

ZUR GEOLOGIE DER KRISTALLINEN GESTEINE VON MARATHON

VON
GEORG D. PAPADEAS

I. EINLEITUNG

1. Geographischer Überblick.

1.1. Lage, Grösse und Abgrenzung.

Das bearbeitete Gebiet liegt bei Marathon im nördlichen Ausläufer des Pentelikongebirges, welches dem attischkykladischen Massiv angehört.

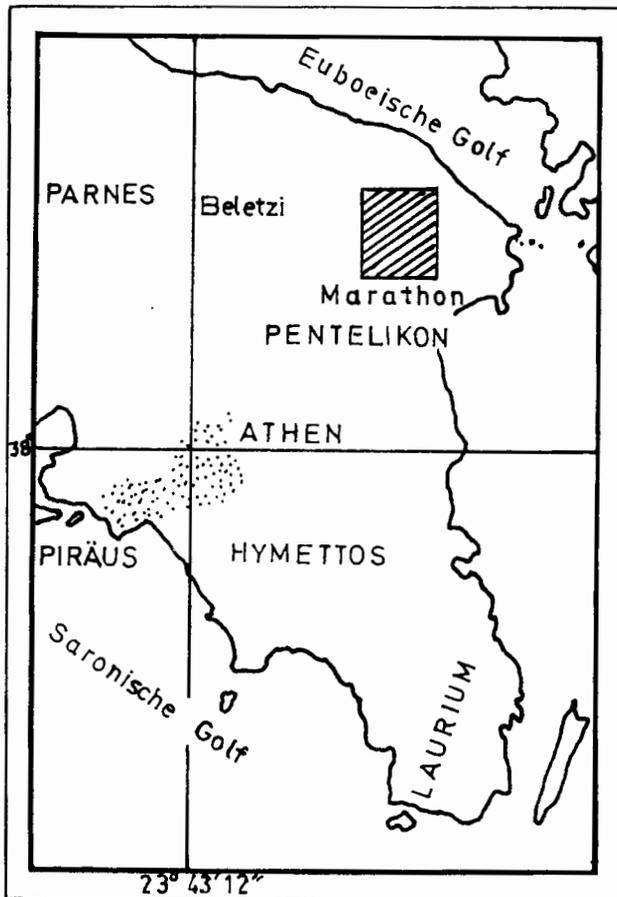


Abb. 1.

Das Kartierungsgebiet hat eine Grösse von etwa 50 km² und liegt ca. 50 km von der Stadt Athen entfernt.

Seine Begrenzung verläuft von Marathon nach NE über Haghios Dimitrios (Stravo koraki) his Haghios Theodoros, dann nach W über Coriziza bis Mimithi, von dort nach S über Profitis Helias bis zum See von Marathon.

Das Dorf Grammatikon liegt fast in der Mitte des Gebietes.

1. 2. Morphologie.

Der grösste Teil der Vertiefungen, Mölbungen, V-Täler und sonstigen morphologischen Formen sind auf die Erosionstätigkeit längs der durch tektonische Beanspruchungen vorgezeichneten Linien zurückzuführen.

Der Wechsel von metamorphen Schiefer und widerstandsfähigen Marmoren prägen das morphologische Bild der Landschaft. Marmorhorizonte bilden Steilstufen und schroffe Formen, die weichen Schiefer ein hügeliges, gewelltes Relief.

Zu den bedeutenden Erhebungen zählen Coriziza (590 m), Haghios Theodoros (400 m) und Haghios Dimitrios (360 m). Die durchschnittliche Höhe der übrigen Hügel liegt bei 200 - 300 m.

II. EINFÜHRUNG

Die kristallinen Gesteine Attikas, wurden von den ersten Autoren in die azoische Periode gestellt.

Von 1846 bis heute sind sehr viele Arbeiten darüber erschienen, die trotz intensiver Untersuchungen das Alter der kristallinen Gesteine Attikas noch nicht geklärt haben.

In einigen älteren Arbeiten erwähnen verschiedene Autoren fragwürdige Fossilien aus den metamorphen Gesteinen des attisch-kykladischen Massivs. Bis heute ist man zu keiner stratigraphischen Gliederung gelangt. Der Grund hierfür liegt in der beinahe völligen Zerstörung fossiler Lebensspuren durch die Metamorphose und in der starken Abtragung der fossilführenden oberen Schichten.

Aus den kristallinen Gesteinen des attisch-kykladischen Massivs wurden bis jetzt an Fossilien bekannt :

1875 NEUMAYR	<i>Nerinea</i> sp. (Akropolis)
1880 BITTNER	<i>Caprina</i>
1890 STEINMANN	<i>Calamophyllia</i>
1912 NEGRIS	? <i>Gyroporella vesiculifera</i> Gumb (Naxos)
1920 KOBER	<i>Lithodendron</i> (Hymettos)

1965	MARINOS - PETSCHASCHKE	<i>Terebratula</i> (Hymettos)
»	»	<i>Makroporella</i> (Hymettos)
»	»	<i>Lithodentron</i> (Laurion)
1959	MARINOS	<i>Qumqueloculina</i> (Pentelikon)
		<i>Rotalia</i> (Pentelikon)

Einen kurzen Überblick soll folgende Aufstellung über die Altersangabe verschiedener Autoren vermitteln, die sich hauptsächlich auf die bei Hymettos, Laurion, Pentelikongebirge, Akropolis und im Inselbereich auftretenden Marmorgesteine bezieht.

Für das archaisch bis vormittelpaläozoische Alter der kristallinen Gesteine treten ein :

CORDELLAS	1878
BÜCKING	1881
NEUMAYR	1881
LEPSIUS	1893
SINDOWSKI	1949
RENZ, G.	1910, 1955
TRIKKALINOS	1936, 48, 58, 59, 60
PARASKEVOPOULOS	1963
ROUMBANIS	1961

Andere Autoren nehmen ein mesozoisches Alter an, zu ihnen gehören :

TELLER - BITTNER - NEUMAYR	1880
RUSSEGER	1884
STEINMANN	1880
GAUDRY	1862
KOBER	1926
MARINOS - PETRASCHKE	1956

Eingehende geologische Arbeiten über das Gebiet Marathon existieren nicht.

Die ersten geologischen Kartierungen südlich meines Arbeitsgebietes stammen von LEPSIUS (1893). Sie reichen aber nur bis zum Pentelikongebirge.

In den von LEPSIUS kartierten Gebieten versuchten auch später viele Geologen, das Problem der Altersfolge der kristallinen Gesteine zu lösen.

PARASKEVOPOULOS bearbeitete (1963) das westlich an das Arbeitsgebiet angrenzende Gelände.

III. STRATIGRAPHIE UND PETROGRAPHIE

1. Methodisches Vorgehen zur Altersgliederung.

Da das Alter der kristallinen Gesteine bis heute umstritten war, versuchte ich die kristallinen Gesteine Marathons mit den nahegelegenen Horizonten des Parnesgebirges bei Beletzi, von dem nur die unteren vormittelkarbonischen Schichten stärker metamorphosiert sind, zu parallelisieren, um auf diese Weise vom bekannten Alter dieser nichtmetamorphen Schichten auf das Alter der metamorphen Gesteine im Kartierungsgebiet schliessen zu können. Ein ähnliches Vorgehen zeichnet sich schon in den Arbeiten von C. RENZ (1955), TRIKKALINOS (1959) und PARASKEVOPOULOS (1963) ab. Die von ihnen durchgeführte Parallelisierung führte allerdings zu keinen vollständigen Ergebnis, weil sie zu diesem Vergleich keinen Leithorizont heranziehen konnten.

Eine Begehung des Parnesgebirges bei Beletzi etwa 7 km westlich des Arbeitsgebietes lieferte mir sehr wertvolle Ergebnisse über das Alter der zu parallelisierenden stratigraphischen Horizonte.

2. Aufstellung der Gesteinsabfolge bei Marathon.

Durch die tektonischen Beanspruchungen und die nachfolgende Erosion wurden die kristallinen Gesteine Attikas in der Umgebung von Marathon zum Teil von den überdeckenden jüngeren Schichten freigelegt.

Es lassen sich mehrere kristalline Gesteinsserien unterscheiden, die bis heute im attischen Metamorphikum unbekannt waren.

Die Gesamtmächtigkeit der kristallinen Abfolge beträgt etwa 1300 m. Auf dem stark erodierten Untergrund der kristallinen Gesteine liegen stellenweise jungtertiäre und quartäre Sedimente auf.

3. Beschreibung der metamorphen Gesteinsserien

3. 1. Liegende Serie.

Die unterste Serie im Arbeitsgebiet wird durch kristalline Gesteine wie Kalkglimmerschiefer, Marmore und vulkanische Gesteine charakterisiert.

Diese Gesteine bilden in der Regel den untersten Teil des Kristallins in Attika, und treten hier bei Marathon nur im Bikiza-Tal auf.

Die gesamte Mächtigkeit der «Liegenden Serie» liess sich im Kar-

tierungsgebiet nicht ermitteln. Aufgeschlossen sind ca. 290 m. Sie lässt sich vom Liegenden zum Hangenden folgendermassen gliedern:

3. I. 1. Kalkglimmerschiefer.
3. I. 2. Oligoklas-Gneis.
3. I. 3. Serizit-Glimmerschiefer.
3. I. 4. Marmoreinschaltungen.
3. I. 5. Schieferiger Metatuffit.

Die «Liegende Serie», die ausserhalb des Kartierungsgebietes im Pentelikongebirge zutage tritt, wurde zu den Kaesarianischiefern gestellt. (LEPSIUS 1893). Zu diesem Ergebnis kamen auch andere Geologen, die einen Deckenbau für die kristallinen Gesteine annahmen (KOBBER 1920 u.a.) Diese Schichten (Pentelikonschichten) müssen jedoch von den eigentlichen Kaesarianischiefern, welche bei Kaesariani auftreten, nach Gesteinsverband und Lithologie unterschieden werden siehe S. 24).

3. I. 1. K a l k g l i m m e r s c h i e f e r.

Der Kalkglimmerschiefer steht im Bikiza-Tal an und bildet die stratigraphisch älteste Lage des Kartierungsgebietes.

Das feingeschieferete Gestein von hellbrauner bis hellgrauer Farbe verwittert sehr leicht.

An manchen Stellen treten in den unteren Partien verschieden grosse blaue dolomitische und weisse Marmorlinsen auf.

In den oberen Lagen dieses Schiefers sind einzelne Quarzlinsen eingeschaltet.

Die gesamte Mächtigkeit des Kalkglimmerschiefers beträgt 130 m.

U. d. M. erkennt man: Kalkspat, Quarz, Hellglimmer, Plagioklas, Brauneisen.

K a l k s p a t bildet meist ein ziemlich grobkörniges Mosaik und undeutliche Zwillinslamellen. In diesem Kalkspatpflaster liegen viele zerbrochene Quarz- und Plagioklaskörner.

Q u a r z ist der zweithäufigste Bestandteil dieses Gesteins. Seine Körner greifen oft buchtig ineinander. Seine Auslöschung ist undulös. Eine Einregelung in das Schieferungs s kann beobachtet werden.

Die H e l l g l i m m e r erreichen eine Länge von 0,25 mm, zeigen deutliche Spaltbarkeit und besitzen kräftige Interferenzfarben. Sie sind deutlich in s geregelt und umflasern die anderen Mineralien. Eine Biegung der Scheiter ist zu beobachten. Als Einschluss in den Hellglimmern tritt Quarz auf.

Plagioklas: (Max. Grösse 0,1 mm). Er ist xenomorph ausgebildet und enthält Einschlüsse von Hellglimmern und Quarz. Er wird kräftig von Kalkspat korrodiert und durchlöchert. Untergeordnet treten Karlsbader Zwillinge auf. Der Plagioklas kommt nur in bestimmten Lagen des Gesteins vor.

U. d. M. ist der Mineralbestand der eingeschlossenen Marmorlinsen: Kalkspat und Quarz.

Kalkspat: Er erweist sich als ein ziemlich grobkörniges Pflaster von Kalkspatkörnern. Diese zeigen scharfe rhomboedrische Zwillingslamellen. Die Körner sind wasserhell und miteinander leicht verzahnt. Die Korngrösse beträgt etwa $0,2 \times 0,3$ mm.

Quarz ist in Form von kleinen Körnern in den Kalkspatpflastern eingeschlossen. Er zeigt undulöse Auslöschung.

3. 1. 2. Oligoklas-Gneis.

Auf die besprochenen metamorphen Gesteine folgt ein Oligoklas-Gneis. Makroskopisch handelt es sich um ein blassgrünes Gestein das sich durch seine Härte und durch sein vorwiegend granoblastisches Gefüge auszeichnet. Die Schieferung ist undeutlich ausgebildet. Der Oligoklas-Gneis lagert mit scharfer Grenze über dem Kalkglimmerschiefer. Eine Diskordanz konnte nicht festgestellt werden, aber die scharfe Abtrennung der besprochenen Horizonte weist vermutlich auf eine Schichtlücke hin.

Klüfte treten deutlich hervor; sie sind teilweise mit Hämatitblättchen gefüllt.

Die Mächtigkeit des Oligoklas-Gneises beträgt etwa 50 m.

U. d. M. erkennt man: Plagioklas, Orthoklas, Quarz, Hellglimmer, Biotit, Apatit, Zirkon und Erz.

Gefüge.

Das Gefüge ist grano- bis lepidoblastisch.

Das granoblastische Gefüge setzt sich aus den helleren Bestandteilen, Plagioklas und Quarz zusammen.

Das lepidoblastische Gefüge wird von Muskowit und Biotit gebildet.

Die Glimmerminerale umflasern die augenförmigen Plagioklasen und Quarze.

Die grossen Plagioklas-Granoblasten werden von kleinen Individuen nach einer geregelten Richtung durchzogen. Dieses Interngefüge der Plagioklasaugen divergiert deutlich von dem allgemeinen Vorherrschen des Schieferungs-s des Gesteins.

Plagioklas (An. Geh. 16%) bildet Porphyroblasten, die von Hellglimmer umflasert werden und ein aus Quarz und Hellglimmer bestehendes Interngefüge aufweisen, das vom Externgefüge abweicht. An Hand des Interngefüges der Porphyroblasten lässt sich eine Rotation der Plagioklase feststellen.

Der Plagioklas ist gelegentlich nach dem Albitgesetz lamellar verzwilligt. Oft ist er mit Quarz verzahnt. Seine Korngrösse beträgt $0,2 \times 0,3$ mm.

Orthoklas bildet sehr kleine Kornaggregate, die oft an den Plagioklas grenzen.

Quarz: Seine Auslöschung ist undulös. Er bildet schwachverzahnte Kornaggregate von $0,80 \times 0,1$ mm, welche häufig in s gestreckt sind. Ausserdem kommt er als Einschluss in den Plagioklasen vor.

Hellglimmer bildet meist längliche, hypidiomorphe Scheiter, die sehr oft verbogen sind. Seine Grösse beträgt etwa $0,1 \times 0,4$ mm.

Biotit ist kräftig pleochroitisch von dunkelolivgrün nach hellbräunlichgrün. Er bildet kleine hypidiomorphe Schuppen, die sich an die Hellglimmer anlegen oder sie scharf begrenzt durchschneiden. Die Korngrösse beträgt etwa $0,1 \times 0,3$ mm.

Apatit und **Zirkon** bilden gedrungene Säulen. Sie kommen in Plagioklas oder auf dessen Korngrenzen vor.

Mineralbestand in Vol. %

Plagioklas	48,1 %
Quarz	30,8 %
Orthoklas	8,52 %
Hellglimmer	10,6 %
Biotit	0,91 %
Akzessorien	0,15 %

3. 1. 3. Serizit-Glimmerschiefer.

Der Oligoklas-Gneis geht allmählich in den Serizit-Glimmerschiefer über, der 6 m mächtig ist. Das Gestein zeigt eine hellgrüne Farbe und ist durch seinen hohen Glimmergehalt ausgezeichnet.

Oberflächlich wird dieses Gestein unter Eisenabscheidung teilweise rot gefärbt.

U. d. m. sind die Mineralien :

Hellglimmer, Plagioklas, Quarz, Apatit und Erz-beobachtet.

Hellglimmer bildet langgestreckte Zeilen parallel dem Schieferungs-s. In diesen Zeilen sind die Glimmerindividuen verschränkt verwachsen. Sie umschliessen oft Plagioklas, Quarz, Apatit und Erz.

Plagioklas tritt xenomorph auf und zeigt vereinzelt Albitlamellierung. Dem Anorthitgehalt nach entspricht er einem Oligoklas (An. 14-16%). Oft enthält er Einschlüsse von Quarzkörnchen. Die Korngrösse beträgt etwa 0,2 mm.

Quarz: Parallelgestreckte Kornaggregate sind verzahnt verwachsen und löschen undulös aus.

Apatit ist selten, er kommt als Einschluss in den Hellglimmer vor.

3. 1. 4. Marmoreinschaltungen.

Im Hangenden dieses Serizit-Glimmerschiefers treten im Bikiza-Tal (nordöstlich des Marathon-Sees), wo die «Liegende Serie» in grossem Umfang zutage tritt, gelegentlich Kalkglimmerschiefer und Marmoreinschaltungen auf.

Die Mächtigkeit der Karbonatgesteine beträgt bei Villia bzw. Bikiza 2 m und wechselt in kurzen Abständen.

2 km nordöstlich von Kalenzi und zwar auf der Strasse vom Marathon-See nach Grammatikon konnte ich in einer Marmoreinschaltung Quarz und Erzlinsen, die parallel der Schichtung eingeregelt sind, beobachten.

Klüfte treten deutlich hervor und sind mit Erz gefüllt.

3. 1. 5. Schieferiger Metatuffit.

Nach oben hin folgt ein hellbrauner schieferiger Metatuffit, welcher eine Mächtigkeit von etwa 100 m besitzt. Die Verzahnung mit den liegenden Marmoreinschaltungen und der Kalkspatgehalt lassen auf submarine Bildung schliessen.

Ca. 3 km nordwestlich von Marathon an der Strasse nach Marathon See (Kalenzi) wird dieses Gestein von dem «Unteren Marmor von Laurion» diskordant überlagert (siehe Profil C-C' Beilage II). Dies weist auf eine Erosion hin, die meinen stratigraphischen Ergebnissen (S. 23) nach vermutlich vormittelkarbonisch stattgefunden hat.

Innerhalb dieser diskordanten Schichtgenze des «Unteren Marmors von Laurion» und des schieferigen Metatuffits bei Villia beobachtete ich eine 5 m lange und 1 m mächtige Erzlinse (s. Abb. 3). Im Mineralbestand dieses oxydierten Erzes stellte ich Zinkblende und Brauneisen fest (siehe Vererzungs-Teil S. 55).

U. d. M. ist der Mineralbestand Quarz, Plagioklas, Epidot, Hellglimmer, Apatit, Zirkon, Kalkspat, Glas und Erz.

Q u a r z: Seine Auslöschung ist undulös. Er bildet bis zu $0,07 \times 0,1$ mm grosse Körner, die zum Teil schwach miteinander verzahnt sind.

Weiter tritt er auch als Einschluss im Plagioklas, Epidot, Hellglimmer und Glas auf. Sehr oft ist er im Schieferungs s des Gesteins gestreckt.

P l a g i o k l a s ist xenomorph und bildet rundliche Aggregate. Der Korn beträgt max. 0,2 mm. Sehr selten treten Albitlamellen auf. Oft enthält er mehrere Einschlüsse von Quarz, Hellglimmer, Apatit, Zirkon und Erz (An. Geh. 15%).

H e l l g l i m m e r. Seine grossen Scheiter umfassen die Quarze. Feldspäte und oft die Epidote. Die Einregelung der Hellglimmer ist deutlich erkennbar und bedingt die Schieferung des Gesteins. Daneben bildet er zerlappte Blätter, die sich auch quer zum-Schieferungs-s stellen können. Die Hellglimmer zeigen deutliche Spaltbarkeit und kräftige Interferenzfarben. Er wird stets von Erz begleitet.

K l i n o z o i s i t ist gut gekennzeichnet durch seine gelblichen und meerblauen anomalen Interferenzfarben. Er findet sich in grossen und kleinen Aggregaten, die hauptsächlich zerbrochen vorliegen. Zwischen den einzelnen Kriställchen zeigen sich Spuren einer beginnenden Umwandlung in Hellglimmer.

A p a t i t und **Z i r k o n** kommen als Einschlüsse in Plagioklas und Hellglimmer, seltener in Epidot vor.

K a l k s p a t tritt an bestimmten Stellen getrübt und unlamielliert auf.

G l a s erkennt man an seiner optisch isotropen Grundmasse mit den Sphärolithen. Radial in den Sphärolithen angeordnete Minerralien (Chalzedon) lassen zwischen + Nic. ein dunkles Kreuz erkennen.

E r z findet sich oft in den Spaltrissen der Hellglimmer. Körnig kommt es in den Intergranularräumen vor.

Mineralbestand in Vol. %

Quarz	24,4 %
Plagioklas	14,6 %
Hellglimmer	22,4 %
Klinozoisit	17,8 %
Glas	0,7 %
Erz	3,0 %
Akzessorien	1,0 %
Kunstharz	14,4 %

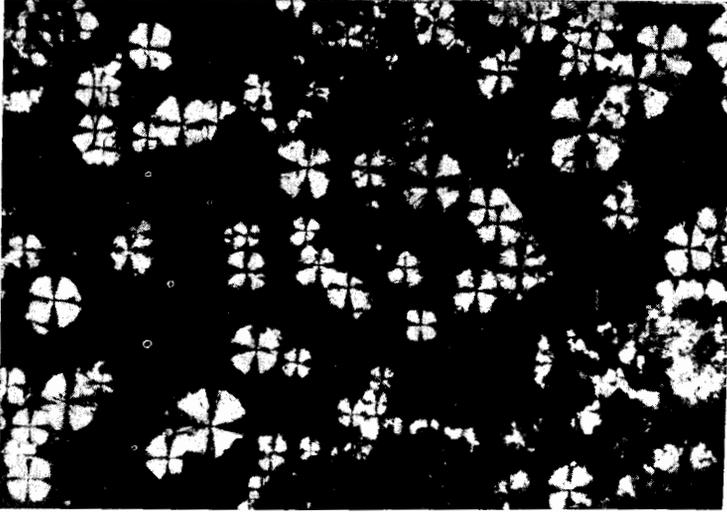


Abb. 2 (+ Nic.). Ein grösserer Glasrest, der zahlreiche Sphärolithen aus Chalzedon umschliesst, weist darauf hin, dass dieses metamorphe Gestein aus einem vulkanischen Tuff entstanden ist.

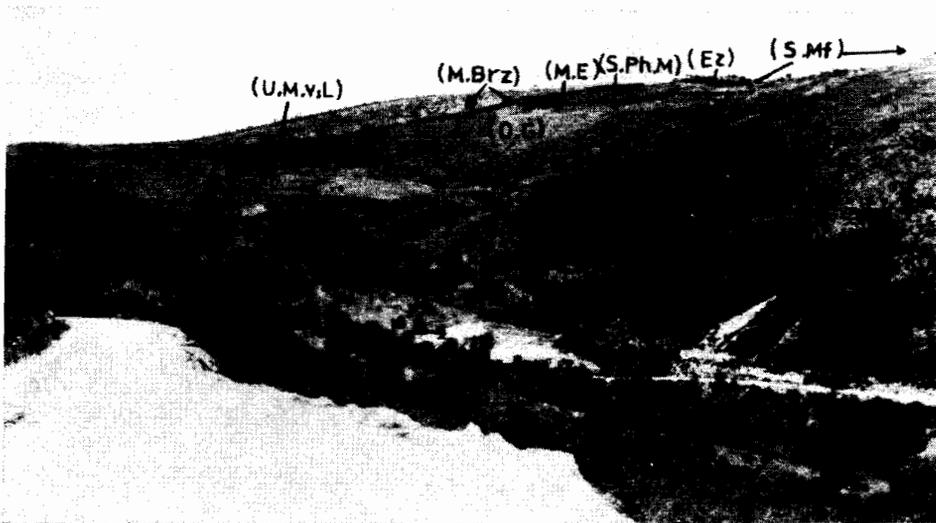


Abb. 3. Die Schichtfolge der kristallinen Gesteine Marathons im Bikiza-Tal (NE Marathon-See).

U.M.v.L.	. . . . .	Unterer Marmor von Laurion
Ez.	. . . . .	Erzlinse
S.Mf.	. . . . .	Schiefriger Metatuffit
M.E.	. . . . .	Marmoreinschaltungen
M. Brz.	. . . . .	Marmorbrekzie
S. Ph. M.	. . . . .	Serizit-Glimmerschiefer
O.G.	. . . . .	Oligoklas-Gneis
K.G.S.	. . . . .	Kalkglimmerschiefer

3. 1a. Stratigraphische Einordnung der Liegenden Serie.

Die «Liegende Serie» lässt sich bis zum Pentelikongebirge verfolgen (etwa 8 km südlich des Arbeitsgebietes) und bildet das Hangende des «Unteren Pentelikon Marmors» der das tiefste Glied der kristallinen Gesteinsabfolge Attikas darstellt. Jedoch ist im Pentelikongebirge wie auch in anderen Teilen der kristallinen Gesteine des attisch-kykladischen Massivs ein vulkanische Tuffe noch nicht nachgewiesen, doch treten hier u.a. Paragneise auf (PARASKEVOPOULOS 1957, Pentelikongebirge), die sehr wahrscheinlich aus diesen vulkanischen Tuffen entstanden sind.

Im nichtmetamorphen Gebiet des Parnesgebirges C. RENZ 1955, TRIKKALINOS 1958, ROUMBANIS 1961) folgen bei Berori über den Liegenden metamorphen Kalkglimmerschiefern vulkanische Gesteine. Diese vulkanischen Gesteine gehören nach den genannten Autoren den Quarzporphyren oder Porphyriten an. Sie liegen nach TRIKKALINOS und ROUMBANIS diskordant auf dem Kalkglimmerschiefer.

Diese zwei genannten Schichten Kalkglimmerschiefer und vulkanische Tuffe wurden auf Grund fossilreicher Horizonte über den Vulkaniten von C. RENZ and ROUMBANIS ins Vormittelkarbon eingestuft. Eine chemische Analyse von dem beim Parnesgebirge auftretenden vulkanischen Tuff ergab nach ROUMBANIS folgende Werte :

SiO ₂	45,7 %
Al ₂ O ₃	13,6 %
Fe ₂ O ₃	7,7 %
CaCO ₃	18,75 %
MgO	3,00 %
MnO	Spuren
Na ₂ O	Spuren

Die Übereinstimmung der petrographischen und stratigraphischen Gegebenheiten lässt eine Parallelisierung der etwa 8 km voneinander entfernten Tuff-Vorkommen zu.

Die im Arbeitsgebiet beobachteten Oligoklas-Gneis bis Oligoklas-Schiefer und Serizit-Glimmerschiefer stammen wahrscheinlich auch von vulkanischen Ursprungsmaterial ab, jedoch konnte dies nur für den Schieferigen Metatuffit (S. 20) nachgewiesen werden. Das mikroskopische Befund der drei genannten Gesteine ergab, dass es sich um Saure Vulkanite handelt. Zu demselben Ergebnis kam auch ROUMBANIS (1961) im Gebiet des Parnesgebirges bei der chemischen Untersuchung des dort auftretenden Tuffs

Weitere Anhaltspunkte bieten auch die Schichten, welche diese Vulkanischen Gesteine in beiden Gebieten (Marathon und Parnesgebirge) diskordant überlagern.

Nach diesen vergleichenden Beobachtungen kann die Liegende Serie mit grosser Wahrscheinlichkeit in das Vormittelkarbon eingestuft werden.

3. 2a. Mittlere Serie.

Dieser Gesteinskomplex wird von der «Liegenden Serie» durch eine Winkeldiskordanz abgegrenzt.

Der «Untere Marmor von Laurion» bei Marathon lagert diskordant über der «Liegenden Serie» (s. Profil C-C' Beilage II).

Die «Mittlere Serie» stellt eine Wechsellagerung von Marmorlagen und Schiefern dar. Sie lässt sich vom Liegenden zum Hangenden in folgende Gesteinsarten gliedern :

3. 2. 1. «Unterer Marmor von Laurion»
3. 2. 2. Unterer Kalkglimmerschiefer
3. 2. 3. «Oberer Marmor von Laurion»
3. 2. 4. Oberer Kalkglimmerschiefer
3. 2. 5. Albit-Chloritschiefer
3. 2. 6. Blauer quarzgebänderter Marmor
3. 2. 7. Zwei-Glimmerschiefer.

Besonders der «Untere Marmor von Laurion», der Untere Kalkglimmerschiefer und der Albit-Chloritschiefer sind im Kartierungsgebiet sehr weit verbreitet.

Die besten Aufschlüsse der «Mittleren Serie» befinden sich nordöstlich von Marathon am nordwestlichen Abhang des Hagios Dimitrios und bei Bikiza.

Die Untersuchungen ergaben, dass sich die Marmorhorizonte der «Mittleren Serie» bei Marathon denen von Laurion gegenüberstellen lassen und dass sie sich lithologisch entsprechen.

Daher wird für diese Schichten bei Marathon die allgemeine Nomenklatur verwendet, d. h. «Oberer Marmor von Laurion» und «Unterer Marmor von Laurion».

Die ebenfalls in der «Mittleren Serie» auftretenden kristallinen Schiefer werden allgemein als «Kaesianische Schiefer» bezeichnet (LEPSIUS 1893). Im Arbeitsgebiet konnten die Kalkglimmerschiefer über dem «Unteren Marmor von Laurion» dem Unteren Kaesianische Schiefer gleich-

gestellt werden, während die Kalkglimmer- und Albit-Chloritschiefer im oberen Teil der «Mittleren Serie» mit dem Oberen Kaesianischefer parallelisiert werden.

3. 2. 1. U n t e r e r M a r m o r v o n L a u r i o n i n d e r S c h i c h t f o l g e b e i M a r a t h o n .

Dieser Marmor ist fein bis mittelkörnig, in der Regel gebankt und besitzt im allgemeinen eine weisse Farbe. In den oberen Schichten tritt stellenweise ein bläulicher Farbton hinzu, während die unteren Schichten an manchen Stellen gelblich erscheinen.

In den oberen und unteren Marmorlagen ist ein Gehalt an Serizit-Schüppchen beobachtet worden. Sie sind entweder in Lagen oder unregelmässig im Gestein vorhanden.

Der Marmor ist stark zerklüftet und zeigt stellenweise typische, karrenförmige Verwitterungserscheinungen. Manchmal verwittert er unter Eisenabscheidung, was einen rötlichen Überzug bewirkt.

Härteunterschiede sind vorhanden.

Örtlich erkennt man an der Basis dieses Marmors eine verfestigte Marmorbrekzie. Diese Marmorbrekzien kommen bei Matathon nordwestlich von Villia bei Bikizar vor. Die Komponenten stammen aus den Marmoreinschaltungen die sich zwischen dem schiefrigen Metatuffit und dem Serizit-Glimmerschiefer der «Liegenden Serie» befindet (s. Abb. 3).

Die Mächtigkeit des «Unteren Marmors von Laurion» beträgt bei Grammatikon 150 m und nimmt in westlicher Richtung zum Parnesgebirge hin ab. Am Marathon-See beträgt sie nur noch 60 m.

Die einzelnen Bänke sind 20 cm bis 3 m. mächtig.

Bei Kalenzi (Trypes) wurden aus den Störungszonen, Klüften, unteren Schichten und aus den Liegenden Schichten dieses Marmors sulfidische Erze bis 1915 abgebaut.

Nördlich von Grammatikon wurde ebenfalls bis 1915 Limonit abgebaut. Dieser Limonit befindet sich in einer 1 km langen und 6 bis 8 m breiten Spalte dieses Marmors (siehe Vererzungs-Teil S. 55 ff).

U. d. M. das Gestein enthält stellenweise Hellglimmer, Quarz und Erz.

3. 2. 2. U n t e r e r K a l k g l i m m e r s c h i e f e r .

In den kristallinen Gesteinen Attikas bei Marathon trennt ein Kalkglimmerschiefer den «Unteren Marmor von Laurion» von dem «Oberen Marmor von Laurion». Seine Farbe ist hellbraun, er ist oft phyllitisch ausgebildet und verwittert leicht. Örtlich sind Quarzknauer von einer milchigweissen Farbe unregelmässig im Kalkglimmerschiefer verteilt. Besonders in den Liegenden Partien dieser Kalkglimmerschiefer

sind Linsen von schwarzblauem Marmor bis zu einer Mächtigkeit von 1 m eingeschaltet. Die Mächtigkeit des Kalkglimmerschiefers schwankt zwischen 50 und 80 m.

U. d. M. ist der Mineralbestand Kalkspat, Hellglimmer, Quarz, Plagioklas und Brauneisen.

Kalkspat ist vorherrschend grobkörnig. Zum Teil zeigt er deutliche Zwillingslamellen und ist klar, zum Teil auch getrübt und unlamelliert. In dem Kalkspatpflaster sind ausser Quarz und Hellglimmer örtlich Plagioklas und Anhäufung von Brauneisen eingebettet.

Hellglimmer: Er kommt in langgestreckten feinschuppigen Aggregaten vor. Er liegt parallel dem Schieferungs s, manchmal auch senkrecht dazu. Seine Spaltbarkeit ist deutlich ausgebildet und seine Interferenzfarben sind kräftig.

Quarz: Er bildet oft verzahnte Kornaggregate aus verschieden grossen Körnern. Seine Auslöschung ist undulös. Auf Intergranularräumen sind schmal gestreckte Quarzindividuen aufgesprosst.

3. 2. 3. Oberer Marmor von Laurion in der Schichtfolge von Marathon.

Dieser Marmor ist ebenfalls wie der «Untere Marmor von Laurion» fein bis mittelkörnig ausgebildet.

Die Farbe wechselt von blau in den dünner gebankten nach weiss in den mächtigeren Schichten.

Ein Gehalt an Serizitschüppchen ist innerhalb der Schichtgrenzen lagenförmig beobachtet worden.

Klüfte treten deutlich hervor.

Die Mächtigkeit dieses Gesteins beträgt bei Haghios Dimitrios (nördlich von Marathon) 30 bis 40 m und nimmt in nordöstlicher und nordwestlicher Richtung ab. Am westlichen Abhang von Aringliani beträgt sie 6 m.

Die einzelnen Bänke sind 5 cm bis 2 m mächtig.

Seine Verbreitung ist nicht sehr gross im Vergleich zum «Unteren Marmor von Laurion». Man trifft ihn zunächst nordöstlich von Marathon bei Haghios Dimitrios in einem Schieferkomplex eingeschlossen an. Von dort bildet er über Ano Souli bis Haghia Trias einen zum Teil stark gestörten Marmorzug von unterschiedlicher Mächtigkeit und abwechselnd blauer und weisser Farbe. Ausserdem steht er auf der Strasse von Grammatikon nach Barnabas westlich von Aringliani mit weisser Farbe, ebenfalls in einem Schieferkomplex eingeschlossen, an.

U. d. M. Quarzkörnchen mit undulöser Auslöschung und Hellglimmer sind zwischen den Kalkspatkristallen eingestreut.

3. 2. 4. Oberer Kalkglimmerschiefer.

Über dem «Oberen Marmor von Laurion» bei Marathon folgt ein etwa 10 bis 20 m mächtiges Schiefer-Marmorpaket. Das Gestein ist ähnlich ausgebildet wie alle bis jetzt erwähnten Kalkglimmerschiefer. Jedoch treten an bestimmten Stellen mehrere blaue zum Teil grobkristalline Marmorlinsen mit abwechselnder Mächtigkeit bis zu 2 m auf.

Die besten Aufschlüsse sind am westlichen Abhang des Haghios Dimitrios (Marathon) anzutreffen.

U. d. M. ist der Mineralbestand Kalkspat, Hellglimmer, Quarz und Brauneisen.

Kalkspatkörner bilden ein grobkörniges Mosaik. Sie sind leicht getrübt und selten lamelliert. Durch das Gestein ziehen braune Linsen von Brauneisen.

Quarz und Hellglimmer kommen in geringerer Menge vor als im Unteren Kalkglimmerschiefer. Beide sind parallel dem Schieferungs s geregelt.

3. 2a₁. Stratigraphischen Einordnung des Schichten 3. 2. 1. bis 3. 2. 4.

Für die stratigraphische Einstufung der oben erwähnten Schichten «Unterer Marmor von Laurion» bis Obere Kalkglimmerschiefer der kristallinen Gesteine Attikas bei Marathon konnte ich die Ergebnisse der Arbeiten von PARASKEVOPOULOS (1963) und TRIKKALINOS (1959) über die kristallinen Gesteine Attikas und den Schichten des Parnesgebirges zu Schlüssen heranziehen.

Am westlichen Abhang des Pentelikongebirges, das dem attischkykladischen Massiv angehört, wurde von TRIKKALINOS (1959) ein Marmorhorizont festgestellt, der sich unter den metamorphosefreien, paläozoischen- und Trias-Schichten des Parnesgebirges weiter fortsetzt.

Von PARASKEVOPOULOS (1963) wurden im Parnesgebirge bei Affidnae metamorphe Schiefer und Kalke des Oberkarbons nachgewiesen. Wenige Kilometer weiter östlich am Hügel Kotroni Stamatas, welcher nur 2 km westlich des Arbeitsgebietes bzw. am Marathon-See liegt, wurden von PARASKEVOPOULOS ebenfalls metamorphe Schiefer nachgewiesen, die sich nach seiner Auffassung wenig oder gar nicht von den oberkarbonischen metamorphen Schiefen des Parnesgebirges unterscheiden, die hier im Hangenden von Triaskalken überlagert werden.

Nach eigenen Beobachtungen liegt im Parnesgebirge der von TRIKKALINOS (1950) beschriebene, zum grössten Teil metamorphisierte Marmorhorizont diskordant auf den vulkatischen Tuffen und im Liegenden der Tonschiefer und Psammite des Ober- bzw. Mittelkarbons. Seine Mächtigkeit beträgt zwischen 30 und 50 m. Er ist sehr weit verbreitet und besonders am Kalibazaki und am östlichen Abhang des Beletzi-Gipfels gut aufgeschlossen.

Dieser Marmor entspricht dem «Unteren Marmor von Laurion», der im Kartierungsgebiet Marathon in dem gleichen Schichtverband mit einer Mächtigkeit von 60 bis 150 m auftritt.

Anknüpfend an die oben erwähnten Beobachtungen von PARASKEVOPOULOS (1963) versuchte ich die schwach metamorphen Schiefer des Parnesgebirges mit den kristallinen Schiefeln bei Marathon zu parallelisieren.

Bei Begehungen ausserhalb des Arbeitsgebietes konnte ich in Übereinstimmung mit PARASKEVOPOULOS festgestellt werden, dass der Metamorphosegrad allmählich von Westen (Parnesgebirge) nach Osten (Marathon) zunimmt. So sind die ober- bzw. mittelkarbonischen Tonschiefer, Psammite und Kalkeinlagerungen im Liegenden der Triaskalke von Beletzi nur leicht metamorph überprägt, während diejenigen bei Kalibazaki etwa 350 m östlich von Beletzi zum grössten Teil stärker metamorphosiert sind, wobei sich hier ein 4 m mächtiger weisser Marmorhorizont in den Schiefeln einschaltet (Lokalität: Steinbruch am Eisenbahngleis Athen-Thessaloniki bei Affidnae). Die etwa 5 km östlich davon anstehenden Schiefer sind völlig metamorphosiert. Die weitere östliche Fortsetzung dieser Schichten wurde im Kartierungsgebiet bis Haghios Dimitrios bei Marathon ununterbrochen verfolgt.

Nach C. RENZ (1910, 1955) und ROUMBANIS (1961) setzen sich die jungpaläozoischen Schichten im Parnesgebirge bei Beletzi, die diskordant auf den vulkanischen Tuffen liegen, aus Tonschiefeln, Psammiten und Kalkeinlagerungen zusammen. Fossilfunde von C. RENZ und ROUMBANIS ermöglichen eine Altersstellung dieser schwachmetamorphen Schichten in das Ober- und Mittelkarbon.

Die Gesteinsabfolge im Arbeitsgebiet vom «Unteren Marmor von Laurion» bis zum Oberen Kalkglimmerschiefer ist auf Grund lithologischer Ähnlichkeiten mit dem Parnesgebirge in das gleiche Alter, d. h. Ober- und Mittelkarbon zu stellen.

3. 2. 5. Albit-Chloritschiefer.

In Hangenden des Oberen Kalkglimmerschiefers ist eine Änderung der lithologischen Fazies festzustellen. Das Gestein wird sehr reich an

Feldspat und Chlorit und ist intensiver braun gefärbt als das Liegende. Es wird eine Schichtlücke vermutet. Die ungünstigen Aufschlussverhältnisse gestatten es jedoch nicht, hierüber eine Aussage zu machen.

Das Gestein enthält stellenweise Einschaltungen von blauen Marmorlinsen (etwa 10 cm mächtig) und kleinen Linsen von grauschwarzen Phyllitschiefern. Letztere wurden sehr oft rechts der Strasse von Marathon nach Ano Souli beobachtet. Die Mächtigkeit des Albit-Chloritschiefers beträgt nordöstlich von Marathon am westlichen Abhang des Aghios Dimitrios etwa 10 m und nimmt nach Ano Souli auf 600 m zu. Der Albit-Chloritschiefer bildet besonders bei Ano-Souli den mächtigsten Schieferhorizont in der «Mittleren Serie».

Er ist im Kartierungsgebiet nordöstlich von Marathon verbreitet und lässt sich über Ano Souli nach Osten verfolgen. Ausserdem erscheint er westlich von Grammatikon, und zwar auf der Strasse nach Barnabas bei Mimithi.

U. d. M. erkennt man Feldspat, Chlorit, Kalkspat, Titanit, Epidot, Hellglimmer und sehr wenig Quarz.

Das Gefüge ist grano- bis lepidoblastisch ausgebildet. Besonders durch die Einregelung von Pennin wird die Schieferung deutlich. Die körnigen Lagen sind schieferungsparallel von breiten, manchmal dünn ausgeilenden Penninkissen durchzogen, die oft grosse Feldspäte und Epidote umschliessen, jedoch gerade Korngrenzen besitzen.

Der Plagioklas ist nur selten nach dem Albitgesetz verzwillingt. Er wird von Hellglimmern durchzogen und besitzt eine poikiloblastische Struktur. Die Korngrösse beträgt $0,3 \times 0,3$ mm. Als Einschlüsse sind Titanit, Kalkspat, Hellglimmer, Epidot, Pennin und Quarz enthalten (An. Geh. 13%).

Beginnende Saussuritisierung der Plagioklase ist zu beobachten.

Der Chlorit ist in Haufen, Schuppen und langgezogenen Faseraggregaten reichlich im ganzen Gestein verbreitet. Es handelt sich hier um Pennin, der durch seine anomale hellblaue Interferenzfarbe gekennzeichnet ist. Die Grösse der Faseraggregate beträgt etwa $0,2 \times 0,004$ mm.

Der Kalkspat bildet korallenartige Körner, zeigt deutliche Zwillingslamellen und schliesst oft Plagioklas, Epidot und Chlorit ein.

Epidot: Viele Pistazitkörnchen sind durch das ganze Gestein verstreut. Sie sind hellgelblich durchsichtig. Nach einer Richtung zeigen sie eine Spaltbarkeit, entlang welcher die Kristalle

häufig zersprengt und in ihre Teile auseinander gerissen sind. Oft werden sie von Plagioklas begrenzt oder umschlossen.

Klinozoisit mit blauer Interferenzfarbe, tritt sehr beschränkt auf. Die mittlere Korngrösse der Epidote beträgt etwa 0,4 mm Ø.

Der Titanit bildet schwarzbräunlich gefärbte spitzrhomboedrische 0,01 × 0,02 mm grosse Körner. Er kommt hauptsächlich als Einschluss in den Plagioklasen vor.

Die Hellglimmer erreichen eine Länge von 0,8 × 0,3 mm und hesitzen kräftige Interferenzfarben. Sie kommen oft als Einschlüsse in den Plagioklasen vor.

Quarz ist selten. Er findet sich gelegentlich in Plagioklas eingeschlossen und erreicht eine Grösse von 0,06 × 0,08 mm.

Bestandteile in Vol. %

Plagioklas	49,1 %
Pennin	25,0 %
Epidot	6,0 %
Kalkspat	5,9 %
Akzessorien	2,0 % (haupts. Titanit)

Dem Mineralbestand nach könnte es sich um einen Metatuffit keratophyrischer bis andesitischer Zusammensetzung handeln, der sich infolge der geringen Metamorphose der Albit-Chlorit-Fazies angepasst hat.

3. 2. 6. Blauer quarzgebänderter Marmor.

Auf den Albit-Chloritschiefer folgt ein blauer Marmor, welcher durch 1 bis 4 cm dünne Quarzlinsen gebändert ist.

Die Quarzbänder, die in kleinen Abständen auskeilen, sind parallel-schichtig im Marmor angeordnet. Durch unterschiedliche Verwitterung von Quarz und Marmor treten diese Quarzlinsen als dünne Rippen hervor (Abb. 4). Danehen kommen Marmor-konkretionen in bestimmten Lagen des Marmors vor, welche oft von Quarzlinsen augenförmig umschlossen sind.

Klüfte sind deutlich ausgeprägt und sind sehr oft mit Kalkspat und Quarz ausgefüllt.

Die Mächtigkeit dieses Marmorzuges beträgt nordöstlich von Marathon am südlichen Abhang des Haghios Dimitrios 15 cm und nimmt in Richtung Ano Souli (nordöstlich) auf 6 bis 7 m zu.

3. 2a. Stratigraphischen Einordnung der Schichten 3. 2. 5. bis 3. 2. 6.

ROUMBANIS (1961) erwähnt aus dem nichtmetamorphen Parnesgebirge Quarzkerarophyre und keratophyrische Tuffe und stuft sie in die Untere Trias ein. Sie liegen nach seinen Beobachtungen im Hangenden permischer Kalke und werden von mittel- und obertriassischen



Abb. 4. Quarzgebänderter Marmor (Aufschluss am westlichen Abhang des Hagios Dimitrios).

Kalken überlagert. Der Albit-Chloritschiefer könnte der modalen Zusammensetzung nach diesen keratophyrischen Tuffen entsprechen.

Am Hagios Dimitrios (Marathon) wird er jedoch von dem quarzgebänderten Marmorhorizont (S. 30) überlagert, der auf Grund der Arbeiten von C. RENZ (1910, 1955) mit permischen Schichten Ostgriechenlands zu vergleichen ist.

Wenn im Arbeitsgebiet der Albit-Chloritschiefer den keratophyrischen Tuffen entspricht, muss sein Alter, da er von dem quarzgebänderten Marmor des Perm überlagert wird, ebenfalls permisch sein und nicht, wie ROUMBANIS (1961) annimmt, triassisch.

Somit ist im Arbeitsgebiet der Albit-Chloritschiefer und der quarzgebänderte Marmorhorizont, wenn man zur Alterseingliederung die sich widersprechenden Literaturangaben heranzieht, nur bedingt in das Perm einzustufen.

3. 2. 7. Z w e i - G l i m m e r s c h i e f e r .

Der Übergang zu den Marmoren und Hornsteinlagen der «Oberen Serie» bildet ein Glimmerschiefer, der etwa 6 bis 8 m mächtig ist. Er ist hellgrau gefärbt und verwittert leicht. Er liegt konkordant auf dem quarzgebänderten Marmor und ist entlang dem westlichen Abhang von Haghios Dimitrios über Ano Souli ohne grosse Mächtigkeitsunterschiede nach Osten zu verfolgen.

U. d. M. ist der Mineralbestand: Biotit, Hellglimmer, Quarz, Apatit und Aggregate aus Quarz und Brauneisen.

G e f ü g e

Es dominiert eine Wechsellagerung zwischen Hellglimmer und Quarzkörnchen. Daneben finden sich Aggregate aus Quarz und Brauneisen, die scharf in das Schieferungs s eingeregelt sind. Auch ausgelängte Quarzanreicherungen kommen vor.

Biotit kommt vereinzelt in unregelmässig lappiger Form vor und wird bis zu $1,5 \times 0,2$ mm gross. Die einzelnen Individuen sind im s eingeregelt und können stark verformt (gestaucht) sein. Sehr oft wird der Biotit randlich und längs Spaltrissen zu Brauneisen zersetzt.

Hellglimmer erscheint in schmalen, lebhaft polarisierenden Leisten mit einer Länge von über 3 mm. Er ist parallel dem Schieferungs s des Gesteins geregelt und umflasert die anderen Mineralien.

Quarz bildet längliche Individuen, löscht undulös aus und ist im s des Gesteins gestreckt. Die Korngrösse beträgt $0,2 \times 0,1$ mm.

Apatit ist selten, er bildet säulige, kantengerundete Aggregate und ist in Quarz und Hellglimmer eingeschlossen.

Aggregate aus Quarz und Brauneisen: Es treten bis zu 3 mm grosse Kornaggregate aus Quarz und Brauneisen auf, die von Glimmerbahnen augenförmig umflasert werden. Sie sind durch die tektonischen Beanspruchungen zerbrochen und im s des Gesteins gestreckt.

3. 2a₃. Stratigraphischen Einordnung.

C. RENZ (1910, 1955) machte reiche Fossilfunde in einem psammitischen Tonschiefer, der sich bei Beletzi (etwa 7 km westlich von Marathon-See) zwischen Perm und Triaskalke einschaltet. Nach C. RENZ stellt das Gestein ein Äquivalent der Werfenerschichten dar. Die Mächtigkeit beträgt etwa 15 m.

MARINOS (1956) erwähnt aus dem Orthysgebirge Tonschiefer und Psammite innerhalb denen Kalke mit permischer Fauna auftreten. Diese Gesteine bilden das Liegende der Triaskalke.

Aus diesen zwei Beobachtungen allein ist jedoch das Alter dieser Zwei-Glimmerschiefer nicht genau zu belegen.

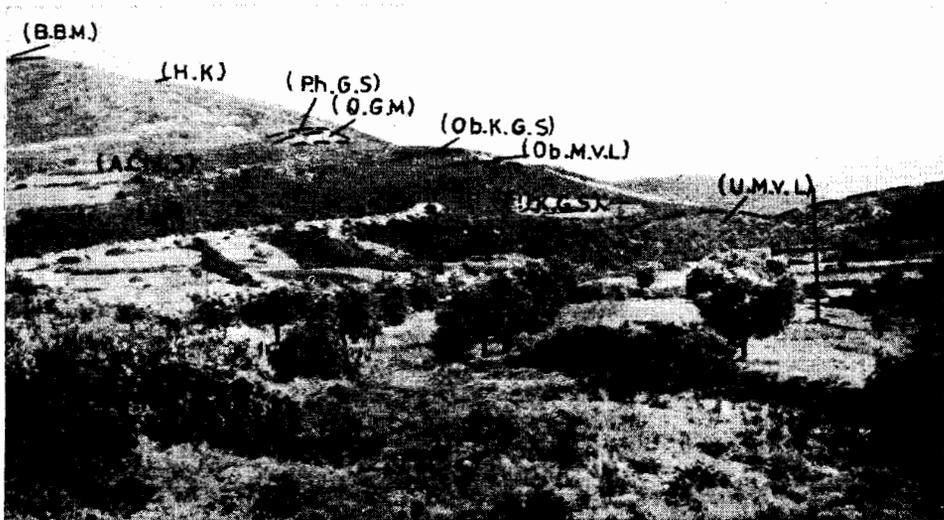


Abb. 5. Die Schichtfolge der kristallinen Gesteine nördlich von Marathon am Hagios Dimitrios.

B. B. M.	Blauer bituminöser Marmor
H. K.	Hellgrauer Marmor mit Hornsteinlagen
Ph. G. S.	Zwei-Glimmerschiefer
Q. G. M.	Quarzgebänderter Marmor
A. Chl. S.	Albit-Chloritschiefer
Ob. K. G. S.	Oberer Kalkglimmerschiefer
Ob. M. v. L.	Oberer Marmor von Laurion
U. K. G. S.	Unterer Kalkglimmerschiefer
U. M. v. L.	Unterer Marmor von Laurion.

Er kann aber wahrscheinlich diesem psammitischen Tonschiefer wegen seiner ähnlichen Stellung in der stratigraphischen Folge gleichgesetzt werden.

3. 3a. Obere Serie.

Diese Gesteinsfolge baut sich aus kristallinen Gesteinen, Marmor und Hornsteinen auf.

Die Serie lässt sich vom Liegenden zum Hangenden folgendermassen gliedern:

- 3. 3. 1. Hellgrauer Marmor mit Hornsteinlagen
- 3. 3. 2. Blauer bituminöser Marmor
- 3. 3. 3. Rote Hornsteine
- 3. 3. 4. Kreide-Marmor (Nerineen).

Diese mesozoischen Schichten sind im Arbeitsgebiet nur nordöstlich von Marathon am Haghios Dimitrios bis Kato Souli erhalten.

Kreidefossilien wurden am südöstlichen Abhang des Stavro Koraki an der Strasse von Marathon nach Kato Souli, 4 km von ersterem Ort entfernt, oberhalb des Hauses von Familie Florou gefunden. Gebiete, in denen diese metamorphen mesozoischen Gesteine noch angetroffen werden können, sind auf das attische und vermutlich auch das kykladische Metamorphikum beschränkt. In den bisher veröffentlichten Arbeiten über das attisch-kykladische Massiv werden sie jedoch nicht erwähnt.

3. 3. 1. Hellgrauer Marmor mit Hornsteinlagen.

Auf den Zwei-Glimmerschiefer der «Mittleren Serie» folgt ein hellgrauer Marmor in Wechsellagerung mit plattigen grauen und schwarzen Hornsteinlagen (Abb. 5).

Die Ausbildung der Hornsteinlagen ist nicht überall gleich, sondern wechselt innerhalb kurzer Entfernungen. Am Haghios Dimitrios z. B. überwiegen die Hornsteinlagen, während die hellgrauen Marmore an Mächtigkeit abnehmen. In dieser Gesteinsabfolge konnte ich keine Fossilabdrücke beobachten.

Dagegen sind südöstlich von Ano Souli dieselben Schichten anders ausgebildet. Hier nehmen die Hornsteinlagen ab, während die Marmorlagen zunehmen. Letztere besitzen eine hellgraue Farbe, die von den Triaskalken bei Beletzi (Parnesgebirge) und den Triaskalken bei Kotroni Stamatas am Marathon-See gar nicht zu unterscheiden sind. Die Bankung nimmt hier zu und überall treten metamorph umgewandelte Fossilabdrücke auf (unbestimmbar).

Die Hornsteinlagen sind etwa 1 bis 10 cm mächtig. Sie bilden besonders am Hagios Dimitrios scharf Kanten und steile zerklüftete Felsrippen.

Die in den Marmoren sehr gut ausgebildete Bankung ist etwa 10 cm bis 1,5 m mächtig.

Die gesamte Mächtigkeit beträgt etwa 180 m.

Die Farbprobe ergab, dass das Gestein örtlich dolomitisch ist.

U. d. M. ist der Mineralbestand: Kalkspat, Quarz und Helglimmer.

Kalkspat erscheint als feinkörniges Mosaik. In ihm wer-

den Sprünge beobachtet, die mit Quarz gefüllt sind. Die Zwillinglamellen der Kalkspatkörner sind leicht getrübt. Zwischen den Kalkspatpflaster liegen vereinzelte Quarzkörnchen und Hellglimmerschüppchen.

Q u a r z: Die Hornsteinlagen bilden eine scharfe Grenze mit dem Kalkspatpflaster. Die einzelnen Quarzkörnchen sind langgestreckt und mit ihrer Längsachse parallel s eingeregelt, jedoch nicht gleich orientiert. Sie bilden miteinander ein fein verzahntes Pflaster und löschen undulös aus. Die Grösse der Quarzkörnchen beträgt $0,1 \times 0,03$ mm. Gegen den Kalkspat hin nimmt die Korngrösse des Quarzes zu.

H e l l g l i m m e r kommt in langgestreckten Scheitern vor. Er liegt parallel dem Schieferungs s, manchmal jedoch auch senkrecht dazu.

3. 3. 2. B l a u e r b i t u m i n ö s e r M a r m o r.

Der hellgraue Marmor mit den Hornsteinlagen geht in den oberen Partien in den blauen bituminösen Marmor über (Übergangszone). Das



Abb. 6. Blauer bituminöser Marmor (Hagios Dimitrios).

Gestein ist grobkristallin und hat einen hohen Bitumengehalt, der beim Zerschlagen am Geruch deutlich zu erkennen ist.

Die Farbe des frischen Gesteins ist blau, in verwittertem Zustand schlägt sie nach hellgrau um.

In den oberen Bereichen verwittert das Gestein leichter als in den unteren und nimmt dabei eine hellere Farbe an.

Die Mächtigkeit beträgt etwa 40 m, die Bankung wenige cm bis 1,5 m. Fossilabdrücke sind schlecht erkennbar.

Der blaue bituminöse Marmor ist vom Gipfel des Aghios Dimitrios aus nach Nordosten zu verfolgen.

U. d. M erkennt man folgenden Mineralbestand:

Kalkspat, Dolomit und sehr wenig Quarz.

D o l o m i t: Karbonat-Rhomboeder, bei denen es sich höchstwahrscheinlich um Dolomitkristalle handelt, sind innerhalb des Gesteins fleckenweise angereichert. Es handelt sich um ein späteres Kristallwachstum, was aus der idiomorphen Kornform der Dolomitkristalle gegenüber dem Kalzit gefolgert werden kann.

Der **Q u a r z** ist unregelmässig dazwischen verteilt und zeigt undulöse Auslöschung.

3. 3 a. Stratigraphische Einordnung der Schichten 3. 3. 1 und 3. 3. 2.

Dieselbe Gesteinsabfolge (Hellgraue Kalke mit Hornsteinlagen und blaue Kalke) wurde schon von C. RENZ (1955) in den mesozoischen Schichten der Parnas-Gionaszone Orthrys, Parnes-Kytheron, Argolis und anderswo) festgestellt.

Ferner erwähnen MARINOS (1959/61) bei Orthrys, TATARIS - CHRISTODOULOU (1956/58) bei Salamis, SPILIADIS (1962) bei Megara ähnliche Gesteinsverbände mit Fossilien (Megalodon) aus der mittleren und oberen Trias.

SPILIADIS (1962) erklärt die Ablagerung der blauen Kalks, die auf den hellgrauen Kalken konkordant aufliegen, mit einem Wechsel der Sedimentationsprodukte des Meeres in der Oberen Trias. In den Hellgrauen Kalken mit den Hornsteinlagen wurden Konodonten gefunden, deren Alterstellung zur Zeit noch nicht festliegt, da sie noch in der Bearbeitung sind.

Weitere stratigraphische Zusammenhänge gebe ich auf S. 33.

3. 3. 3. R o t e H o r n s t e i n e.

Auf den blauen bituminösen Marmor folgt ein plattiger Hornsteinhorizont, welcher in den unteren Partien mit dem blauen bituminösen Marmor abwechselt, während er in den mittleren und besonders in den oberen von weissem Marmor durchsetzt ist. In diesen Schichten des oberen Bereichs treten jenseits der östlichen Grenze des Gebietes am Stavro Koraki linsenförmige Schiefereinschaltungen auf.

In den Roten Hornsteinlagen ist oft eine starkgestörte wellige Textur zu beobachten.

Klüfte durchschneiden das Gestein sehr deutlich und bilden ein rautenartiges Muster.

Die gesamte Mächtigkeit beträgt etwa 70 m.

3. 3. 4. Kreide - Marmor (*Nerineen*).

Er befindet sich im Kartierungsgebiet im Hangenden der kristallinen Gesteine und ist weitgehend abgetragen. Er besitzt eine weisse Farbe, die sich im angewitterten Zustand nach hellgrau verändert. Fast alle Schichten dieses Marmors sind mächtig ausgebildet.

Die gesamte Mächtigkeit dieses Kreide-Marmors beträgt etwa 100 m.

Die unteren Schichten enthalten ausser den Roten Hornsteinlinsen



Abb. 7. Übergangszone zwischen Roten Hornsteinen und Kreidemarmor.

auch milchigweisse Quarzitlinsen mit abwechselnder Mächtigkeit von wenigen mm bis 1 m, in denen stellenweise eine starke Fältelung beobachtet wurde.

Die dünngebankten Schichten sind stärker gefaltet als die dickeren. Die hangend darauf folgenden Schichten liegen horizontal auf gefaltetem Untergrund.

Nach oben hin verschwinden diese Quarzitlinsen und treten nur noch stellenweise in sehr kleinen Linsen in den mächtigen Marmorlagen auf.

An der Oberfläche des Marmors sind zahlreiche Steinkerne von Fossilien herausgewittert.

Schliffe von verschiedenen Proben ergaben, dass das Gestein massenhaft Gastropoden enthält.

Die Bestimmung von Prof. H. HAGN und Dr. P. WELLNHOFER ergab folgendes:

1. Gastropodensteinkerne ; nicht bestimmbar (Abb. 8).
2. Gastropoden ; *Cerithiacea* (?) (Abb. 9).
3. Gastropoden ; *Nerineacea* Kreide (Abb. 10).



Abb. 8. Herausgewitterte Windungsbruchstücke von Gastropodensteinkernen, nicht bestimmbar.

Die Stücke (Abb. 10) lassen deutlich ein Faltenbild erkennen, wie es charakteristisch für die *Nerineacea* ist. Das zu beobachtende, relativ hochentwickelte Faltenbild tritt bei den Nerineen erst in der Kreide (2 Columellarfalten, 1 Parietalfalte und 1 Palataalfalte).

Die gefundenen Fossilien sind an Herrn Prof. Max. MITZOPOULOS, Direktor des Geologischen und Paläontologischen Instituts der Universität Athen, abgegeben worden.

U. d. M. ist der Mineralbestand des Kreide-Marmors: Kalkspat, Dolomit und Quarz.

Kalkspat bildet buchtig begrenzte Kristalle mit typischen Zwillingslamellen. Häufig beobachtet man, dass grössere Kalkspatkörner zwischen kleineren Kalkspatkörnchen liegen. Dazwischen liegen spärlich Quarzkörnchen mit undulöser Auslöschung.



Abb. 9. Längsschnitte von Gastropoden: *Cerithiacea* (?)

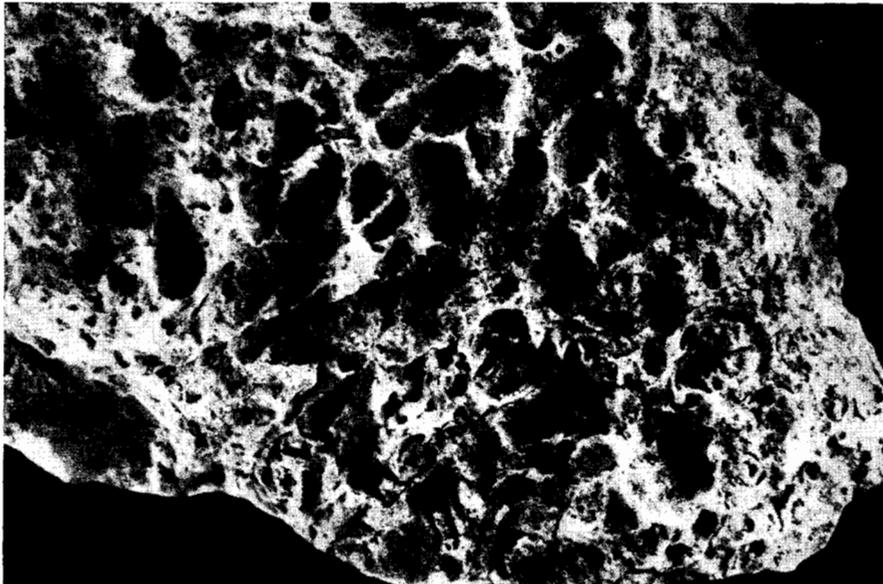


Abb. 10. Herausgewitterte Windungsbruchstücke von Gastropodensteinkernen.

D o l o m i t: Karbonat-Rhomboeder sind hier wie im blauen bituminösen Marmor fleckenweise angereichert. Hier handelt es sich ebenfalls um späteres Kristallwachstum mit idiomorpher Kornform der Dolomitkristalle gegenüber dem Kalzit.

Der Mineralbestand der Quarzitlinsen besteht zum grössten Teil aus Quarz und etwas Brauneisen.

Die Quarzkörner sind schwach miteinander verzahnt. Pflasterstrukturen wurden beobachtet. Die Quarzkörner löschen verschieden und undulös aus.

3. 3 a₂. Stratigraphische Einordnung der Schichten 3. 3. 3. und 3. 3. 4.

Eine Abfolge Rote Schieferhornsteine des Jura und Kreidekalke ist nach den Arbeiten von C. RENZ (1955), TATARIS-CHRISTODOULOU (1956/58), MARINOS (1956), SPILIADIS (1962) u. a. typisch für die osthellenische Zone. Im Untersuchungsgebiet wurden diese Schichten angetroffen.

Die in den Roten Hornsteinen eingeschlossenen Schiefer entsprechen nach C. RENZ (1955) serpentinierten basischen Eruptivgesteinen.

Nach den erwähnten Autoren bilden diese zwei Horizonte ein gemeinsames Glied, d. h. die Roten Schieferhornsteine gehen allmählich in die unteren Schichten der Unteren Kreide ohne tektonische Anomalie über.

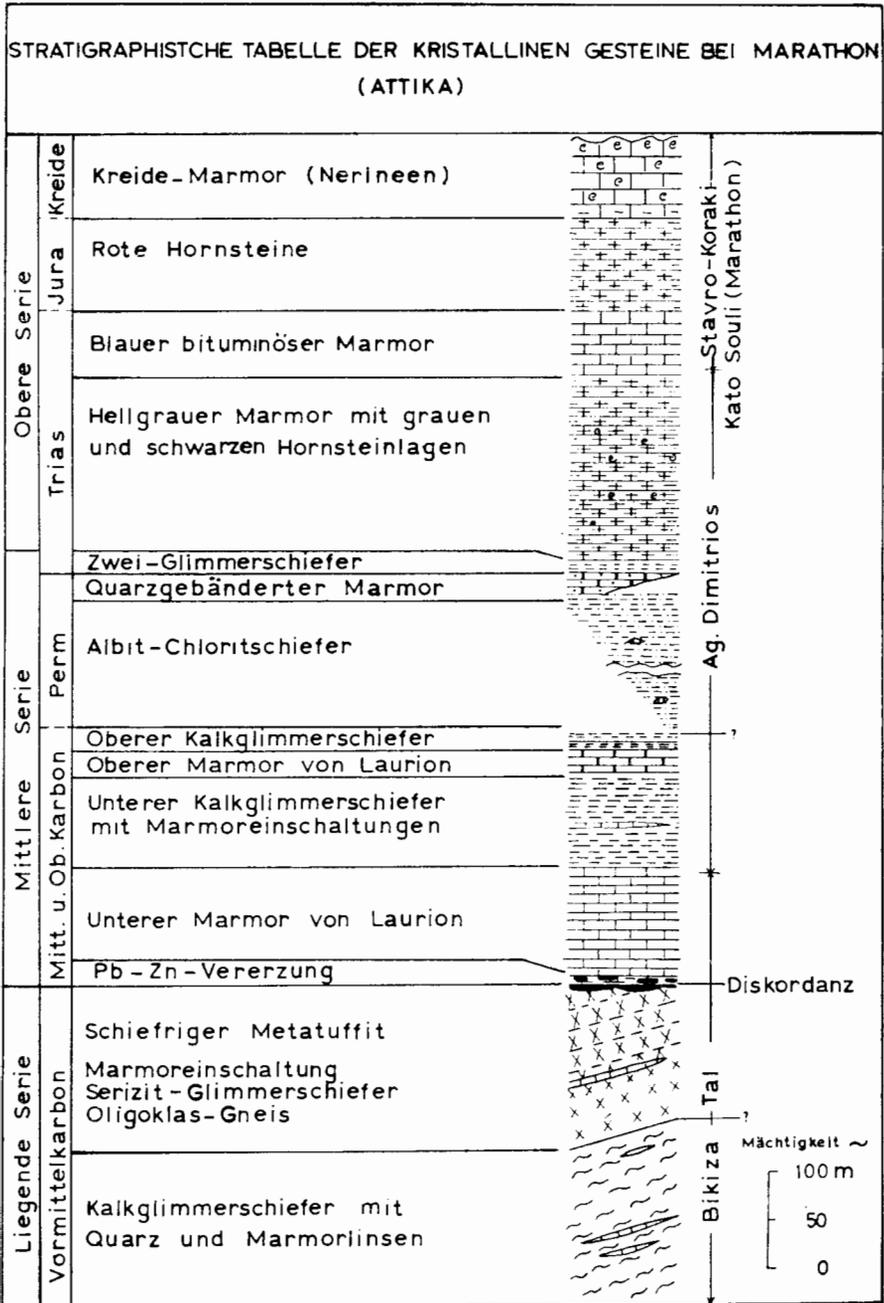
Eine Diskordanz wurde in Ostgriechenland nur im Liegenden der Oberkreide beobachtet, die nach C. RENZ (1955) durch Konglomerate gekennzeichnet ist.

Im Kartierungsgebiet konnte ich keine tektonische Anomalie zwischen der nachgewiesenen Kreide (*Nerineen*) und den Roten Hornsteinen beobachten. Daraus lässt sich schliessen, dass die gefundenen Kreide-Fossilien der Unteren oder der Mittleren Kreide angehören müssen, da sie in den oberen Lagen dieses Marmors gefunden wurden.

In Schichten der Unteren und Mittleren Kreide der nichtmetamorphen Gebiete wurden von C. RENZ (1955), MARINOS (1956) u. a. ebenfalls *Nerineen* nachgewiesen.

3. 3b. Allgemeine stratigraphische Einordnung der mesozoischen Schichten 3. 3. 1 bis 3. 3. 4.

In den vorhergehenden Abschnitten (S. 33-40) wurde bereits erwähnt, dass alle Schichten der «Oberen Serie» untereinander eine gemeinsame Übergangszone bilden.



Zu dieser Ansicht kamen auch einige Autoren, die die nichtmetamorphen mesozoischen Schichten Ostgriechenlands gearbeitet haben.

Von RENZ wurden diese mesozoischen Schichten in zwei Zonen getrennt, und zwar in die Triaskalke in der Parnas-Gionas-Zone und in die Schieferhornsteine des Jura und die Kreidekalke in die Osthellenischen-Zone. Die letztgenannte Zone sollte auf die erstere überschoben sein. Diese Meinung wurde von MARINOS (1956/58), SPILIADIS (1962) und anderen in den nichtmetamorphen Gebieten Ostgriechenlands und von mir in der metamorphen Abfolge von Marathon nicht beobachtet.

Somit ist die mesozoische Abfolge nicht in zwei Zonen durch Überschiebung zu trennen, sondern sie gehört nach SPILIADIS (1962) nur der Osthellenischen Zone an.

Die nichtmetamorphen mesozoischen Gesteine der Kreide, des Jura und der Trias besitzen lithologische und teilweise biofazielle Ähnlichkeit mit den metamorphen Gesteinen des Arbeitsgebietes bei Marathon. Deshalb lassen sich beide (nichtmetamorphe und metamorphe) trotz Fossilmangels im Kartierungsgebiet parallelisieren. So kann das Alter der mesozoischen metamorphen Gesteine durch Vergleich mit dem schon bekannten Alter der nichtmetamorphen Serien sichergestellt werden.

3. 4. Zur Metamorphose der Gesteine.

3. 4. 1. Die Altersfrage der Metamorphose.

In der Frage nach dem Alter der Metamorphose der kristallinen Gesteine im attisch-kykladischen Massiv gingen die Meinungen auseinander. Für die Autoren, welche die kristallinen Gesteine für mesozoisch halten, ist die Metamorphose alpidisch. Für diejenigen, welche die kristallinen Gesteine für vormittelkarbonisch halten, ist die Metamorphose veralpidisch.

Da metamorphe Kreide im Untersuchungsgebiet nachgewiesen ist, dürfte die Metamorphose im Zusammenhang mit der alpidischen Orogenese stehen. Vermutlich ist ein allseitiger Druck im Zusammenhang mit dem tektonischen Bau der griechischen Gebirge als Hauptursache der Gesteinsumwandlung anzunehmen.

3. 4. 2. Der Metamorphosegrad.

Wie aus der bisherigen Beschreibung der verschiedenen alten Gesteinsserien hervorgeht, ist der Metamorphosegrad ziemlich einheitlich.

Die Gesteine weisen oft eine epi-metamorphe Überprägung auf. Fast immer lässt sich die Mineralparagenese Epidot - Chlorit - Albit beobachten.

Damit können die Gesteine der Grünschieferfazies zugeordnet werden.

4. Nicht metamorphe Gesteine.

4. 1. Helle Mergel.

Auf den metamorphen Gesteine liegen tertiäre Sedimente in Form von gut gebankten hellen Mergeln. Sie liegen oft auf dem gefalteten Untergrund der «Mittleren Serie» und fallen in der Regel nach NW ein. Sie enthalten sehr oft Pflanzenreste.

Ein Aufschluss bei Mimithi (W-Grammatikon) mit einer Mächtigkeit von etwa 1 bis 2 m ist reich an Pflanzenresten. Sie wurden von Dr.



Abb. 11. Blattrest von *Acer monospesulanum* in den hellen Mergeln bei Mimithi.

W. JUNG, Konservator des Universitäts-Instituts für Paläontologie und historische Geologie München, bestimmt als *Acer monospesulanum* (Miozän bis Pliozän) (Abb. 11). Diese Pflanzen kommen häufig im Mediterranbereich vor.

4. 2. Konglomerate.

Die Komponenten dieser Konglomerate sind leicht gerundet. Daneben finden sich auch nicht gerundete Bestandteile. Die Grösse der Einzelgerölle beträgt 5 bis 10 cm.

Ein Bindemittel, welches nur örtlich auftritt, besteht aus Tonen, Sanden und Glimmerblättchen.

Die Mächtigkeit der Konglomerate beträgt maximal 6 m.

Gute Aufschlüsse sind am Profitis Helias westlich von Grammatikon anzutreffen. Hier liegen die Konglomerate über den Hellen Mergeln des Miozäns-Pliozäns.

Somit kann hier eine relative Alterseinstufung innerhalb dieser Sedimente getroffen werden.

4. 3. Glimmerbrekzien.

Die Sedimente, die auf den genannten Konglomeraten aufliegen, bestehen hauptsächlich aus Kalkglimmerschieferbruchstücken. Daneben sind noch Marmor- und Limonitkomponente zu beobachten. Das Bindemittel ist toniges Material. Diese Glimmerbrekzien sind sehr gut geschichtet und fallen nach Südosten ein. Die Gesamtmächtigkeit konnte nicht gemessen werden. Aufgeschlossen sind ca. 10 m.

Die gut erkennbare Bankung in diesen Sedimenten und die scharfe Abtrennung der verschiedenen Horizonte voneinander beweisen eine Trennung des zugeführten Abtragungsschuttes durch rasch fließende Gewässer.

Die besten Aufschlüsse sind nördlich von Grammatikon anzutreffen.

4. 4. Unverfestigte Sedimente (Terra-rossa).

Sie liegen hauptsächlich als Tone vor, die während des günstigen Klimas des Quartärs (feucht und trockenwarm) entstanden und durch mächtige Wasserströmungen in Mulden und sonstige Vertiefungen eingeschwemmt wurden.

Die größte Mächtigkeit erreichen diese Sedimente westlich der Grammatikon-Abschiebung. Sie bedecken teilweise alle erwähnten Horizonte, sind nicht geschichtet und bis zu 50 m mächtig.

Es finden sich darin auch verschieden große Marmorblöcke, Limonitbrekzien, Glimmerblättchen und Quarzkörnchen. Sie konnten, bedingt durch das Relief des Untergrundes, nicht weiter transportiert werden.

IV. T E K T O N I K

1. Grosstektonischer Rahmen.

Das bearbeitete Gebiet von Marathon liegt am Nordrand der attisch-kykladischen Masse. Dieses attisch-kykladische Massiv wird von der osthellenischen Zone umschlossen (s. Geotektonische Karte MARINOS 1959).

Im Rahmen meiner stratigraphischen Arbeiten konnte ich die

nichtmetamorphen Serien des Parnesgebirges mit den metamorphen Gesteinen bei Marathon in meinem Gebiet parallelisieren.

Innerhalb des Metamorphikums konnte ich mesozoische Schichten nachweisen, welche der stratigraphischen Abfolge der osthellenischen Zone entsprechen. Daraus lässt sich schliessen, dass das attische Massiv bei Marathon also am Nordende der attisch-kykladischen Masse die metamorphe Fortsetzung der nach C. RENZ (1955) bzw. nach SPILIADIS (1962) aufgestellten osthellenischen Zone darstellt.

2. Zur Tektonik von Marathon.

Den tektonischen Rahmen des Gebietes bildet ein NE-SW streichendes Gewölbe von etwa 15 km Durchmesser zwischen den metamorphen Gesteinen NE des Parnesgebirges. Von diesem Gewölbe sind nur die beiden Flanken erhalten geblieben. Die Scheitelzone ist erodiert.

In diesem Erosionsfenster treten komplizierte nach verschiedenen Bauplänen verfaltete metamorphe Gesteine des paläozoischen und mesozoischen Untergrundes auf.

Eine auffällige Diskordanz, sowie vermutete Schichtlücke und jüngere Verfaltungen sind zeitlich und richtungsmässig sowohl der präalpidischen als auch der alpidischen Orogenese zuzuordnen. Die jüngste spättertiäre, germanotype Bruchtektonik zerlegte die älteren tektonischen Baupläne.

Neben den Beobachtungen im Gelände konnte ich durch Auswertung von Luftbildern die schon gemessenen Faltenzüge und bruchtektonischen Linien noch genauer ermitteln und ihre relative, zeitliche Aufeinanderfolge erkennen.

2. 1. Ältere Beanspruchungen.

Die älteste Beanspruchung in den kristallinen Gesteinen Marathons wurde in den hangenden Schichten der «Liegenden Serie» beobachtet.

Eine auffällige Diskordanz zwischen der liegenden und der mittleren Serie weist derauf hin.

Auf den stark erodierten Schichten der Metatuffite liegt diskordant der «Untere Marmor von Laurion» (Mittlere Serie).

Diese Beanspruchung muss nach meinen stratigraphischen Ergebnissen (S. 23) in vormittelkarbonischer Zeit stattgefunden haben. Eine Spezialfaltung mit (35°) NE-SW streichenden Achsen (S. 49), die nur auf die liegende Serie beschränkt ist, weist ebenfalls auf eine alte Tektonik hin.

2. 2. Jüngere Beanspruchungen.

Die jüngeren Beanspruchungen lassen sich in Falten- und Bruchtektonik gliedern.

Die auf Beilage III eingetragenen S-Flächen und Kluftdiagramme entsprechen den örtlich verschiedenen, in sich homogenen, tektonischen Bereichen.

2. 2. 1. Falten t e k t o n i k.

Die Falten werden in drei richtungsverschiedene Systeme (NW-SE, NE-SW und N-S) getrennt.

Die Falten der jeweiligen Systeme laufen nahezu parallel zueinander.

2. 2. 1. 1. NW · SE F a l t e n r i c h t u n g.

Als ältester Verfaltungsplan konnte die NW-SE-Richtung, die parallel der dinarischen Richtung Griechenlands verläuft, ausgeschieden werden.

Diese Richtung wurde durch die beiden anderen Richtungen überprägt, und durch sie verstellt, was also auf ihr höheres Alter hinweist. Von dieser grossräumigen, NE-SW gerichteten Faltungsphase wurden alle kristallinen Gesteinsserien bei Marathon betroffen. Die B-Achsen dieser Faltungsphase sind (120° - 140°) NW-SE ausgerichtet. Die Faltungsintensität in den einzelnen Schichtgliedern ist sehr unterschiedlich. Die faltungsinkompetenten Schiefer sind meist recht intensiv gefaltet, während die unterschiedlich mächtigen kompetenten Marmorhorizonte und Einlagerungen verschieden auf die Faltung reagierten. So zeigen die Marmorlagen in der «Mittleren Serie», die geringmächtig innerhalb eines Schieferkomplexes liegen, eine stärkere und intensivere Faltung als die oberen mächtigen kristallinen Marmore der mesozoischen Schichten.

Bei Klidi östlich von Grammatikon zeigt der etwa 10 m mächtige «Obere Marmor von Laurion» die intensivste, NW-SE gerichtete Verfaltung des gesamten Arbeitsgebietes. Hier bildet das gesamte Schichtpaket mit Schiefen und den eingelagerten Marmorlagen ein Antiklinorium mit zwei Sätteln und einer Mulde.

Die Sattelachsen tauchen sowohl nach NW als auch nach SE ein. Nordwestlich dieses Antiklinoriums sind die aufgeschlossenen mächtigen Kalke des «Unteren Marmors von Laurion» bei Coriziza in der streichenden Fortsetzung dieser Falten nur grossräumig verbogen (Diagramm Nr. 4, Beilage III, und Tekt. Karte Beilage I). Westlich dieses grossräumigen Gewölbes sind bei Aringliani die Schiefer der «Mittleren

Serie» wieder intensiv in NW-SE streichende Falten in Art eines Synklinoriums gelegt. Diese Falten, lassen sich auch im Schiefer, so vor allen Dingen bei Mimithi, als Spezialfalten im Meterbereich verfolgen.

Ein weiteren Sattel dieser Richtung ist bei Bikiza (Villia) zu erkennen. Er ist hier allerdings von einem flachen NE - SW streichenden jüngeren Sattel überprägt, so dass die Sattelachse beidseits abtaucht. Gerade dieses Beispiel von Bikiza wie auch von den oben erwähnten NW - SE Falten bei Klidi und Mimithi, beweisen daher, das der NW - SE gerichtete B - Achsenplan der älteste der im Gebiet auftretenden Verfaltungen ist.

Die Falten lassen eine deutliche, wenn auch nur wenig intensive Südwest-Vergenz erkennen.

Die im Gelände gemessenen b-Achsen und S-Flächen wurden im Schmidt'schen Netz ausgewertet. Diagramm Nr. 6 (Beilage III) zeigt eine Häufung von B-Achsen bei 120° bis 140° . Bei der Auswertung der S-Flächen ergaben sich dieselben Werte. Das Achsenstreichen lag zwischen 132° und 145° (Diagramm Nr. 2 u. 10).

Entsprechend der jüngeren Überformung der oben erwähnten NW-SE streichenden Faltungsrichtung sind die B-Achsen dieses ältesten Beanspruchungsplanes sowohl nach SE mit 11° bis 18° wie auch nach NW mit etwa 10° abtauchend verstellt (Diagramm Nr. 2, 6 u. 10, Beilage III, sowie tektonische Karte, Beilage I).

Diese NW - SE gerichteten Falten entsprechen der Richtung der dinarischen Gebirgsbildung, die in Griechenland eine der wichtigsten tektonischen Bauelemente darstellt C. RENZ (1955).

2. 2. 1. 2. NE - SW Faltenrichtung.

Eine jüngere NW-SE gerichtete Beanspruchung mit NE-SW-Falten überprägte die gesamte Gesteinsfolge von Marathon. Das schon erwähnte unterschiedliche Achsentauchen der älteren NW-SE Faltenrichtung beweist eindeutig das jüngere Alter der NE-SW Tektonik.

Innerhalb dieses Beanspruchungsplanes kann man zwei tektonische Bauelemente voneinander trennen.

Einmal haben wir das grossräumige, schon vorher erwähnte Gewölbe zwischen dem Gebiet NE des Parnesgebirges und dem Haghios Dimitrios bei Marathon, von dem nur die beiden äussersten Flanken erhalten geblieben sind. Der eine Flügel des Grossgewölbes am Haghios Dimitrios bei Marathon streicht generell mit 30° bis 55° und fällt mit etwa 10° bis 20° nach SE ein. Der Gegenflügel ausserhalb des Arbeitsgebietes in den nichtmetamorphen Serien NE des Parnesgebirges streicht ebenfalls mit etwa 30° bis 50° und fällt mit 20° bis 30° nach NW ein.

Zum anderen sind in dem Erosionsfenster zwischen den beiden Flügeln dieses Grossgewölbes die älteren paläozoischen Serien in NE-SW gerichtete Falten kleinerer Dimension gelegt.

Auch für diese Beanspruchungsrichtung ist wieder typisch, dass die einzelnen Schichtglieder der wechselnden Marmor-Schieferfolge unterschiedlich stark von der Faltung verformt wurden. Die NE-SW Faltenrichtung des kristallinen Untergrundes konnte besonders in der Gegend von Bikiza in mehreren Faltenzügen, die auch schon aus dem Luftbild sehr gut erkennbar waren, kartiert werden.

Bei Mimithi ist aus dem wechselnden Abtauchen der älteren Verfaltungsrichtung eine Überformung mit einer NE-SW B-Achse zu konstruieren. Einen Anhaltspunkt für das Alter bilden die miozänen bzw. pliozänen hellen Mergel. Vor der Ablagerung dieser Mergel musste die Scheitelzone des vorher beschriebenen Grossgewölbes (Marathon und Parnesgebirge) schon abgetragen gewesen sein, denn sie sind mit deutlicher Diskordanz auf dem in den beiden beschriebenen Richtungen verfalteten und erodierten Untergrund (NW des Marathon-Sees und bei Mimithi) mit wechselnder Mächtigkeit abgelagert.

Sie wurden durch die NE-SW Faltung nicht verstellt, sondern sind erst durch jüngere Schollenbewegungen bzw. durch die anschliessend beschriebene jüngste Faltungsrichtung überprägt worden.

2. 2. 1. 3. N - S F a l t e n r i c h t u n g .

Bei Bikiza bzw. östlich des Marathon-See tritt besonders im «Unteren Marmor von Laurion» eine grossräumige Aufwölbung auf, welche deutlich an dem umlaufenden Streichen der Schichten zu erkennen ist.

Nur der nördliche Teil dieser domartigen Aufwölbung ist im bearbeiteten Gebiet gelegen.

Die Faltenachse dieses Domes ist annähernd N-S ausgerichtet. Sie taucht im Nordteil bei Profitis Helias mit 15° nach N und im Südteil mit etwa 10° nach S ab Diagramm. Nr 10, Beilage III).

Aus dem S-Flächen-Diagramm Nr. 10 ist das Abtauchen nach Süden nicht zu erkennen, da die Messungen allein im Nordteil des Gewölbes durchgeführt wurden.

Die Aufwölbung ist gegen Osten gegen die von den älteren Verfaltungsplänen überformten metamorphen Serien durch eine scharfe Störung abgegrenzt. Gegen Westen lässt sich eine solche Störung nicht beobachten, aber der stark milonitisierte Oligoklas-Gneis der «Liegenden Serie» lässt auch hier eine tektonisch gestörte Zone im Bau des gesamten Gebietes annehmen.

Nirgends sind sonst N-S Achsen im Kartierungsgebiet zu beob-

achten. Die Aufwölbung ist eindeutig jünger als die beiden älteren Beanspruchungspläne. Dies geht einmal daraus hervor, dass die älteren NW-SE und NE-SW gerichteten Falten von der Aufwölbung beeinflusst sind und ihre Achsen sich teilweise dem umlaufenden Streichen der nach N abtauchenden Grossantiklinale anschmiegen. Zum anderen lässt sich im N von Aghios Ioannis schon aus dem Luftbild deutlich erkennen, dass die Falten der älteren NE-SW Richtung längs einer Abschiebung auf der Nordflanke des Gewölbes abgeglitten sind. Einen Hinweis auf das Alter der Aufwölbung geben wieder die hellen Mergel des Miozäns bzw. Pliozäns bei Profitis Helias. Sie liegen hier diskordant auf der Oberfläche des «Unteren Marmors von Laurion» und lassen eine tektonische Verstellung erkennen, die eindeutig dem umlaufenden Streichen der Grossantiklinale folgt. Somit repräsentiert diese N-S gerichtete Falte eindeutig die jüngste Faltung, da sie die älteren Richtungen überprägt. Weiterhin lässt die Verstellung der Mergel des Jungtertiärs Rückschlüsse auf das Alter dieser Faltung zu, die also frühestens nach der Ablagerung der hellen Mergel (Miozän bzw. Pliozän) zu suchen ist.

2. 2. 1. 4. Spezialfalten.

Innerhalb der Schiefergesteine der stratigraphischen Abfolge sind immer wieder kleine Spezialfalten und Fältelungen zu finden.

Es konnte sowohl die NW-SE- wie auch die NE-SW-Richtung gefunden werden, aber keine entsprechend der N-S Faltung. Oft lassen sich beide Richtungen am gleichen Ort wie in der Umgebung von Mimi-thi beobachten, die sich miteinander kreuzen.

Wegen schlechter Aufschlussverhältnisse in dem Schiefergesteinen konnten jedoch nicht überall Messungen durchgeführt werden. Genaue Messungen der NW-SE gerichteten Spezialfalten wurden in der Umgebung von Mimi-thi vorgenommen. Die b-Achsen laufen parallel zu den entsprechenden Hauptsattelachsen, also 120° bis 140° (Diagramm Nr. 6, Beilage III).

Bei Ano Souli nordöstlich von Marathon wurde in den Schiefergesteinen ebenfalls dieselbe Richtung beobachtet. Die durchgeführten Messungen schwanken ebenfalls zwischen 120° bis 140° .

In der Umgebung von Minithi wurden b-Achsen gemessen, die etwa 55° streichen und hier die oben erwähnten NW-SE Spezialachsen teilweise deutlich verstellen (Diagramm Nr. 6, Beilage III).

Bei der Auswertung der gemessenen Spezialfaltenachsen der NE-SW Richtung ergibt sich im Bikiza-Tal (Kalkglimmerschiefer der «Liegenden Serie») ein Maximum der Streichrichtung mit etwa 35° (Diagramm 11, Beilage III). Diese Richtung repräsentiert wahrscheinlich eine ältere vormittelkarbonische Faltung (S. 20 u. 45).

2. 2. 2. Bruchtektonik.

In der Bruchtektonik können drei richtungsverschiedene Störungssysteme (NE-SW, E-W und NW-SE) getrennt werden.

Die um NE-SW-Richtung angeordneten Störungen sind wahrscheinlich als Dehnungsfugen der jüngsten NE-SW Faltung zuzuordnen.

Dagegen sind die NW-SE gerichteten Störungen Zeugnis der jünger-

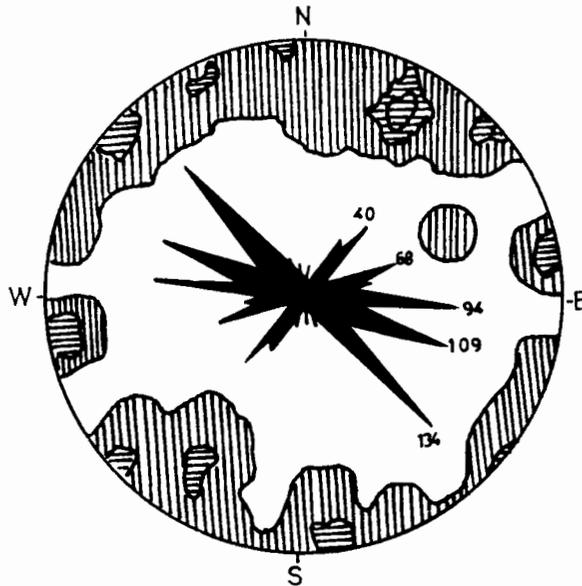


Abb. 12. Diagramm sämtlicher beobachteten Störungen
(ausgez. 0 - 2 ‰, 2 - 4 ‰, 4 - 10 ‰).

sten tektonischen Bewegungen, da sie die Falten sämtlicher Richtungen, wie auch die anderen oben beschriebenen Störungssysteme versetzen.

2. 2. 2. 1. NE - SW Störungsrichtung.

Die NE-SW gerichteten Störungen treten zahlenmässig weit zurück im Vergleich zu den NW-SE Störungslinien.

Das Streichen dieser NE-SW Störungen schwankt zwischen 30° und 55°. Es sind hauptsächlich Abschiebungen und Spalten, die von jüngeren NW-SE gerichteten Blattverschiebungen versetzt werden.

Die Limonitspalte, die deutlichste NE-SW Störung, bei Coriziza bildet das wichtigste Element zur Erklärung der Reihenfolge der bruchtektonischen Vorgänge. Sie wurde durch die jüngere NW-SE gerichtete

Blattverschiebung um 270 m versetzt (s. Abb. 13). Das Streichen der Spalte liegt bei 30° .

Eine weitere NE-SW gerichtete Störung tritt nördlich von Skoubi auf. Sie wurde ebenfalls von einer NW-SE streichenden Störung versetzt.

Zwei nahezu parallel zueinander stehende NE-SW gerichtete Abschiebungen treten westlich von Haghios Dimitrios auf.

Die Störungsflächen streichen mit 50° bzw. 60° . Hier wurde der südöstliche Teil abgesenkt.

Nördlich von Bikiza bei Haghios Ioannis wurde nahezu parallel der NE-SW gerichteten Falten eine Abschiebung beobachtet, deren NW-Teil abgesenkt ist. Die Störungsfläche streicht hier ebenfalls mit 50° .

2. 2. 2. 2. E - W Störungsrichtung.

Diese Störungsrichtung tritt im Gebiet ebenfalls wie die NE-SW Störungen nur an wenigen Stellen auf. Es sind Abschiebungen, deren N-Teil bzw. S-Teil abgesenkt ist, und Blattverschiebungen zu unterscheiden. Die Streichrichtung der E-W Störungsflächen schwankt zwischen 70° und 110° .

Manche davon wurden von der jüngeren NW-SE Störungsrichtung versetzt.

Abschiebungen

Die deutlichste E-W gerichtete Abschiebung zeichnet sich im Bereich von Grammatikon ab. Der nördliche Teil wurde abgesenkt.

Der Verwerfungsbetrag läßt sich nicht genau ermitteln, da die entstandene Vertiefung mit nichtmetamorphen Sedimenten ausgefüllt ist.

Auf dem nördlichen Teil der Abschiebung bei Coriziza liegen gut gebankte Glimmerbrekzien, deren Altersstellung jünger als die miozänen Mergel ist, diskordant auf dem «Unteren Marmor von Laurion».

Diese Glimmerbrekzien wurden im Arbeitsgebiet nur hier beobachtet und zeigen eine Verstellung mit SE-Einfallen von etwa 10° .

Die Verstellung der Glimmerbrekzie zeigt, dass die Anlage der Störung jünger als die Ablagerung dieser Brekzie ist.

Blattverschiebungen

Einen Hinweis über das Alter bietet die nördlich des Marathon-Sees gelegene E-W Blattverschiebung.

Sie streicht mit 105° , versetzt die westliche Flanke der N-S Aufwölbung (Bikiza) und ist somit jünger als die Aufwölbung.

Die nördliche Scholle wurde nach Osten bzw. die südliche Scholle nach Westen verschoben.

Bei Ano Souli haben wir eine ähnliche Verschiebungsrichtung. Die Störung steicht hier jedoch mit 70° .

2. 2. 2. 3. NW-SE Störungsrichtung.

Fast in allen Gesteinsserien bei Marathon treten NW-SE gerichtete Störungen auf. Die Störungsflächen streichen mit etwa 130° bis 140° . Diese Richtung ist die jüngste, weil sie alle älteren tektonischen Baupläne durchschneidet und versetzt.

Die Störungszonen sind hauptsächlich mit Terra rossa und Marmorbruchstücken aufgefüllt. Sie treten einmal als Abschiebungen sowohl mit abgesenktem NE-Teil wie auch SW-Teil, zum anderen als Blattverschiebungen, auf.

Abschiebungen.

Die kräftigste Abschiebung tritt nördlich von Klidi auf und ist westlich von Aghios Theodoros weiter nach NW zu verfolgen.

Hier wurde der NE-Teil abgesenkt. Der Verwerfungsbetrag liegt bei etwa 50 m und brachte die Unteren Kalkglimmerschiefer der «Mittleren Serie» in Kontakt mit dem «Unteren Marmor von Laurion».

Durch diese Abschiebung wurden bei Klidi die ältesten NW-SE-Falten betroffen und versetzt.

Bei Bikiza östlich von Aghios Ioannis und zwar innerhalb der N-S gerichteten Aufwölbung treten die NW-SE streichenden Abschiebungen als antithetische Staffelbrüche auf.

Bei Skoubi äussern sich ebenfalls NW-SE gerichtete Störungen in Form von rhythmischen Verwerfungstreppen, deren NE-Teil abgesenkt ist. Auf den Störungsflächen aller oben erwähnten NW-SE gerichteten Abschiebungen wurden nur Marmorbruchstücke und Tone der Terra rossa in unverfestigtem Zustand angetroffen. Am NW-Abhang von Aghios Dimitrios treten ebenfalls NW-SE streichende Abschiebungen auf mit Verwerfungsbeträgen bis zu 20 m. Die Störungszonen sind hier mit verfestigten Marmorbrekien ausgefüllt.

Blattverschiebungen.

Die deutlichste NW-SE streichende Blattverschiebung ist die Atelie-Störung, die nördlich von Grammatikon anzutreffen ist. Der horizontale Verschiebungsbetrag liegt bei 270 m. (s. Abb. 13). Die Störungsfläche streicht mit 130° und schneidet zwischen Coriziza und Aringliani die NE-SW streichende Limonitspalte und weiter südöstlich die E-W gerichtete Grammatikon-Abschiebung.

Zu beachten ist die Füllung der durch diese Bewegung entstandenen Störungszone von 3 bis 4 m. Breite, die ausser Tonnen und Marmorbrekzien auch Bruchstücke von Limonit enthält.

Zu Abb. 13 (Aufsicht)

A : «Unterer Marmor von Laurion»

B : Limonitpalte

C : Blattverschiebung (GW-SE)

Die gleiche Bewegungsrichtung nämlich NW-SE zeigen auch die Störungen bei Haghios Dimitrios. Hier liegt der Bewegungsbetrag bei etwa 10 m. Die entstandenen Störungszone sind hier wie bei der oben erwähnten Blattverschiebung mit Tonen und Marmorbrekzien gefüllt.

Westlich von Bikiza wurde die westliche Flanke der N-S Aufwölbung ebenfalls von einer NW-SE gerichteten Verschiebung verstellt.

Das Streichen dieser letztgenannten Störung liegt ebenfalls bei 130° .

2. 2. 2. 4. Einordnung der Störungen in den tektonischen Bau von Marathon.

Aus allen diessen oben erwähnten Beobachtungen in der Bruchtektonik lässt sich folgendes sagen :

Die mit 35° bis 60° NW-SE gerichteten Störungen können wie erwähnt als ac-Störungen zu dem NE-SW streichenden grossräumigen Gewölbe Marathon und Parnesgebirge aufgefasst werden.

Eine Zuordnung der E-W gerichteten Störungen ist im Rahmen des begrenzten Arbeitsgebietes nicht möglich. Diese Störungen müssen jedoch jünger als die N-S Aufwölbung sein, da die westliche Flanke der Aufwölbung von dieser Störungsrichtung versetzt wurde und älter als die NW-SE gerichteten Störungen da die E-W streichende Grammatikon Abschiebung von der NW-SE Richtung versetzt wird.

Beide Richtungen (also NE-SW u. E-W) wurden von jüngeren NW-SE streichenden Blattverschiebungen versetzt, die sicher bis in rezente Zeit aktiv waren, da Limonit- und Marmorbruchstücke in den Blattverschiebungen zusammen mit rezenter Terra-Rossa brekziert wurden.

Die letztgenannte Richtung ist wahrscheinlich dem Vardar-System zuzuordnen, da alle in Griechenland beobachteten jungangelegten und z.T. noch aktiven Störungen der NW-SE Richtung folgen.

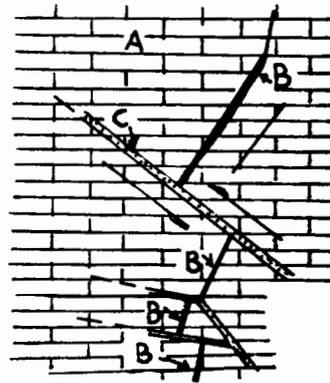


Abb. 13. Blattverschiebung nordlich von Grammatikon (Coriziza) (m : 1 : 20.000).

2. 2. 2. 5. K l ü f t e.

Um die zu den Grosstrukturen gehörigen Klüfte zu beurteilen, wurden von verschiedenen Stellen und Gesteinstypen Kluftdiagramme aufgestellt. Während der Auswertung der Klufmessungen wurde beobachtet, dass die stärkste Zerklüftung senkrecht zu den Schichtflächen und parallel zum Streichen der Schichten verläuft. Die Klufdiagramme sind in der tektonischen Karte von Marathon (Beilage III) dort eingefügt, wo die Messungen durchgeführt wurden.

2. 2. 2. 6. Zuordnung der Klüfte in der Falten- und Bruchtektonik von Marathon.

In allen aufgestellten Diagrammen wurden ähnliche Kluftrichtungsmaxima beobachtet. Daher werden sie gemeinsam behandelt.

Aus den einzelnen Klufdiagrammen Nr. 1, 5, 7, 9, 12, 13 geht hervor, dass die Kluftrichtungsmaxima 30° bis 40° als Längsklüfte des grossräumigen NE-SW streichenden Gewölbes (Marathon u. Parnesgebirge) bezeichnet werden können, während die 115° bis 120° als Querkluftrichtungsmaxima dargestellt werden können.

Es wurde jedoch an bestimmten Stellen oft beobachtet, dass die oben erwähnten Kluftrichtungen 30° bis 40° um etwa 28° nach 40° bis 60° verstellt wurden (Diagramm Nr. 3, 7, 8, 15). Dies hängt wahrscheinlich mit der nachfolgenden N-S gerichteten Aufwölbung und der jüngeren Bruchtektonik zusammen, die, wie schon erwähnt, alle Baupläne zum grössten Teil verstellte.

Die 170° bis 12° Kluftrichtungsmaxima können als Längsklüfte zu der N-S gerichteten Aufwölbung bei Bikiza erklärt werden. Senkrecht zu diesen Klufmaxima treten Kluftrichtungen zwischen 88° bis 120° auf. Letztere können als Querklüfte dieser Aufwölbung erklärt werden.

Auffällig ist, dass diese N-S gerichtete Kluftrichtung auch ausserhalb der N-S Aufwölbung auftritt (Diagramm Nr. 1, 3, 5, 7, 8, 9, 12, 13) d. h. also dort, wo keine Verfaltung nach dem N-S-Plan anzutreffen ist, lässt sich die bc-Klüftung dieser N-S-Faltung beobachten.

Die 130° bis 150° Kluftrichtungsmaxima, die in den Diagrammen Nr. 3, 5, 7, 8, 9, 12, 15 erscheinen, können im Zusammenhang mit den zu ihnen parallel gerichteten NW-SE Blattverschiebungen und Abschiebungen gesehen werden.

Die bei 72° auftretenden Kluftrichtungsmaxima, die in den Diagrammen Nr. 3, 8, 9, 12, 15 vorkommen, können in kein zusammenhängendes System eingeordnet werden.

V. VERERZUNG

Innerhalb des Kartierungsgebietes treten zwei verschiedene Erzvorkommen auf.

1. Schichtgebundene Zn-Fe (? Pb-Ag-Au) Erze.
2. Die Limonitvorkommen (Spaltenfüllungen).

1. Schichtgebundene Erze.

Alte Schächte und Halden zeugen noch von der ehemaligen bergbaulichen Tätigkeit der alten Griechen zur Zeit des Themistokles. Besonderes Interesse galt Gold und Silber.

1. 1. Brauneisenerzlinse im Bikiza-Tal bei Villia (Abb. 3, S. 22).

Wie bereits im Kapitel der Stratigraphie erwähnt wurde, habe ich eine gelb- bis schwarzbraune verwitterte Erzlinse zwischen dem schieferigen Metatuffit und dem diskordant überliegenden «Unteren Marmor von Laurion» bei Villia beobachtet. Sie ist 6 m lang und 1 m mächtig.

Makroskopisch und mikroskopisch zeigt das Gestein Verformungsgefüge mit Kleinfalten- und Bruchbildung.

An Mineralbestand konnten in den stark verwitterten Proben Zinkblende und Brauneisen nachgewiesen werden.

1. 2. Vererzung bei Trypes (nördlich von Villia).

Bei Trypes sind die Aufschlussverhältnisse nicht gut, da die alten Halden und Schächte mit Verwitterungsmaterial gefüllt sind. Dennoch kann hier beobachtet werden, dass die Vererzung zwischen den Metatuffiten (Orthoklas-Gneis) und dem «Unteren Marmor von Laurion» auftritt. Die Erze wurden sekundär in den Klüften und Störungen, die den «Unteren Marmor von Laurion» durchsetzen, mobilisiert (s-Profil C-C') und liegen heute als Brauneisen und Galmei vor.

Nach Angabe von A. TSAKONAS (Concessioner) wurden hier Zinkblende, Bleiglanz mit Silber- und Goldgehalten abgebaut.

1. 3. Zinkblende und Brauneisen im «Unteren Marmor von Laurion».

500 m südöstlich von Kalenzi.

Die Erze, Zinkblende und Brauneisen, sind punktförmig durch Sammelkristallisation mehr oder weniger in bestimmten Lagen des Marmors angeordnet. Daher ist relikthaft ein ursprüngliches Sedimentationsgefüge zu erkennen.

Der Marmor in diesen Schichten ist gelblich verfärbt, wahrscheinlich durch Galmei.

Bei den Vorkommen von Trypes, Villia und Kalenzi scheint es sich um eine Erzanreicherung wie die bei Laurion (südöstlich von Athen) zu handeln.

Bei Laurion werden, was ich ebenfalls bei den erwähnten Lokalitäten beobachten konnte, die schichtkonkordanten Erzlinsen auch von dem «Unteren Marmor von Laurion» überlagert. Im Liegenden findet sich ein kaolinitisierter Vulkanit (sog. Eurit).

Bemerkenswert in den Vorkommen meines Gebietes ist, dass die Erzgehalte im unteren Teil der Karbonate («Unterer Marmor von Laurion» bei Marathon) zu beobachten sind und hier wie bei Laurion unter den Marmor ein Vulkanit folgt.

2. Limonit.

Die NNE-SSW streichenden Klüfte und Spalten sind oft mit Limonit gefüllt.

Mehrere kleinere Vorkommen finden sich nördlich von Klidi und westlich von Grammatikon am Weg zum Marathon-See, wobei in dem letzteren Vorkommen ein ungewöhnlich hoher Gehalt an Malachit auffällt.

Die grösste, zum Teil abgebaute und jetzt verlassene Limonitanreicherung liegt nördlich von Grammatikon bei Coriziza und Aringlianni. Sie füllt eine NNE-SSW streichende Spalte von etwa 1 km Länge und 6 bis 8 m Breite aus. Sie keilt nach beiden Seiten aus.

In der Mitte wurde sie von einer NW-SE streichenden Störung durchschnitten, wobei der südwestliche Teil des Ganges nach SE versetzt wurde (S. 53).

Die Farbe des Limonits ist bräunlichschwarz.

Eine magnetische Untersuchung von ZACHOS und REICH (1948) zeigte eine remanente Magnetisierung. Die oben erwähnten Autoren nehmen einen Magnetitgehalt als Ursache der magnetischen Wirkung an.

Mikroskopische Beobachtungen zeigen, dass der Limonit zum Teil pseudomorph nach Hämatit vorliegt. Dies bestätigt die Annahme von ZACHOS und REICH (1948), dass ein primärer Hämatit-Magnetitgang im Bereich der Oxydationszone limonitisiert wurde.

ZUSAMMEFASSUNG

Die kristallinen Gesteine Marathons lassen sich nach Gesteinsverband in drei Serien unterscheiden.

Diese Serien versuchte ich mit anderen Gesteinen Ostgriechenlands zu parallelisieren, nachdem ich zwei Leithorizonte für diese Parallelisierung heranziehen konnte.

Als erster Leithorizont wurden die Kreide Marmore (Nerineen) im Hangenden der kristallinen Gesteine bei Marathon verwendet. Den zweiten Leithorizont bot mir der Metatuffit in den unteren Schichten des Arbeitsgebietes. Die lithologischen Ähnlichkeiten (Marmore und Schiefer) der anderen Schichten Marathons mit den nichtmetamorphen Schichten der Nachbargebiete untermauern ebenfalls die Richtigkeit der Parallelisierung.

1. Stratigraphie.

1. 1. Liegende Serie.

Als unterstes Glied der «Liegenden Serie» tritt ein Kalkglimmerschiefer mit Quarzlinsen und Marmoreinschaltungen auf, welcher durch eine vermutliche Schichtlücke von dem Oligoklas-Gneis und dem Metatuffit, die das Hangende der «Liegenden Serie» bilden, abgetrennt wird.

Der Metatuffit zeichnet sich makroskopisch mit seinem schief-
rigen Gefüge ab. Mikroskopisch zeichnen sie sich durch ihren Glasgehalt aus.

Die Gesamtmächtigkeit der «Liegenden Serie» bei Marathon beträgt etwa 230 m.

Die Untersuchungen ergaben, dass sich die «Liegende Serie» mit dem Kalkglimmerschiefer und den vulkanischen Tuffen bei Beletzi-Berori (Parnesgebirge) petrographisch und stratigraphisch parallelisieren lässt. Aus diesem Grund wurde gleiches Alter dieser Schichten angenommen, nämlich Vormittelkarbon.

1. 2. Mittlere Serie.

Die «Mittlere Serie» wird von der «Liegenden Serie» durch eine

Winkeldiskordanz abgetrennt. In dieser Serie treten mächtige Marmore und Schiefer auf, wie «Unterer Marmor von Laurion», Oberer Kalkglimmerschiefer, «Oberer Marmor von Laurion», Oberer Kalkglimmerschiefer, Albit-Chloritschiefer, quarzgebädertes Marmor und Zwei-Glimmerschiefer.

Aus den Arbeiten von PARASKEVOPOULOS (1963) und TRIKKALINOS (1959) über die kristallinen Gesteine Attikas und die Schichten des Parnesgebirges konnte ich weitere Schlüsse ziehen und den Übergang von den nichtmetamorphen Schichten des Parnesgebirges zu den metamorphen Schichten bei Marathon bestätigen.

Aus diesen Beobachtungen wurde für die oben erwähnten Schichten ausser dem blauen quarzgebänderten Marmor und dem Albit-Chloritschiefer das Alter Ober- und Mittelkarbon angenommen. Der Blaue quarzgebänderte Marmorhorizont und der Albit-Chloritschiefer können mit den Permschichten Ostgriechenlands bzw. Parnesgebirges parallelisiert werden.

Den Abschluss der «Mittleren Serie» zu der «Oberen Serie» bildet der Zwei-Glimmerschiefer, dessen Altersstellung unsicher ist wahrscheinlich Perm-Untere Trias.

1. 3. Obere Serie.

Die «Obere Serie» bildet ein Marmor-Hornsteiverband.

Die einzelnen Horizonte, d.h. hellgrauer Marmor mit grauen und schwarzen Hornsteinlagen, blauer bituminöser Marmor, Rote Hornsteine und Kreide-Marmor (Nerineen) bilden eine durchgehende Folge.

Aus den lithologischen Ähnlichkeiten dieser Schichten mit den nichtmetamorphen mesozoischen Schichten der näheren Umgebung und aus den Kreidefossilien (Nerineen) im Hangenden sind diese Schichten folgendermassen einzustufen :

Hellgrauer Marmor mit Hornsteinlagen . . .	Trias
Blauer bituminöser Marmor	Trias
Rote Hornsteine	Jura
Kleidemarmor	Kreide.

2. Tektonik.

Die kristallinen Gesteine bei Marathon wurden zeitlich und richtungsmässig von verschiedenen Beanspruchungen erfasst.

Die älteste Beanspruchung zeichnet sich zwischen «Metatuffiten» und «Unteren Marmor von Laurion» durch eine Winkeldiskordanz ab.

Jungangelegte Beanspruchungen erfolgten sowohl als Faltungs-, wie auch als Bruchbildung.

Die Falten lassen sich je nach Zeit und Faltenrichtung (von der älteren zur jüngeren Faltungsphase) folgendermassen gliedern :

NW - SE, NE - SW, N - S.

Die jünger angelegten Falten verstellen teilweise die älteren tektonischen Pläne, so dass die B-Achsen der älteren Falten beidseitig abtauchen.

Ebenfalls zeitlich (von den älteren zu den jüngeren) und richtungsmässig lassen sich die bruchtektonischen Elemente folgendermassen hliedern :

NE - SW, E - W, NW - SE.

Die NW - SE streichenden Störungen zeichnen sich besonders als Blattverschiebungen ab. Sie verstellten früher angelegte Falten und Bruchbildung.

Π Ε Ρ Ι Λ Η Ψ Ι Σ

Ἡ ἡλικία τῶν μεταμορφωμένων πετρωμάτων τῆς Ἀττικοκλαδικῆς Μάζης ἀπασχόλησεν ἐπὶ ἀρκετὸν χρονικὸν διάστημα Ἑλληνας καὶ ξένους Γεωλόγους.

Πλείστοι ἐρευνηταὶ ἀναφέρουν εἰς διαφόρους τοποθεσίας τὴν ἀνεύρεσιν ἀπολιθωμάτων διαφόρου ἡλικίας, πλὴν ὅμως ἡ πλήρης στρωματογραφικὴ ἐπεξήγησις δὲν κατέστη μέχρι τοῦδε δυνατή.

Εἰς τὰ πλαίσια τῆς στρωματογραφικῆς ἐρεύνης μου εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ Μαραθῶνος, ἡ ὁποία εὐρίσκεται εἰς τὸ βόρειον τμήμα τῶν μεταμορφωμένων πετρωμάτων τῆς Ἀττικοκλαδικῆς Μάζης, ἔγινε προσπάθεια νὰ συγκριθοῦν τὰ ἐμφανιζόμενα πετρώματα μὲ τὰ μὴ μεταμορφωμένα τῆς Πάρνηθος καὶ ἄλλων περιοχῶν τῆς ζώνης τῆς Ἀνατολικῆς Ἑλλάδος.

Τὰ μεταμορφωμένα ἐμφανιζόμενα πετρώματα Β/Α τῆς λίμνης τοῦ Μαραθῶνος, καθὼς ἐπίσης καὶ ΒΑ τῆς κομοπόλεως Μαραθῶν (λόφος Ἁγίου Δημητρίου) εἶναι μάρμαρα, ἀσβεστολιθικοὶ σχιστόλιθοι, μεταμορφωμένοι ὄξινοι καὶ βασικοὶ ἠφαιστειακοὶ τόφφοι κ. ἄ., πάχους περίπου 1.300 μ.

Ἐντίστοιχα μεταμορφωμένα πετρώματα καὶ μὴ μεταμορφωμένα ἀναφέρουν ὁ RENZ (1955), ὁ ΡΟΥΜΠΑΝΗΣ (1961) εἰς περιοχὰς τῆς Πάρνηθος, καὶ ἄλλοι ἀλλαχοῦ εἰς ζώνην τῆς Ἀνατολικῆς Ἑλλάδος, τὰ ὁποῖα, βάσει ἀπολιθωμάτων καὶ στρωματογραφικῶν θέσεων, ἀπέδειξαν ὡς Παλαιοζωϊκὰ καὶ Μεσοζωϊκὰ.

Ἐκτὸς τῆς συγκρίσεως αὐτῆς εὐρέθησαν εἰς τὴν ἐν λόγῳ περιοχὴν, εἰς τὰ ἀνώτερα μεταμορφωμένα στρώματα ἀπολιθώματα NERINEA τοῦ κατωτέρου Κρητιδικοῦ.

Εἰς τὴν παροῦσαν ἐργασίαν περιεγράφη ἐπίσης ἡ τεκτονικὴ δομὴ τῶν μεταμορφωμένων πετρωμάτων τοῦ Μαραθῶνος, ἐπὶ πλεόν δὲ ἡ συσχέτισίς της μετὰ τὴν τοιαύτην τῶν μὴ μεταμορφωμένων σχηματισμῶν τῆς Πάρνηθος.

LITERATURVERZEICHNIS

- BITTNER, A. - NEUMAYR, M. - TELLER, FR. 1880.— Überblick über die geologischen Verhältnisse eines Teiles der Aegaeischen Küstenländer. — *Denkschr. d. K. K. Akad. d. Wiss. Math.-naturwiss. Classe*, **XL** Bd., S. 379 ff, Wien.
- BODECHTEL, J. 1964.— Das Luftbild in der Geologie. — *Sonderdruck aus n + m, Naturwissenschaft und Medizin*, Jg. 1 H. 6 Mannheim.
- BÜCKING, H. 1881.— Über die kristallinen Schiefer von Attika. — *Zeitschr. Dt. Geol. Ges.*, **33**, S. 118-131, Berlin.
- 1884.— Über die Lagerungsverhältnisse der älteren Schichten in Attika. — *Sitz. Ber. K. Preuss. Akad. Wiss.*, **39**, S. 956 ff, Berlin.
- CORDELLAS, A. 1883.— On the age of the rocks of Attica. — *Parnassos*, **7**, S. 174-176, Athen.
- FREYBERG, B. 1950/51.— Das Neogengebiet NW Athen. — *Ann. Geol. Hell.*, **3**, S. 65-86, Athen.
- GAUDRY, A. 1862.— Animaux fossiles et geologie de l'Attique. — Paris.
- HARALAMBOUS, D. 1962.— Ein Profil vom Karbon bis zur Trias auf Hydra. — *Bull. Geol. soc. of Greece*, Bd. **V**, S. 20, Athen.
- HERODOT.— Geschichte, Bd. VI, Athen.

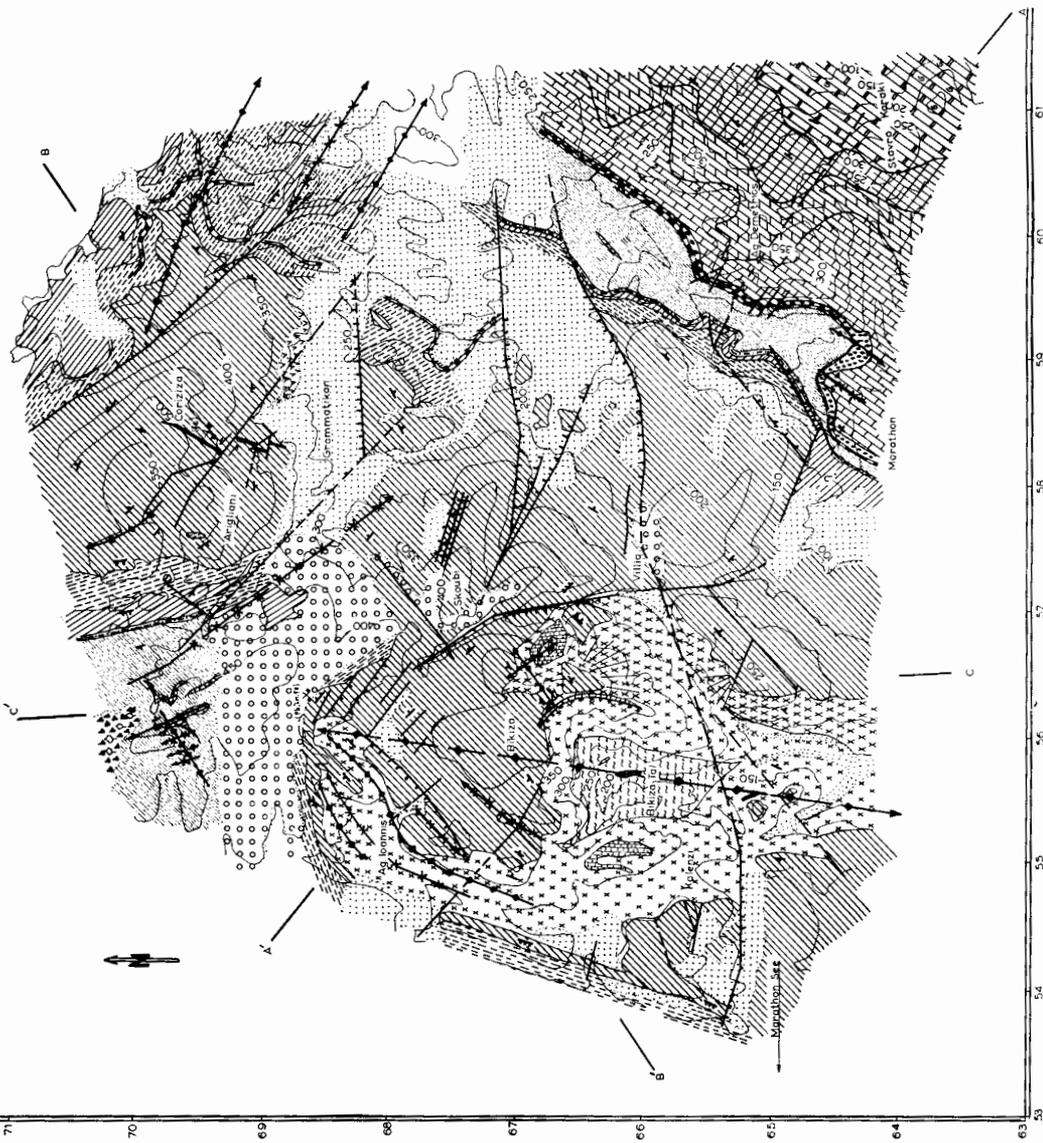
- KOBER, L. 1929.— Beiträge zur Geologie von Attika. — *Sitz. Ber. Akad. Wiss. in Wien, Math.-naturwiss. Kl., Abt. I.* **138**, S. 299 - 327, Wien.
- KTENAS, K. 1924.— L'âge des formations volcaniques du Parnes (Attique).— *C. R. S. soc. Geol. France*, Paris.
- LEPSIUS, R. 1893.— Geologie von Attika. — Berlin.
- MARINOS, G. 1954 - 55.— Das Alter der kristallinen Schichten Attikas. — *Bull. Soc. geol. Hellen.* II. I, Athen.
- 1956.— Geological survey on Orthrys. — *Bull. Inst. f. Geol. and Sub. Res.*, **3**, Athen.
- 1959.— Zur Gliederung Ostgriechenlands in tektonische Zonen. — *Geol. Rundsch.*, **46**, Heft 2, S. 421 - 426, Stuttgart.
- 1959/61.— Paleontologic and stratigraphic Investigations on Eastern Continental Greece. — *Bull. Geol. soc. of Greece*, Bd. **IV**, Athen.
- MARINOS, G. - PETRASCHECK, W. 1956.— Laurion. — *Inst. f. Geol. and Subsurf. Res.*, **I**, Athen.
- MARINOS, G. - REICHEL, M. 1958.— The fossiliferous Permian in eastern Continental Greece and Euboea. — *Inst. f. Geol. and Subsurf. Res.*, **8**, S. 1 - 16, Athen.
- MISTARDIS, G. 1964/65.— Investigations into quaternary superficial formations in the mouneains of Attika.— *Bull. of the Geol. soc. of Greece*, Vol. **VI**, S. 147, Athen.
- 1964.— Some remarks on the crystalline marble breccia formations in eastern Attika. — *Bull. Geol. of Greece*, S. 36, Athen.
- MITZOPOULOS, M. 1942.— Die Verbreitung der Pikermistufe auf der Insel Euböa. — *Ann. Geol. p. Hell.* **1 - 2**, S. 209 - 215, Athen.
- 1948.— Das Unterste Pliozän von Rafina. — *Prakt. Akad. Athen*, **23**, S. 296 - 301, Athen.
- NASSE, R. 1882.— Bemerkungen über die Lagerungsverhältnisse der metamorphen Gesteine in Attika. — *Zeitschr. Dt. geol. Ges.*, **34**, S. 151 - 155, Berlin.
- NEGRIS, PH. 1912.— Sur l'âge des formations cristallines de l'Attique. — *G. R. de l'Acad. Sc. Paris*.
- NEUMAYR, M. 1880.— Die kristallinen Schiefer in Attika. — *Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Geos.*, **33**, S. 456 - 464, Wien.
- PAPASTAMATIOU, I. 1958.— On the age of crystalline limestones of Santorin. — *Bull. Geol. soc. of Greece*, **3**, S. 104 - 113, Athen.
- PARASKEVOPOULOS, G. 1957.— Die Gesteine des Horizonts des Kaesianischiefers im Pentelikongebirge. — *Ann. Geol. Hell.*, **8**, S. 233 - 245, Athen.
- 1963.— Die Umrandung des attisch - kykladischen Massivs im Gebiet zwischen Pentelikon und Parnesgebirge. — *Ann. Geol. p. Hell.*, **14**, S. 305 - 323, Athen.

- PAECKELMANN, W. 1939.—Ergebnisse einer Reise nach der Insel Chios.—*Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges.*, Bd. **91**, Berlin.
- PSARIANOS, P. 1958.—Karstphänomene Griechenlands.—*Ann. Geol. p. Hell.*, **9**, S. 186-190, Athen.
- POUTZER, H. 1948.—Die Erzlagerstätte von Laurion.—*Ann. Geol. p. Hell.*, **2**, S. 16-48, Athen.
- RENZ, C. 1909.—Der Nachweis von Karbon und Trias in Attika.—*Centralbl. f. Min. Geol. u. Paläont.* No. **3**, Stuttgart.
- 1909.—Neue Karbonvorkommen in Griechenland.—*Centralbl. f. Min. Geol. u. Paläont.* No. **3**, S. 755-759, Stuttgart.
- 1910.—Stratigraphische Untersuchungen im griechischen Mesozoikum und Paläozoikum.—*Jahrb. d. Osteerr. geol. R. A.* 1910 Bd. 60, Hef 9, S. 467-497, Wien.
- 1940.—Die Tektonik der griechischen Gebirge.—*Mem. Acad. Athen*, **8**, 171 S. 2 Karten, Athen.
- 1955.—Die vorneogene Stratigraphie der normalsedimentären Schichten Griechenlands.—*Inst. f. Geol. and Subsurface Research*, Athen.
- RENZ, C. - REICHEL, M. 1945.—Beiträge zur Stratigraphie und Paläontologie des ostmediterranen Jungpaläozoikum und dessen Einordnung im griechischen Gebirgssystem.—*Eclogae geol. Helvet.* **38**, No. 2, S. 211-313, Basel.
- RENZ, C. - TRIKKALINOS, J. 1948.—Der Nachweis von Perm im Aegaleos bei Athen.—*Ann. Geol. p. Hell.* **2**, S. 86-93, Athen.
- ROUMBANIS, B. 1961.—Geological research on the Parnes Mountain range.—*Ann. Geol. p. Hell.* **XII**, Athen.
- RUSSEGER, J. 1840.—Geognosie des laurischen Vorgebirges in Attika und der Kykladen.—*N. Jb. f. Min.* S. 196-208, Stuttgart.
- SINDOWSKI, K. 1951.—Zur Geologie des Lykabettos turkowuni-Gebietes bei Athen mit einem Beitrag über fröhdiluviale Wirbeltierfunde aus Spalten.—*Ann. Geol. p. Hell.* **3**, S. 11-21, Athen.
- 1949.—Der geologische Bau von Attika.—*Ann. Geol. p. Hell.* **2**, S. 163-218, Athen.
- SPILIADIS, T. 1962.—Die Entwicklung des Mesozoikums und die tektonische Geschichte im Gebiet Megara West-Attika.—*Bull. of the Geol. soc. of Greece*, **V**, Athen.
- 1964.—Olonos Pindosschichten in der Perachora-Halbinsel und geologische Vereinigung des Attika-Megaris-Gebietes.—*Bull. Geol. soc. of Greece*, **VI**, Athen.
- STEINMANN, G. 1890.—Einige Fossilreste aus Griechenland.—*ZSDCC*, **42**, Berlin.

- TATARIS, A. - CHRISTODOULOU, G. 1958.— Bemerkungen über den geologischen Bau von Salamis.— *Bull. of the Geol. soc. of Greece*, **3**, S. 83 - 103, Athen.
- TATARIS, S. - KALERGIS, G. 1964.— Geological investigations in Eastern Argolis - Hermonis and Agh. Theodori - Parachora area.— *Bull. of the Geol. soc. of Greece*, **VI**, S. 215, Athen.
- TRIKKALINOS, J. 1936.— Beiträge zur Erforschung des tektonischen Baus Griechenlands. Über die Kreidetransgression auf den kristallinen Schichten der Insel Paros.— *Ann. Geol. p. Hell.* **1-2**, S. 1, Athen.
- 1936.— Beiträge zur Erforschung des tektonischen Baus Griechenlands. Über die Schichtenfolgen und den Bau Attikas.— *Festschr. z. 60. Geburtstag von H. Stille*, S. 303 - 314, Stuttgart.
- 1940.— Beiträge zur Erforschung des tektonischen Baus Griechenlands. Über die attischen und wallachischen orogenen Bewegungen in Attika.— *Prakt. Akad. Athen*, Bd. **15**, S. 437 - 442, Athen.
- 1948.— Beiträge zur Erforschung des tektonischen Baus Griechenlands. Über das Alter und den tektonischen Bau des Lykabetosgebiets.— *Ann. Geol. p. Hell.* **VI**, S. 42 - 50, Athen.
- 1948.— Beiträge zur Erforschung des tektonischen Baus Griechenlands. Über das Alter der metamorphen Gesteine Attikas.— *Ann. Geol. p. Hell.* **VI**, S. 193 - 198, Athen.
- 1954.— Beiträge zur Erforschung des tektonischen Baus Griechenlands. Über die paläogeographische Bedeutung der Kykladenmasse für die tektonische Entwicklung des östlichen Teiles Griechenlands.— *Abh. Akad. Athen*, **18**, No 2, Athen.
- 1958.— Beiträge zur Erforschung des tektonischen Baus Griechenlands. Über das Vorkommen von karbonischen Schichten und Tuffen im Parnes-Kitheron-gebirge, die diskordant auf dem kristallinen Grundgebirge liegen.— *Ann. Geol. p. Hell.* **9**, S. 249 - 255, Athen.
- 1958.— Beiträge zur Erforschung des tektonischen Baus Griechenlands. Über den Beitrag der Mikropaläontologie zur Bestimmung des Alters der kristallinen Gesteine Attikas.— *Ann. Geol. p. Hell.*, **9**, S. 276 - 278, Athen.
- 1959.— Beiträge zur Erforschung des tektonischen Baus Griechenlands. Stratigraphische und tektonische Untersuchungen im Gebiet von Oion (Bogiatí) und Ostabhang von Parnesgebirge.— *Prakt. Akad. Athen*, **34**, Athen.
- 1960.— Beiträge zur Erforschung des tektonischen Baus Griechenlands. Einige Bemerkungen über die in der letzten Zeit in Ost-Orthrys, Attika und Nord-Euboea ausgeführten Untersuchungen.— *Ann. Geol. p. Hell.*, **11**, S. 304 - 312, Athen.

- VOREADIS, G. 1936.— Jungkimmerische Faltungsbewegungen in der Osthellenischen Zone mit einem Überblick über die alpidische Orogenese Griechenlands.— *Prakt. Akad. Athen*, **II**, S. 451 - 461, Athen.
- Die Geologischen Verhältnisse in Salamis Karbon.— *Prakt. Akad. Athen*, **4**, S. 123 - 127, Athen.
- WALTER, B. 1953.— Jungtertiäre Pflanzen aus dem Gebiet der Ägäis (Lemnos - Thessaloniki). — *Annal. Geol. p. Hell.*, **V**, S. 34 - 64, Athen.
- WITTMANN, O. 1941.— Gibt es auch im Diluvium orogene Phasen. — *Geol. Rundsch.*, **32**, S. 337 - 367, Stuttgart.
- ZACHOS, K. - REICH, H. 1948.— Ergebnisse einiger kurzer magnetischer Untersuchungen, Eisenerz-Vorkommen von Grammatikon. — (Manuskri.) *Inst. f. Geol. and Subsurf.* Athen.

GEOLOGISCHE KARTE DER UMGEBUNG VON MARATHON
NORD - OST ATTIKA
m : 1 : 40.000

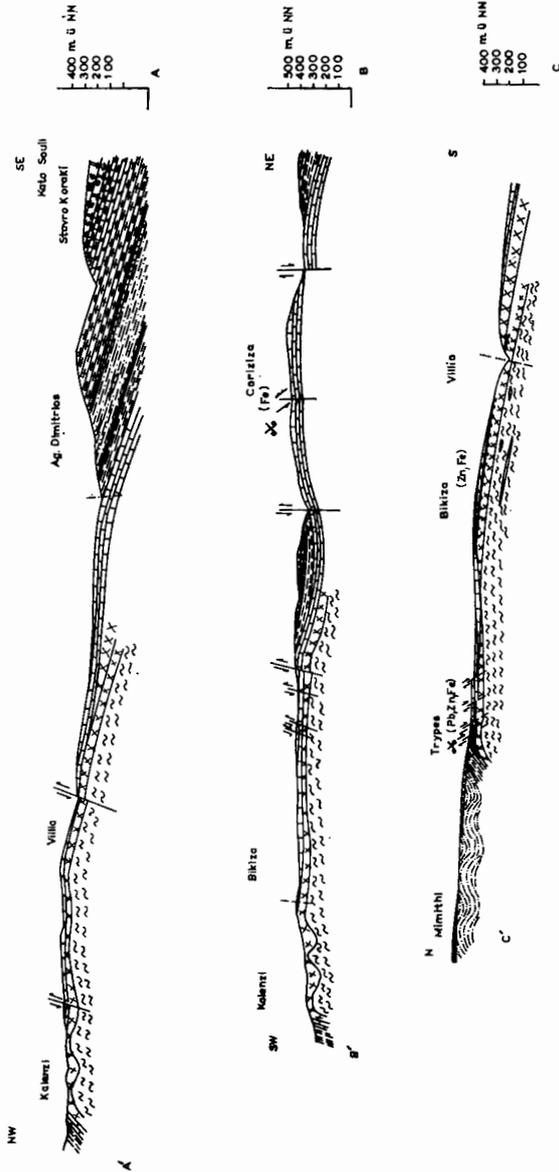


LEGENDE

	Unverfestigte Sedimente (Terra-rossa)	QUARTÄR
	Glimmerkiesan	TERTIÄR
	Konglomerate	TERTIÄR
	Helle Mergel	KREIDE
	Krede-Marmor (Nerineen)	KREIDE
	Rote Hornsteine	JURA
	Blauer bituminöser Marmor	JURA
	Heligrauer Marmor mit Hornsteinlagen	TRIAS
	Zwee-Climmerschiefer	PERM
	Quarzgebänderter Marmor	PERM
	Abbit-Charitschiefer	PERM
	Oberer Kalkglimmerschiefer mit Marmorinschlüssen	OBER- u. MITTEL- KARBON
	Oberer Marmor von Laurien	OBER- u. MITTEL- KARBON
	Unterer Kalkglimmerschiefer mit Marmorinschlüssen	OBER- u. MITTEL- KARBON
	Unterer Marmor von Laurien	OBER- u. MITTEL- KARBON
	Schieferiger Metabufft Marmor, Sericit-Climmerschiefer, Oligoklas-Gneis	VORMITTELKARBON
	Kalkglimmerschiefer mit Quarz- und Glimmerinsen	VORMITTELKARBON

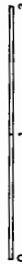
- Fountunungspunkt
- Flurenstreich ; Fallen 1° - 30°
- Schichtstreich ; " 31° - 60°
- B-Achse ; " 61° - 89°
- Mulde
- Abtauchen 1° - 30°
- Sattel " "
- Abschiebung
- Blattverschiebung
- Vermutete Störung
- Metamorphe Gesteinsgrenze
- Nichtmetamorphe Gesteinsgrenze
- Bergsturz
- Stillgelegter Bergbau
- Profile

PROFILE ZUR GEOLOGISCHEN KARTE VON MARATHON



L. E. G. E. N. D. E.

	Konglomerate		Unterer Marmor von Laurion
	Weiße Mergel		Schieferiger Mergel
	Kreide - Marmor (Nerineen)		Marmor-einschl. Garnit
	Rote Hornsteine		Serizit - Glimmerschiefer
	Blauer bituminöser Marmor		Oligoklas - Gneis
	Heligrauer Marmor mit Hornsteinlagen		Kalkglimmerschiefer mit Quarz - und Marmorlinsen
	Zwei - Glimmerschiefer		
	Quarzgebänderter Marmor		
	Albit - Chlorit - Schiefer		
	Oberer Kalkglimmerschiefer mit Marmor-einschl. Garnit		
	Oberer Marmor von Laurion		
	Unterer Kalkglimmerschiefer mit Marmor-einschl. Garnit		



LEGENDE

- B-Achse ; Mulde; Abtauchend 1° - 30°
- " ; Satteli: " "
- Abchiebung
- Blattverschiebung
- Vermutete Störung

Zu den Diagrammen

K: Kluftdiagramm

S: Flächendiagramm

b: Spezialfaltendiagramm

D1-15: Bezeichnung der Diagramme mit Anzahl der Messungen

	:: 0-2 %
	:: 2-4 %
	:: 4-10 %
	:: 10-14 %
	:: >14 %

Besetzungsdichte

TEKTONISCHE KARTE DER UMGEBUNG VON MARATHON
S - FLÄCHEN - UND KLUFTDIAGRAMME
m: 1:60.000

3
Ag. Theodoros

