichtung NW-SE zurückführen lassen.

Das Vererzungssystem wird somit offenkundlich:

Erzlösungen sind auf ihrem Aufstiegsweg im domartigen Sattel altpaläozoischer Sedimente gesammelt worden. Durch tektonische Prakturren im Scheitel der Brachy-Antiklinale sind die Lösungen nach oben entwichen und haben ihr Erz

vor Erreichen der damaligen (wahrscheinlich miozän-pliozänen) Tagesoberfläche ausgefällt.

Die edle Teufe der Lagerstätte dürfte bei Hinzurechnen der Tiefbaue mindestens 80 m, doch wahrscheinlich mehr betragen.

Goodwin (1927 - 1936) berichtet von Diamantkernbohrungen, die im Unterfahrungsstollen auf Niveau 370 m angesetzt worden sind und auf weitere 30 m eine ungestörte Erzführung gezeigt hätten. Auf Grund dieser Ergebnisse hat Goodwin Bohrungen bis zu einer Teufe von 100 m und darüber vorgeschlagen, doch dazu scheint es ebensowenig gekommen zu sein wie zu einem Unterwerksbau.

Der Erzgehalt der Lagerstätte wird für die erste Betriebsperiode 1906-1910 mit 0,65 % Hg angegeben. Nach 1911 ist der Durchschnittsgehalt auf 0,36 % abgesunken, was nach Meinung von Trögel darauf zurückzuführen ist, dass man einerseits die reichsten Erzpartien wie den «Rich Patch» abgebaut hatte und andererseits durch unkontrolliertes Abbauen die Erfassung der Gesetzmässigkeiten verlor. Dies führte dazu, dass man ab 1911 die eigentliche Erzbasis verlor oder diese zumindest nicht erkannte, worauf man im Tagbau jenen Schichtenkomplex auf 40 m Teufe ausbaute, der im wesentlichen aus den Querzonen II, III und IV mit sehr vielem Taubgestein bestand.

Der Betrieb der Dreissigerjahre stützte sich auf die Faustregel, dass aus 10 Tonnen Erz etwa 1 Flasche Quecksilber zu gewinnen war; das entspräche einem Haufwerksgehalt von etwa 0,44 %, wenn man den Verlust bei der Verhüttung mit etwa 20 % ansetzt. Leider geht aus den Berichten nicht hervor, ob dieses Erz schon gekuttet, also vorkonzentriert wurde.

Im Sommer 1965 waren die Verhältnisse so, dass überhaupt keine Haufwerksgehalte angegeben werden konnten. Man hat das Erz in einigen Restbauen gewonnen und schon vor Ort gekuttet und sodann nur die Reicherze in einem kleinen primitiven Ofen verhüttet. Die Tagesproduktion belief sich je nach herrschender Aufschlussituation auf etwa 1 Flasche pro Tag. Miteinbezogen war jedoch der Ertrag, der durch Abtragung der alten englischen Hütte gewonnen wurde.

### 3.3. DAS VERERZUNGSBILD

Im Sommer 1965 konnten nur noch wenige, im Herbst 1967 fast keine Erzanbrüche mehr festgestellt werden. Das aufgesammelte Material liess zwei Vererzungstypen unterscheiden, die durch die Art des Nebengesteins bedingt sind. Auf der einen Seite ist dies die liegende Grubenserie mit dem Olisthostrom, dessen Matrix aus einem dunklen, tonigen, z. T. auch mergeligen Material besteht, welche offenbar eine völlig andere Vererzungsbereitschaft zeigt als die hangende, vorwiegend karbonatische Grubenserie des Çakmaks.

Die Erzproben, die zur Untersuchung gelangten, stammen für die liegende Serie aus Querzone Nr. VII («Rich Patch»), also aus dem Pingenrevier, während für das hangende Revier Haupterzzone IV/V im Gebiet des Çakmaks der Haupterzlieferant war.

Auffallendster Unterschied der beiden Vererzungsarten ist der Umstand, dass Zinnober im liegenden Grubenrevier selten geschlossen auftritt; stets sind es

vereinzelte Funken und Erznerster, die regellos auftreten und in ihrem Vorhandensein anscheinend nur in der höheren Ordnung, der Erzzone, richtungsgebunden sind.

Im hangenden Çakmakrevier kam es durch tektonische Einflüsse zu einer Zerklüftung bis zu einem vollständigen Zerbrechen des spröden Karbonatgesteins. Hier tritt nun Zinnober in vielen Gängchen auf, die zwar nicht lange anhalten, doch zum Nebengestein immer scharf abgegrenzt sind. Als höhere Ordnung fungiert wieder die Erzzone, in welcher diese Adern und Gängchen vorzugsweise auftreten.

Zinnober tritt immer zugleich mit Pyrit auf. Während im Çakmak-Revier eine Bildung des Pyrits deutlich mit bzw. vor der Zinnobermineralisation vor sich gegangen ist, zeigt im Pingenevier der Pyrit sedimentäre Strukturen, ohne dass eine solche Bildung erwiesen wäre.

Gemeinsame Eigenschaft beider Vererzungstypen ist die grosse Absätzigkeit. Die Erzzone, welche Zerrüttungszonen entlang Störungen darstellen, sind nicht durchgehen und vollständig mineralisiert, sondern nur fallweise und scheinbar ohne Gesetzmässigkeit. Der Übergang zu taubem Nebengestein ist nie plötzlich, sondern unmerklich und verschwimmend (Trögel, 1927-1932).

Die absätzige Vererzungseigenschaft ist oft ein Kennzeichen von hydrothermalen Lagerstätten, welche oberflächennah gebildet wurden. Der Grund dafür ist der geringe Druck, welcher während der Lagerstättenbildung geherrscht hat.

### 3.3.1. Das Vererzungsbild in der liegenden Grubenserie

Das Nebengestein dieser Erze wird von dem in Kapitel 3.1.1. besprochenen Olisthostrom gebildet. Die Zinnobervererzung scheint — soweit Material zugänglich war — die dunkle, tonige Matrix als Wirtgestein vorzuziehen, doch wurden auch Nebengesteinskomponenten, welche als Olistholithe eingelagert sind, deutlich vererzt.

In der dunklen, tonigen Matrix ist bisweilen sehr viel Pyrit eingelagert; dieser liegt vorwiegend als Gelpyrit vor, dessen Masse durchschnittlich 0,003 mm im Durchschnitt der Einzelkörner aufweist. Vereinzelt sind grössere Aggregate (0,015 mm) zu entdecken, welche als «vererzte Bakterien» angesprochen werden, ohne dass ihre sedimentäre oder organische Entstehung damit bewiesen wäre.

Treten nun die Gelpyrite in Nebeln oder geschlossenen Feldern zusammen, so tritt Zinnober als Verdränger auf. Die Formen der Verdrängung sind recht unterschiedlich und zeigen im allgemeinen kein System. Der Grund dürfte in der Struktur der Gelpyrite zu suchen sein, die weder Korngrenzen noch Spaltbarkeit aufweisen. Am ehesten ist hier die «zerschnittelte Verdrängungsform» («shredded») zutreffend (Ramdohr, 1960). Die Verdrängungsfront ist sehr unregelmässig, bald bildet Zinnober ein alles überspannendes Netzwerk, bald einzelne Inseln oder Fronten. Oft scheint es, dass widerstandsfähigere Pyritpartien von der Verdrängung ausgespart werden, was bei Gelpyriten ohne weiteres möglich ist. Bezeichnend ist, dass nur Pyrit verdrängt wird und Gangarten nicht vererzt werden.

Neben den Gelpyriten werden auch auskristallisierte Pyrite von Zinnober verdrängt. Hier war eine Verdrängungsform zu beobachten, die als «gitterförmige» oder «skelettförmige» zu bezeichnen wäre. Die Pyrite wurden vorzugsweise nach Kristallflächen verdrängt, wobei diese Verdrängung nicht mit einer völligen Platz-

nähe des Zinnobers endete, sondern die äusseren Partien des Pyritkristalls skelettförmig erhalten blieben.

Zugleich mit der Vererzung ist eine starke Verkieselung der dunklen Tonmatrix erfolgt. Diese Tatsache ist allenthalben unter dem Erzmikroskop festzustellen.

### **3.3.2. Das Vererzungsbild in der hangenden Grubenserie**

Wie schon in Kapitel 3.1.2. beschrieben wurde, liegt die hangende Grubenserie konkordant über den Schichten des Olisthostroms. Sie besteht an der Basis aus tonigsandig-karbonatischem Material und im oberen Bereich aus Kalk und Dolomit.

Vererzt wurden hier vor allem Klüfte und tektonische Breccien.

Besonders die Kluftvererzung bringt den hydrothermalen Vererzungscharakter gut zum Ausdruck. Der Pyrit, der der Zinnobermineralisation vorangegangen ist, hat sich jeweils an den Salbändern der Klüfte abgesetzt und ist auch an Fugen und Rissen, die quer zur Hauptkluft liefen, in den Dolomit eingedrungen. Der nachfolgende Zinnober füllt die Klüfte aus, während Quarz nicht selten als Kern und jüngste Bildung in Gangmitte steckt. Die Mächtigkeit dieser Gängchen beträgt wenige Millimeter bis zu einem cm und darüber.

Wie schon erwähnt, wurde der Çakmak durch Verkieselung des ursprünglichen Karbonatgesteins gebildet. Der Vorgang der Verkieselung ist in mikroskopischen Bildern gut erhalten geblieben. Vollständig umgewandelt wurden die hangenden Partien des Çakmaks.

### **3.3.3. Die Erzparagenese und ihre Abfolge**

Wie alle Lagerstätten der kühlen, hydrothermalen Bildungen wird auch die Lagerstätte von Kalecik durch eine extrem arme Paragenese ausgezeichnet. Zinnober ist alleinverwertbares Hauptmineral, sieht man vom untergeordneten Auftreten von Metazinnaberit ab. Für die Verhüttung sehr unangenehmes Begleitmineral sind Pyrit und Markasit. Pyrit wurde in einigen Fällen als sedimentär erkannt, so in lagigen Horizonten an der Basis des Çakmaks. Ob der Gelpyrit, der in der Matrix des Olisthostrom vorhanden ist, sedimentär ist, bleibt offen. Die Tatsache, dass im Çakmak der Zinnobervererzung stets idiomorpher Pyrit vorausgegangen ist, während ein solcher im Pingendreiver zumeist fehlt, sei erwähnt.

Ganz untergeordnet konnten Arsenkiese gefunden werden und in einem einzigen Fall wurde ein Zinkblendekorn gesichtet.

An Gangarten sind in erster Linie Quarz sowie Karbonate zu nennen. In der Abfolge dürfte Pyrit vorangegangen sein, welchem Zinnober mit reichlich Kieselsäure folgte. Eine umfangreiche Verkieselung scheint auch noch nach der Zinnobermineralisation erfolgt zu sein.

Durch Einwirkung der hydrothermalen Lösungen wurden die unmittelbaren Nebengesteine der Lagerstätte verändert. Sandsteine und Tonschiefer erfuhren eine Bleichung. Auch ein im Südtail der Lagerstätte befindlicher Vulkanit wurde gebleicht und die Feldspäte kaolinisierb. Die Veränderung ist so stark, dass nur in Analogie zu einem weiter nordwestlich auftretenden Ausbiss desselben Vulkanits ein

Basalt vermutet wird. Ebenso erfuhren die unmittelbar daneben anstehenden Serpentine eine Bleichung und Zersetzung.

#### 3.4. GEOCHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN

Die geochemischen Untersuchungen erfolgten an frischen Gesteinsproben mit Hilfe des Mercury-Detectors der Firma Lemaire/USA. Dieses Geräte gestattet Messungen des Hg-Gehaltes von pulverisierten Proben bis zu einem Gehalt von 0,02 ppm.

Auf die sonst übliche Methode der Bodenprobenahme wurde im vorliegenden Fall verzichtet, da die Gefahr der Verunreinigung als zu gross erschien. Es wurden nämlich seit Bestehen des Bergbaues etwa 10-15 % der Quecksilberförderung als Verhüttungsverlust in die Luft geblasen. Das dürften im vorliegenden Fall gut ca. 100 Tonnen Hg gewesen sein, welche sich im geschlossenen Talkessel, der zur Untersuchung in Frage kam, wieder abgesetzt und den Boden gründlich verunreinigt haben. Um dies auszuschalten, wurden von allen im grösseren Lagerstättenbereich befindlichen Gesteinsserien frische Proben genommen, welche pulverisiert einer Analyse unterworfen wurden.

Es wurde darauf geachtet, möglichst alle Schichtglieder zu erfassen, die im Arbeitsgebiet auftreten. Das Ergebnis war ein genereller Untergrundwert aller Gesteinsserien von etwa 0,5 ppm Hg.

Bei Annäherung an die Lagerstätte stiegen die Werte in der Regel bis auf etwa 1 ppm an und waren nur im Bereich des lagerstättenbildenden Horstes höher. Ein verkieselter Sandstein östlich dieses Horstes und knapp nordwestlich des Schornsteines der alten Schmelze zeigte sogar 20 ppm Hg (vgl. Tafel Nr. II). Dieser Wert kann als Quecksilberanomalie angesprochen werden, wie sie in unmittelbarer Nähe oder im Kontakt zur Lagerstätte bei der Bildung derselben entsteht. Da die Probe mit Rücksicht auf die nahe Verhüttungsanlage sorgfältig und nur aus frischem Material genommen wurde, ist eine sekundäre Verunreinigung auszuschliessen.

Interessant ist das Ergebnis der Beprobung der liegenden Grubenserie (Olisthostrom), welche im Bacheinschnitt knapp 150 m nördlich der Grube, aber dort nicht im schmalen, lagerstättenbildenden Horst aufgeschlossen ist. Die Hg-Gehalte liegen dort für die beiden genommenen Proben (175, 176) bei 0,9 bzw. 0,2 ppm. Diese Tatsache passt schlecht zu einer syn-sedimentär-exhalativen Entstehungstheorie im Sinne von Höll (1966). Bei einer solchen Entstehung müssten Schichtglieder, die nur 150 m von der Lagerstätte entfernt im selben Horizont auftreten, einen erheblich höheren Gehalt an Quecksilber aufweisen.

Erwähnenswert ist der ppm-Gehalt von 1,3 eines verkieselten Sandsteins unmittelbar östlich des Basaltes, der 200 m südwestlich der Grube die Denizgiren-schichten durchbricht. Dies ist umso auffälliger, als aus einem Bach, der diese Bergflanke, in welcher der Basalt steckt, entwässert, Zinnober aus den Bachsanden gewaschen werden konnte (vgl. 3.6.). Das deutet jedenfalls darauf hin, dass, wenn die Lagerstättenbildung nicht im direkten Anschluss an die Basaltförderung erfolgte, zumindest die Aufstiegswege für Basalt und Erzlösungen die gleichen gewesen sind.

### 3.5. PROSPEKTION UND HOFFNUNGSGEBIETE

Gleichzeitig mit der Kartierung des Geländes erfolgte eine Prospektion auf erzhöfliche Gebiete. Die dabei verwendete Methode ist eine der Grundformen der Prospektion und zwar das Waschen mit dem Sichertrog. Gerade Zinnober eignet sich wegen seiner Wichte sowie seiner leuchtend roten Farbe hervorragend für diese einfache Methode.

Mit dieser Methode konnten drei Areale als prinzipiell höflich ausgeschieden werden.

Gebiet SE wäre jenes Gelände, welches südöstlich der Grube liegt und von einer Basaltdecke überlagert wird. Alle Bäche, die dieses Areal entwässern, führen z.T. reichlich Zinnober (vgl. Tafel Nr. I).

Ein Bach entwässert das Mesozoikum im Kontakt mit dem Basalt westlich des Ortes Kalecik in Richtung NW und Grube Kalecik (reichliche Zinnoberführung).

Ein zweiter Bach entwässert die nordöstliche Flanke der Basaltkuppe im Kontakt mit den Schichten von Kalecik und dem mesozoischen Grabenbruch ebenfalls in Richtung NW zur alten, englischen Hüttenanlage hin (reichliche Zinnoberführung).

Ein dritter Bach entwässert die östliche Flanke des Basalergusses mit gleichem Kontakt wie der zweite Bach in Richtung ENE nach Bodrum hin (massige Zinnoberführung).

Gebiet SW wurde schon in Kapitel 3.4. erwähnt und stellt jenes Areal um den Basaltschlot dar, der 200 m südwestlich der Grube die Schichten von Denizgiren durchbricht. Hier sind die Bäche, welche nach Osten und Westen hin entwässern, zinnoberführend.

Gebiet NW liegt am Berghang gegenüber der Grube Kalecik im Bereich des alten Schornsteins der englischen Hüttenanlage. Hier führen nicht nur die Bäche Zinnober, sondern es konnten auch aus der Verwitterungsdecke Zinnoberrollstücke bis zu einem Durchmesser von 2 cm herausgeklaut werden. Da durch dieses Areal genau die nördliche Fortsetzung jenes Horstes läuft, welcher weiter südlich die Lagerstätte bildet, scheint gerade dieses Gebiet als Hoffnungsgebiet von besonderer Bedeutung zu sein. Ausserdem wurde eben dort die einzige geochemische Anomalie mit 20 ppm Hg im verkieselten Sandstein festgestellt (vgl. 3.4.).

Es sei hier betont, dass bei allen drei Arealen bedingt durch ihre Lage eine Verunreinigung durch Haldenmaterial nicht in Frage kommt.

### 3.6. DIE GENESIS DER LAGERSTÄTTE

Vorliegende Lagerstätte wird vom Verfasser in ihrer Entstehung hydrothermal-subvulkanisch gedeutet, gebildet im Gefolge des jungtertiären Vulkanismus. Im folgenden seien alle Punkte zusammengefasst, die zu dieser Schlussfolgerung führten :

### 1. Strukturelle Kontrolle

Die Erzzone richten sich nach einem schon vorhandenen System von Brüchen und Querklüften, die steiles Einfallen aufweisen, während die Schichten etwa horizontal liegen.

Die von der Vererzung betroffenen Schichtglieder liegen in Form eines altpaläozoischen Sattels vor. Im Scheitel dieser Antiklinale blieb ein Horst stehen, dessen Bruchgrenzen die Haupterzzone bilden. Es wird vermutet, dass sich im Sattel die Erzlösungen an der tonigen Matrix des Olisthostrom stauten, entlang vorhandener Brüche aufstiegen, wo sie dann vor Erreichen der Tagesoberfläche ihre Erze ausfällten.

### 2. Die Vererzung von Schichtglieder unterschiedlichen Alters

In der Lagerstätte Kalecik wurden Schichtglieder der altpaläozoischen Serie vererzt. Am Südrand der Lagerstätte befindet sich ein an einer Störung hochgeschleppter Serpentin sowie ein Basaltgang, der diese Schwächezone als Aufstiegsweg benutzt hatte. Geochemische Untersuchungen dieses von hydrothermalen Lösungen sehr zersetzten Basalts ergaben einen Gehalt von ca. 30 ppm Hg. D'Achiardi (1903), der die Aufschlussituation der Grube beschrieb, erwähnt ausdrücklich, dass in den Basalten, die im Süden der Grube gegen den Kalk von Kalecik zu auftreten, zinnerführende Quarzklüfte enthalten sind. Diese haben eine senkrechte Richtung zu den zinnerführenden Gesteinen (kreuzende Gänge). Unter dem Begriff «zinnerführende Gesteine» dürfte die Richtung der Haupterzzone gemeint sein.

Das Hoffungsgebiet SW, welches durch Prospektionsarbeiten gefunden wurde (vgl. 3.6.), liegt in devonischen Sedimenten und zwar am Kontakt zu einem Basaltdurchbruch.

Das Hoffungsgebiet SE, ebenfalls durch Prospektionsarbeiten entdeckt, umfasst im Norden paläozoische und im Süden mesozoische Schichten am Basaltkontakt. Da der südliche Bach, der reichlich Zinner enthält, nur Mesozoikum und Basalt entwässert, muss eine Vererzung dieses Gebietes angenommen werden.

Neben der Lagerstätte Kalecik am Nordende der Halbinsel befinden sich zwei weitere Zinnerorkommen an der Westküste und zwar die Lagerstätten von Karareis und die von Küçükbahçe. Beide Vorkommen sind an Bruchsysteme gebunden, welche Kieselschiefer der vermutlich devonischen Transgressionsserie zum Muttergestein haben.

Die Antimonlagerstätten auf der benachbarten Insel Chios, welche dem selben Bildungszyklus zugerechnet werden können, setzen in den Paparia-Amani-Schichten auf, die das stratigraphische Äquivalent zu den wahrscheinlich devonischen Denizgireschichten darstellen.

### 3. Das Vererzungsbild

Das Vererzungsbild weist typische hydrothermale Eigenschaften auf (vgl. 3.4.). Während in der Liegendserie des Olisthostroms genetisch älterer Pyrit (entweder durch sedimentäre Entstehung oder hydrothermale Abfolge) von Zinner verdrängt wird, sind im Hangendrevier Klüfte und Spalten vererzt, die eine symmetrische Lagenstruktur aufweisen. Pyrit ist jeweils genetisch älter und wird am Salband abgesetzt, Zinner folgt nach, während Quarz oder manchmal Karbonate als letzte Ausscheidung in Gangmitte stecken.

Deutlich wird die Beziehung zwischen Zinnober und Quarz wenn diese zusammen tektonische Breccien verkitten.

Neben einer starken Verkieselung des Nebengesteins sind andere hydrothermale Folgeerscheinungen wie Bleichung der Sandsteine und Kaolinisierung von Eruptivgestein beobachtbar. Eine starke Verkieselung, die quer zu den Schichten greift, ist auch eine häufige Begleiterscheinung einer hydrothermalen Hg-Vererzung, z. B. auch bei Konya (Wiesner, 1967).

#### 4. Die geochemischen Untersuchungsergebnisse

Abgesehen von der Kartierungsmässig erfassten Nordfortsetzung des lagerstättenbildenden Horstes nach Norden zum Schornstein der alten Hüttenanlage hin, wurde auch durch geochemische Untersuchungen ein Quecksilberhof (20 ppm) um diesen festgestellt (vgl. 3.5.).

Andererseits haben die Untersuchungen hinsichtlich eines Hg-Spurengehaltes der einzelnen Schichtglieder eine sedimentäre Entstehung der Lagerstätte (im Sinne von Höll, 1966) in Frage gestellt, da das lagerstättenbildende Schichtglied des Olisthostroms 150 m nördlich der Grube und ausserhalb des Lagerstättenbruchsystems über einen Untergrundwert von 0,2 bzw. 0,9 ppm Hg nicht hinauskommt. Diese Tatsache dürfte mit einer synsedimentär-exhalativen Entstehungstheorie nicht zu vereinbaren sein.

Der Idee A. Maucher's (1965), dem Silur eine weltweite Antimon-Wolfram-Quecksilber-Formation zuzuordnen folgend, nimmt Höll entsprechend seinen Untersuchungsergebnissen an, dass die Zinnoberlagerstätten Kalecik, Karareis, das östlich von Istanbul gelegene Mudarlı und auch die Antimonitvorkommen bei Keramos auf Chios syngenetisch-submarinsedimentäre Bildungen des Silurs sind. Er vermutet für Keramos und Karareis mittleres Gotlandium, stellt Mudarlı in das obere und Kalecik in das oberste Ludlow.

Nun konnte nachgewiesen werden, dass das Muttergestein der Lagerstätte von Kalecik wahrscheinlich in das untere Gotlandium, wenn nicht in das Ordovizium zu stellen ist (vgl. 2.3.). Die Vorkommen von Karareis und Keramos liegen in stratigraphisch äquivalenten Serien, für die wahrscheinlich devonisches Alter zutreffen wird. Es wäre nun möglich, dass die im Devon liegenden Vorkommen durch Remobilisation aus silurischen synsedimentären Lagerstätten hervorgingen. Unwahrscheinlich jedoch wäre der umgekehrte Vorgang, dass der Stoffbestand einer obergotlandischen Lagerstätte in tiefere Schichten umgelagert wird.

Höll sieht ein Kriterium für die synsedimentäre Entstehung in der Feststellung, dass vulkanisches Material in der unteren Grubenserie auftritt. Er beschreibt Tuffe, Laven (?) und submarine Ergüsse (?), welche im Pingenrevier (untere Grubenserie) in sieben schichtparallelen, synsedimentär vererzten Horizonten NW-SE streichen und gegen SW einfallen sollen.

Wie in Kapitel 3.3. ausführlich beschrieben wurde, liegen die Schichtfolgen im Grubenbereich etwa horizontal, was durch die Scheitellage in der Antiklinale bedingt ist.

Fast alle bekannt jungtertiären Quecksilberlagerstätten sind im Zusammenhang mit einem sauren bis basischen Vulkanismus gebildet worden. Bei Kalecik konnte zwar nachgewiesen werden, dass die Basalte neben einer unterschiedlichen Mine-

ralzusammensetzung auch zeitliche Differenzierungen aufweisen, doch war kein saures Ergussgestein feststellbar. Dies schliesst nun keineswegs die Anwesenheit saurer Magmen im Untergrund aus. So beschreibt Kalafatçioğlu (1961) Andesite 12 km südöstlich bei Mordoğan und 25 km südlich von Kalecik bei Çeşme. Das Alter der Andesite wird als neogen angegeben, wobei gleichzeitig eine Förderung von Tuffen und basaltischen Laven erfolgte.

Kauffmann (Tagung über die Ägäis vom Jänner 1968) erwähnt Dazite im Sarmat am nordöstlichen Zipfel von Chios, also kaum 20 km westlich von Kalecik entfernt.

Schliesslich treten reichlich saure, neogene Vulkanite etwa 50 km nördlich von Karaburun auf der Insel Lesbos auf. So beschreibt Georgalas (1949) Andesite Trachitandesite, Dazite, Rhyolite, Dolerite sowie Basalte, welche vom Neogen bis in das Quartär auf Lesbos gefördert wurden.

Nordwestlich von Mytilene findet sich auf Lesbos ein Antimonglanzvorkommen, welches gangförmig in kristallinen Schiefen auftreten soll (Hermann, 1947). Eine Verknüpfung mit dem oben genannten Vulkanismus scheint wahrscheinlich, doch ist die altersmässige Einstufung der Muttergesteine unbekannt.

Es treten also in einem Kranz um die Lagerstätten Kalecik, Karareis und Küçükbahçe saure und basische Vulkanite auf, während in deren engem Bereich bislang nur basische bekannt waren. Dies würde nun eher darauf deuten, dass diese hier wohl auch vorhanden sind, aber nicht bis an die Oberfläche gefördert wurden und daher umso leichter ihre Restdifferentiate an die hangenden Schichten abgeben konnten.

Fussend auf der zeitlichen Einstufung der Vulkanite, welche seitens der oben genannten Autoren erfolgte, wird als Bildungsdatum der besprochenen Lagerstätte der Zeitraum Wende Miozän-Pliozän vermutet.

#### 4. BEURTEILUNG DER LAGERSTÄTTE KALECİK

Es war im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich, eine auch nur annähernde Vorratsschätzung zu geben. Für eine solche fehlen alle nötigen Voraussetzungen wie Erzaufschlüsse, Hauwerksdurchschnittsgehalte und Unterlagen über abgebaute Erztonen mit deren Prozentgehalten und räumlicher Erstreckung.

Wenn hier ein Urteil abgegeben wird, so beruht dieses auf der geologisch-lagerstättenkundlichen Vorstellung über die Genese des Vorkommens und die Systematik der Vererzung.

Wie in Kapitel 3.7. besprochen wurde, wird die Lagerstätte in ihrer Entstehung hydrothermal im Gefolge eines jungtertiären Vulkanismus gedeutet. Die Erzlösungen haben wahrscheinlich den Aufstiegsweg gewählt, den die Basalte vor ihnen bereits gegangen sind, nämlich tiefgreifende Bruchlinien. Nun bedarf es zur Lagerstättenbildung mehr als nur zu einer Erzlösung und eines potentiellen Aufstiegskanals und zwar einer günstigen Struktur, wo die Erze ausgefällt und womöglich «eingefangen» werden. Diese Fallenstruktur hat bei vorliegender Lagerstättenbildung jener altpaläozoischer Sattel übernommen, der sogar als Brachy-Antiklinale anzusprechen ist.

Die aufsteigenden Erzlösungen haben sich nun in dieser Domung gefangen, wobei vielleicht die tonige Matrix des Olisthostroms als Stauhorizont wirkte und wurden dann durch Brüche genau im Scheitel der Antiklinale (Horstbildung) konzentriert nach oben abgelassen.

Durch verschiedene Einflüsse wie Druck- oder Temperaturverminderung, durch pH-Wert-Änderung infolge vadoser Wässer, oder durch mehrere Faktoren zugleich, vornehmlich bedingt durch Annäherung an die Tagesoberfläche, kam es in einer bestimmten Region zur Ausfällung der Erze aus der wässrigen, übersättigten Lösung. Die Spanne, in welcher die Ausfällung erfolgte, ist gleichbedeutend mit der Teufe der Lagerstätte.

Der kontinuierliche Prozess des Nachschubs und Ausfällens bei günstigen strukturellen Gegebenheiten muss über einen grösseren Zeitraum ungestört vor sich gehen, um eine Lagerstätte bilden zu können. Wird nun einer der Faktoren gestört, so wird die Lagerstättenbildung unterbrochen oder zu Ende gehen.

Zinnoberlagerstätten dieser Prägung sind aus oben geschilderten Gründen selten mehrere hundert Meter in die Teufe verfolgbar und sehr abhängig von besonderen tektonisch-stratigraphischen Strukturen.

Die Lagerstätte von Kalecik wurde durch den Unterfahrungstollen bei 370 m etwa 80 m unter ihrem Tagesausbiss angefahren. Dem Bericht von Goodwin (1927-1932) zufolge wurde sie noch 30 m darunter durch Kernbohrungen festgestellt, ohne dass es zu einer Erschliessung oder zu einer weiteren Untersuchung kam.

Es sei also festgestellt, dass die Lagerstätte der Teufe zu vorhanden sein dürfte. Über Ausdehnung und Gehalt würden jedoch nur bergmännische Untersuchungen Auskunft geben. Die anderen Dimensionen wurden durch die Position des Horstes gesetzt, etwa 20-50 m breit durch die Quererstreckung des Horstes und 200 m lang in Streichrichtung bei gleichzeitiger Scheitellage.

Im Süden wurden Sattel samt Horst vom Serpentinsprung, der nordöstlich zur Lagerstätte hin einfällt, abgeschnitten. Er hat somit die günstige Fangstruktur der Antiklinale sowie die Bruchlinien, die sich vorteilhaft für den Erztransport eignen, beseitigt. Infolgedessen dürfte in südlicher Richtung keine lagerstättenmässige Anreicherung mehr zu erwarten sein.

Das Nordende des Horstes, obzwar von mehreren Störungen in Richtung NE versetzt, ist noch einige hundert Meter zu verfolgen und hat im Räume des Schornsteines der alten, englischen Hütte nicht nur eine geochemische Anomalie gebildet, sondern auch sichtbare Vererzungsspuren hinterlassen (vgl. 3.6.).

Die stratigraphische Lage ist jedoch dort weit ungünstiger als im Grubenbereich. Während im Grubenbereich die Schichten in Scheitelposition vorliegen, tauchen die über den Kalken liegenden Sandsteine und Grauwacken in nordöstliche Richtung ab, welche Erscheinung eben zur Bildung der Brachy-Antiklinale beigetragen hat. Somit ist zwar der günstige Aufstiegsweg durch die randlichen Brüche des Horstes gegeben, jedoch scheint hier eine sattel- oder kuppelartige Staumöglichkeit gefehlt zu haben. Dass es aber trotzdem zu einer Vererzung gekommen ist, zeigen die Tatsachen. Die Frage ist nur, ob diese Vererzung lagerstättenbildend im ökonomischen Sinn war.

Es wird hiermit empfohlen, jenes Gebiet um den alten Schornstein in das Kernbohr-Untersuchungsprogramm, welches vom M.T.A. zur Zeit durchgeführt wird, mit einzubeziehen.

Ob die tieferen Bereiche der Lagerstätte Kalecik mittels Bohrungen aufgeschlossen werden können, scheint fraglich. Die Erzzonen stehen zu steil oder sind zu unregelmässig, um bei einigen wenigen Bohrungen eine Entscheidung treffen zu können. Ausserdem dürften sich bei der Bohrarbeit die Hohlräume der verlassenen Tiefbaue ungünstig bemerkbar machen. Die beste Lösung scheint hier ein Unterfahrungsstollen zu sein, welcher von Norden her angesetzt die Erzzonen auf Höhe 350 oder 360 m zu queren hätte. Von diesem aus wären dann die Erzzonen durch Schrägbohrungen oder Querschläge zu untersuchen.

Da der altpaläozoische Sattel generell NW-SE streicht, wäre es möglich, dass bei einer Querfraktur ähnlich günstige Voraussetzungen für eine Lagerstättenbildung vorhanden gewesen sind. Nordwestlich der Lagerstätte konnte keine solche Struktur entdeckt werden und südöstlich überlagert Basalt das Hoffnungsgebiet.

Dieses Hoffnungsgebiet sollte einer genaueren geochemischen Untersuchung unterzogen werden, wobei vor allem auf Störungen zu achten wäre.

Das Hoffnungsgebiet SW, wo ein Basaltschlot die Denizgireschichten durchbrochen hat, dürfte infolge seiner Lage mit steilgerichteten Schiefen und Sandsteinen wenig geeignet gewesen sein, als Erzspreicher gedient zu haben. Eine Lagerstättenbildung im ökonomischen Sinn ist in diesem Bereich unwahrscheinlich.

Potentielles Hoffnungsgebiet wäre eigentlich die gesamte Halbinsel mit Ausnahme der mächtigen mesozoischen Schichten im Akdağ-Massiv, welche ein Aufdringen von Erzlösungen bis in die obersten Stockwerke verhindert haben mögen. Von der Vererzung können alle Schichtglieder einschliesslich des Neogens erfasst worden sein, da diese an der Wende Miozän-Pliozän vor sich gegangen sein dürfte.

Es wird also empfohlen, die Halbinsel in einem Prospektionsprogramm zu durchforschen. Als erster Schritt soll eine Untersuchung aller Flussläufe und Bäche hinsichtlich ihrer Zinnoberführung erfolgen. Nach Einengung von potentiellen Hoffnungsgebieten durch diese einfache Methode wäre dann das Gebiet in einem darübergelegten Raster von Bodenproben auf eventuelle primäre Dispersionsareolen von Quecksilber zu untersuchen. Die Quecksilberbestimmung der Bodenproben wäre mit Hilfe des Mercury-Detectors der Firma Lemaire durchzuführen.

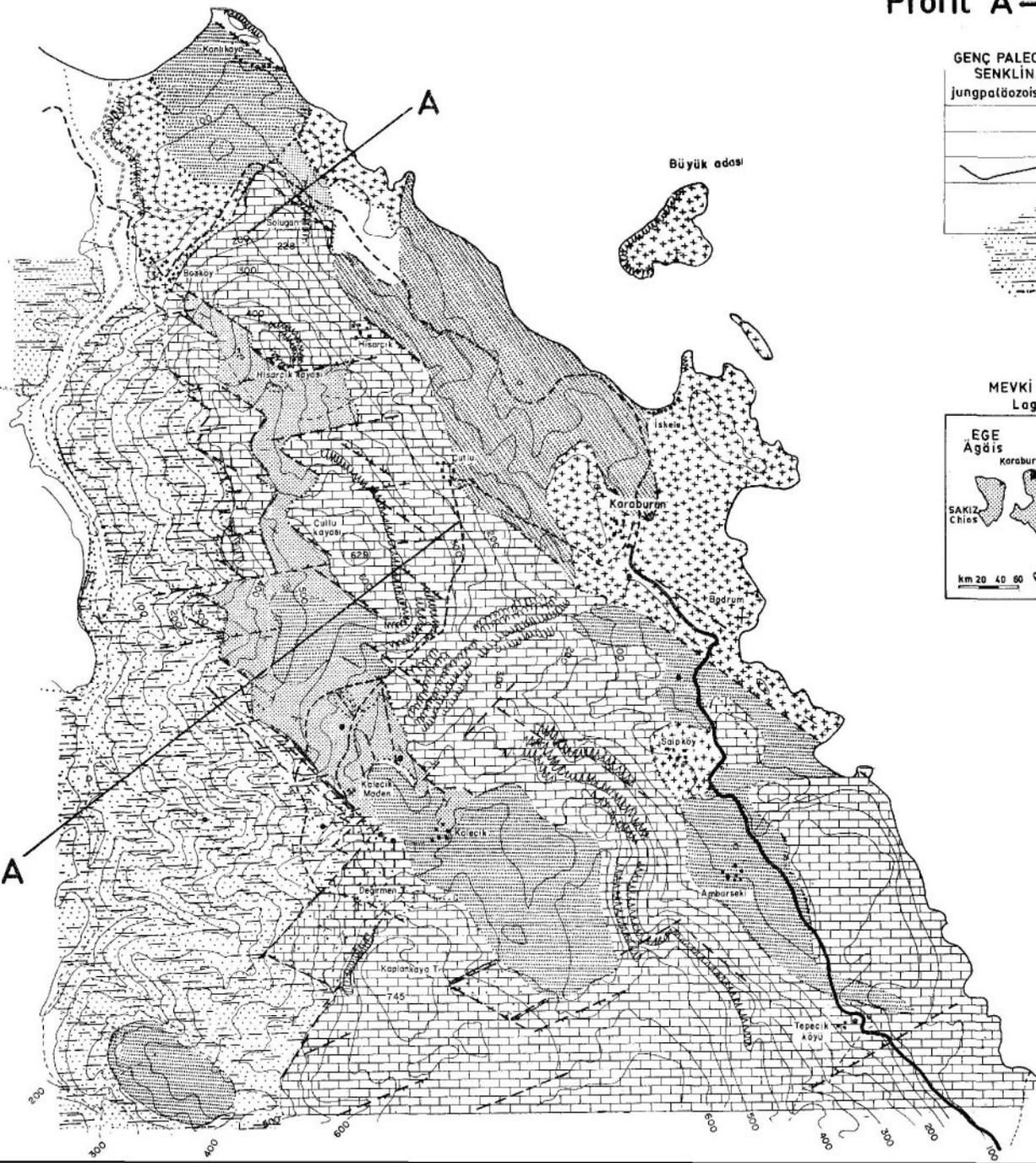
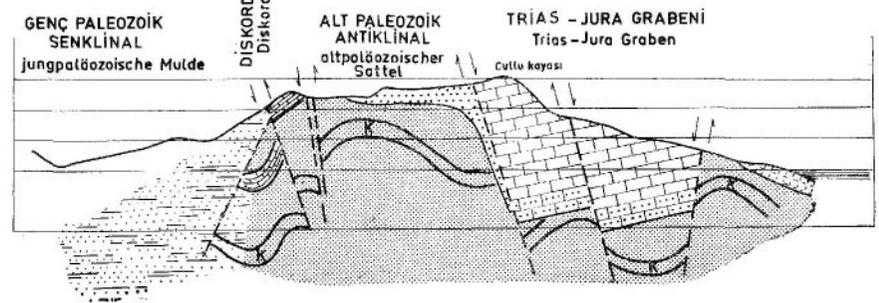
Diese Methode (Lehnert-Thiel, 1968) wurde in Österreich mit Erfolg durchgeführt und sie scheint für semi-aride Gebiete wegen der dort herrschenden guten geologischen Aufschlussituation besonders geeignet zu sein.

*Manuscript received April 29, 1969*

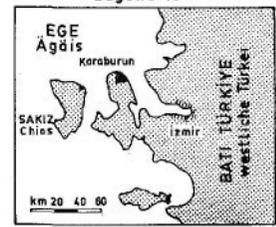
## L I T E R A T U R V E R Z I C H N I S

- AKARTUNA, M. (1962) : On the geology of İzmir-Torbalı-Seferihisar-Urla district. *M.T.A. Bull.*, no. 59, Ankara.
- ATABEK, S. (1936) : Karaburun, Ahırlı civa madeni hakkında rapor. *M.T.A. Rep.* no. 2603 (unpublished), Ankara.

# Profil A-A



## MEVKİ HARİTASI Lagekarte

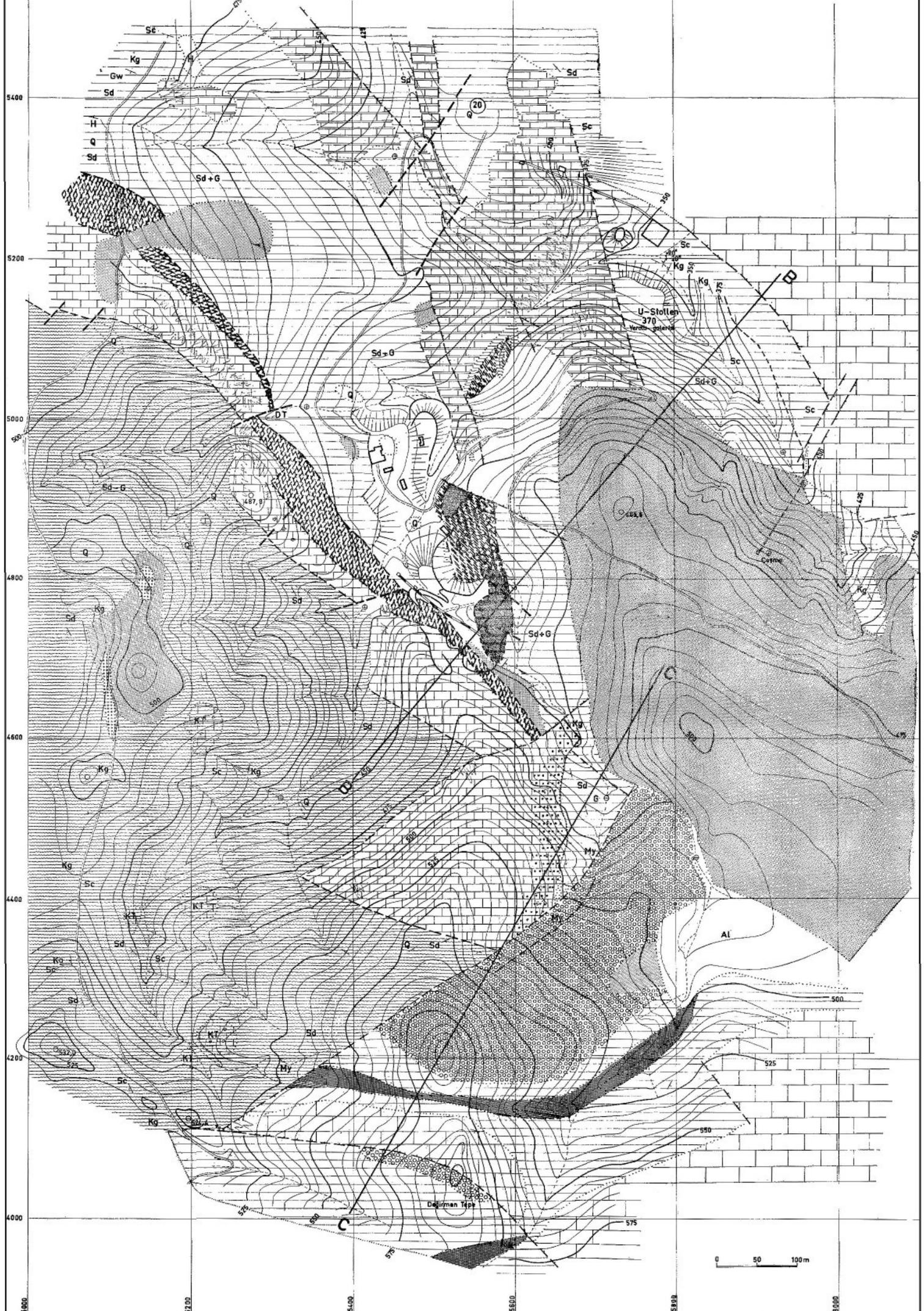


<b>ALÜVYON</b> Alluvium		1		9
<b>NEOJEN</b> Neogen		2		10
<b>TRIAS - JURA</b> Trias - Jura		3		11
<b>ORTA DEVONİYEN</b> M - Devon		4		12
<b>ÜST GOTLANDİYEN</b> O - Gotlandium		5		13
<b>GOTLANDİYEN - ORDOVİSİYEN</b> Gotlandium - Ordovizium		6		14
		7		15
		8		16
				17



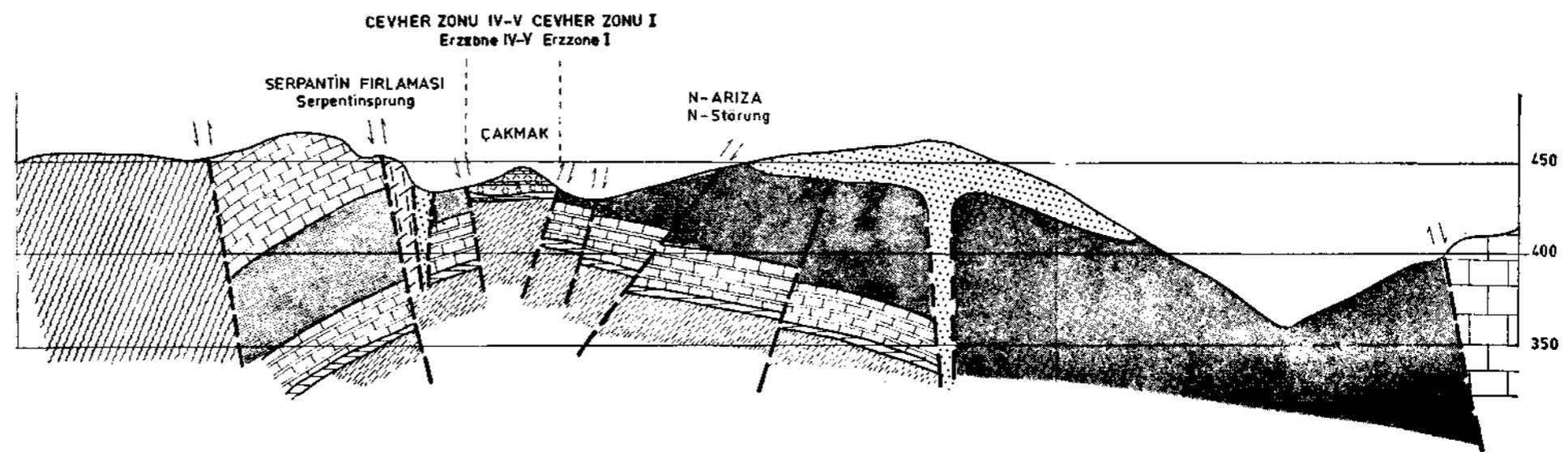
NE - TEIL DER HALBINSEL KARABURUN GEOLOGISCHE AUFNAHME

1 - Sande, Schotter; 2 - Tuff, Ton, Mergel, Kalkstein, Sandstein, Konglomerat; 3 - Akdağ Serisi: Kalker, tynrogens, Kalkbreccien; 4 - Sandstein, Schiefer, Konglomerat; 5 - Schichten von Denizgiren: Grauwacken, Sandsteine, Arkosen, Konglomerate, Quarzite, Kieselschiefer; 6 - Kalk von Kalecik: Kalk; 7 - Schichten von Kalecik: Sandstein, Grauwacke, Konglomerate, Quarzite, Hornstein, Diabasuff, Kalk, Olisthostrom; 8 - Granit; 9 - Serpentin; 10 - Basalt; 11 - Störung; 12 - Klüftung; 13 - Schichtstreichen; 14 - Bergbau; 15 - Fossilfundpunkte; 16 - positive (HgS Waschproben); 17 - negative (HgS Waschproben).

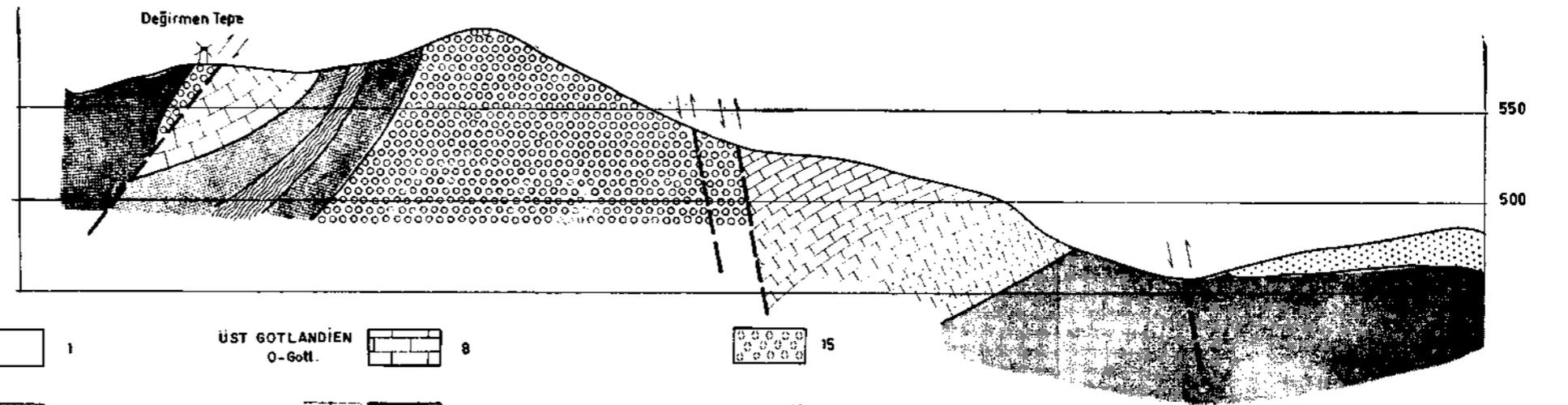


ZINNOBERBERGBAU KALECIK, LAGEPLAN U. GEOLOGISCHE AUFNAHME  
(Legende und Profile auf Tafel Nr. IV)

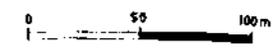
Profil B-B



Profil C-C



ALÜVYON Alluvium		1	ÜST GOTLANDIEN O-Gott.		8		15
PLÖSEN Pliozän		2			9		16
		3	ALT PALEOZOÏK Bilieres Paläozoikum Ayrılmamış alıştı eingeschuff		10		17
JURA ? - Jura ? - Jura		4			11		18
TRIAS Trias Boz Sakir		5			12		19
		6			13		20
ORTA DEVONIEN M - Devon		7			14		21
							22



- D'ACHIARDI, G. (1903) : Notizie sul giacimento cinabifero di Karaburun nell'Asia Minore. *Proc. verb. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat.*, pp. 173-176, Pisa and *M.T.A. Rep.* no. 716, Ankara.
- DAUSCH, A : S. GOODWIN, TRÖGEL & ATABEK.
- FLÜGEL, H. (1964) : Die Entwicklung des vorderasiatischen Paläozoikums. *Geotekt. Forsch.*, 18, I-II, p. 1-68, Stuttgart.
- GEORGALAS, G. C. (1949) : Contribution a la connaissance des roches eruptives de l'île de Metelin. *Bull. Volcan.* ser. II, tome IX, Napoli.
- GOODWIN, R. M; DAUSCH, A.; TRÖGEL, O. & ATABEK, S. (1927-1932) : Report on the present state of the Karaburun mercury mine. *M.T.A. Rep.* no. 777 (unpublished, Compendium), Ankara.
- GÖRLER, K. & REUTTER, K. J. (1968) : Entstehung und Merkmale der Olisthostrome. *Geol. Rund.* 57, 2, pp. 434-513, Stuttgart.
- HERMANN, F. (1947) : Die Antimonerzvorkommen Mittel- und Südosteuropas, ihre lagerstättenkundliche Stellung und wirtschaftliche Bedeutung. *Verh. Geol. B. A.*, H. 4-6, pp. 57-83, Wien.
- HÖLL, R. (1966) : Genese und Altersstellung von Vorkommen der Sb-W-Hg-Formation in der Türkei und auf Chios (Griechenland). *Bayer. Akad. d. Wiss., Math.-Naturwiss. K., Abhandlungen.* Neue Folge, H, 127, München.
- KALAFATÇIOĞLU, A. (1961) : A geological study in the Karaburun Peninsula. *M.T.A. Bull.* no. 56, pp. 40-49, Ankara.
- KAUFMANN, G. (1965) : Fossil-belegtes Alt-Paläozoikum im Nordost-Teil der Insel Chios (Ägäis). *N. Jahrb. Geol. Paläont. M-*, II, pp. 647-659, Stuttgart.
- KTENAS, C. A. (1925) : Contribution ä l'etude geologique de la presqu'île d'Erythree (Asie Mineure). *Ann. sci. de la Faculte des Sciences Al.*, pp. 1-57, Athenes.
- LEHNERT-THIEL, K. (1968) : Beispiel einer methodisch-systematischen Quecksilberprospektion im Gebiet von Eisenkappel in Unterkärnten. *Montan Raund.*, 16. Jg., H. 3, Wien.
- MAUCHER, A. (1965) : Der südost-europäische-mediterrane Antimon-Wolfram-Quecksilber-Gürtel. *Freib. Forsch. -H.*, C 186, pp. 173-188, Leipzig.
- PAEKELMANN, W. (1939) : Ergebnisse einer Reise nach der Insel Chios. *Z. deutsch, geol. Ges.* 91, pp. 341-376, Berlin.
- PHILIPPSON, A. (1911 1915) : Reisen und Forschungen im westlichen Kleinasien. *Peterm. geogr. Mitt., Ergänzungsh.*, p. 172, 183, Gotha.
- RAMDOHR, P. (1960) : Die Erzminerale und ihre Verwachsung. *Akademie-Verlag*, Berlin.
- STRECKEISEN, A. (1966) : Die Klassifikation der Eruptivgesteine. *Geol Rund-*, 55, 2, pp, 478-490, Stuttgart.
- TELLER, F. (1880) : Geologische Beobachtungen auf der Insel Chios. *Denkschr. math.-nat. Cl. K. Akad. Wiss.*, 11, pp. 340-356, Wien.
- TRÖGEL, O., : s. GOODWIN, DAUSCH, TRÖGEL & ATABEK.
- WIESNER, K. (1967) : Die Quecksilberlagestätten von Konya (Türkei) und ihre Prospektion. *Dw. Geol. Inst. Mont. Hochsch.* (unpublished), Leoben.
- YENER, H. (1938) : Karaburun civa madeni hakkında. *M.T.A. Rep.* no. 716 (unpublished), Ankara.

