

## Über die eustatischen Schwankungen des Mittelmeerspiegels während des Pleistozäns im Raum des Thermaikos Golfes

von *Apostolos Palasis, Kiel*

Während des Pleistozäns führten Klimaschwankungen auf der Erde zu einem Wechsel von kalten Vereisungszeiten und wärmeren Interglazialzeiten. Im Laufe einer Eiszeit bildeten sich Gletscher, die den Ozeanen große Mengen von Wasser entzogen und als Eis festlegten. In den wärmeren Zeiten schmolzen die Gletscher weitgehend ab, so daß der Meeresspiegel wieder anstieg. Dabei konnte das Abschmelzen der Gletscher so weit fortschreiten, daß der Meeresspiegel zeitweilig das heutige Niveau überschritt.

In der Gegenwart befinden wir uns in einem Interglazial. Neuere Untersuchungen registrieren einen Meeresspiegelanstieg von etwa 1 mm pro Jahr. Wenn das gesamte heutige Eis abgeschmolzen wäre, so würde der Meeresspiegel um etwa 55 m höher stehen.

Die Zeugen der glazialeustatischen Meeresspiegelschwankungen müssen an vielen Küsten in etwa gleicher Höhe anzutreffen sein, sofern keine tektonischen Hebungen und Senkungen diese verschoben haben. – Auf solchen Überlegungen basierend, hat die Erforschung des Quartärs im Mittelmeerraum in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht. Italienische und französische Geologen haben das Quartär der Mediterranis gegliedert und mit den nordeuropäischen Vereisungen verglichen.

A. C. Blanc (1936, 1937, 1938, 1942) hat an der italienischen Küste quartäre Regressionen und Transgressionen festgestellt und sie als eustatische Schwankungen des Ozeanspiegels erklärt. M. Pfannenstiel (1940, 1941, 1944, 1950) hat sich mit seinen ausgedehnten Studien um das Quartär der Dardanellen, des Marmarameeres, des Bosphorus und Palästinas verdient gemacht. Er stellte ähnliche eustatische Schwankungen an allen untersuchten Küsten fest.

A. Archangelsky (1932), Nistrachov (1932, 1933, 1938) und N. Andrussov (1918, 1925) erforschten die Quartärgeschichte des Schwarzen Meeres, das gleichfalls einen mehrfachen Wechsel von Hoch- und Tiefständen seines Spiegels, verbunden mit einem Wechsel des Salzgehaltes, erfahren hat. An den griechischen Küsten haben mehrere Geologen ähnliche eustatische Schwankungen festgestellt, wie D. Jaranoff (1940) in der Gegend westlich von Alexandrupolis, A. Paraskevidis (1933, 1956) auf der Halbinsel Perachora im Golf von Korinth und an der Küste von Castrosikia am Ionischen Meer. Auch die französische Mittelmeerküste wurde von verschiedenen Forschern auf Anzeichen von Meeresspiegelschwankungen untersucht, u. a. von Bellaiche (1969), Blanc, A.-C. (1962), Blanc, J.-J. (1960), Bonifay (1962, 1964), Feugueur (1962), Glangeaud (1965), Jaworsky (1963), de Lumley (1965, 1969), Mars (1963), Miskovsky (1963) und Pivetau (1971).

Ein Vergleich der Ergebnisse dieser Arbeiten mit den Untersuchungen am Thermaikos Golf ist erst in einer weiteren Arbeit möglich.

Alle diese Geologen haben mehrere Hochstände des Mittelmeerspiegels festgestellt. Die Stände in 5–8 m, 12–15 m, 30–35 m, 55–65 m, 90–105 m und 140–170 m Höhe treten an vielen Küsten des Mittelländischen Meeres auf.

In der Umrandung des Mittelmeeres sind junge orogene und epirogene Bewegungen weit verbreitet. In vielen Gegenden haben tektonische Bewegungen sowie klimatische Kräfte an dem Aufbau von Terrassen gemeinsam mitgewirkt. Deshalb mußten Uferstrecken gefunden werden, die – soweit sich das feststellen läßt – im Pleistozän im wesentlichen nicht bewegt worden sind. Derart stabile Streifen gibt es am Mittelmeer nach den Meinungen von A. C. Blanc und M. Pfannenstiel. So unruhig die Umrandung des Mittelmeeres im Pliozän und im Alt-Pleistozän war, so auffallend stabil seien einzelne Küstenstrecken in der letzten Quartärhälfte gewesen (A. C. Blanc 1943).

A. C. Blanc (1936) hat zwei solcher Landstreifen in Italien untersucht, die Bassa Versilia und die Pontinischen Sümpfe, und kommt zur Ansicht, daß die italienische Küste Tief- und Hochstände des Wasserniveaus erkennen lasse, die nur durch den quartären Klimawechsel erklärt werden könnten. Das palästinensische Ufer zeigt, wie M. Pfannenstiel (1952) schreibt, den gleichen Rhythmus des Meeres an. Beide Autoren kommen also zu dem Ergebnis, daß in den untersuchten Fällen nur eustatische Schwankungen die Ursache sein können.

In der vorliegenden Arbeit sind quartäre Profile Nordgriechenlands untersucht worden. Der Wechsel von Flußschottern, bunten Böden und marinen Schichten weist auf Klimaschwankungen hin. Gleichzeitig treten in dem umliegenden Hochland in verschiedenen Höhenlagen mehrere marine Terrassen auf, die sich mit entsprechenden Bildungen des Mittelmeeres, der Dardanellen und Palästinas parallelisieren lassen.

In den folgenden Kapiteln wird nun versucht, die quartären Profile und Terrassen des Gebietes um Saloniki zu deuten und sie mit anderen Gebieten des Mittelmeeres zu vergleichen\*.

### I. Allgemeiner geologischer und morphologischer Überblick über das Arbeitsgebiet

Das untersuchte Gebiet liegt um den Thermaikos Golf, nahe der Hafenstadt Thessaloniki. Diese Gegend ist während des Pliozäns durch epirogene und orogene Bewegungen geprägt worden. So wurde das Gebiet des heutigen Thermaikos Golfes durch bruchtektonische Bewegungen abgesenkt, während das umliegende Land gehoben wurde. Heute wird der Thermaikos Golf von bis zu 200 m hohen Hügeln umsäumt.

Nordwestlich des Golfes zieht eine Ebene weit ins Land hinein bis zu den Kreidebergen des Vermion. Sie wurde von den Schuttmassen der Flüsse Axios, Gallikos, Aliakmon und Ludias aufgeschüttet, die heute Deltas in den Golf vorbauen.

Dieser Reichtum an Flüssen und mächtigen, Grundwasser führenden Schuttmassen ist für die Wasserversorgung der Stadt Thessaloniki schon seit langem ausgenutzt worden. In Zusammenhang hiermit werden seit vielen Jahren Tiefbohrungen besonders in Stadtnähe niedergebracht. In den letzten Jahren sind auch private Bohrungen fast in der ganzen Ebene abgeteuft worden. In einzelnen Fällen wurden Tiefen von mehr als 130 m erbohrt. An nur wenigen Streifen des Mittelmeerrandes findet man derart zahlreiche Tiefbohrungen. Bohrmaterial wurde mir vor allem vom geologischen Amt in Thessaloniki zur Bearbeitung zur Verfügung gestellt. Auch hatte ich selbst Gelegenheit, Bohrkerne zu untersuchen.

#### Die rezente Fauna des Thermaikos Golfes

Bevor man irgendwelche ökologischen und paläogeographischen Ausdeutungen der pleistozänen Fauna versucht, sollte man über die rezente Fauna informiert sein.

Diese ist durch mehrere Untersuchungen bekannt geworden (M. K. Mitzopoulos 1938, H. Sakellariou 1957). Ich selbst habe zahlreiche rezente Arten gesammelt, die mir für spätere Vergleiche nützlich waren.

Die geographische Verbreitung der Mollusken im Thermaikos Golf hängt zu erheblichen Teilen von

\* Die Arbeit wurde von meinem hochverehrten Lehrer, Prof. Dr. E. W. Guenther, angeregt. Für seine kritische immerwährende Hilfe möchte ich ganz besonders danken. – Dank sei ferner gesagt den Herren Prof. Dr. M. Pfannenstiel aus Freiburg im Breisgau und Prof. Dr. M. Mitzopoulos vom Paläontologischen Institut der Universität Athen für wertvolle Hinweise und Anregungen, den Herren Staninos, Stumbos und Vogiatzis vom Wasserwerk Thessaloniki für die Beschaffung von Bohrmaterial, sowie Herrn Dr. Jäckel für seine Hilfe bei der Bestimmung der pleistozänen Faunen. Fr. cand. rer. nat. G. Oden hat sich um die Überarbeitung des Manuskriptes bemüht, und Fr. G. Zwickert hat alle Zeichnungen für den Druck bearbeitet.

der Morphologie der Küsten und deren Beschaffenheit ab. Es lassen sich drei Lebensgemeinschaften mit ihren charakteristischen Arten unterscheiden:

- a) Steilküsten mit groben Sedimenten. Es überwiegen: *Ostrea*, *Mytilus*, *Pecten*, *Fissurella*, *Patella*.
- b) Sandige Litorale mit *Venus*, *Tapes*, *Macra*, *Solen*, *Gastrana*.
- c) Tonige bis feinsandige Deltabereiche. Hier überwiegen *Murex*, *Cerithium*, *Cardium edule*.

Von den Muscheln und Schnecken des Mittelmeeres leben 69 Arten auch im Atlantischen Ozean, 19 im Schwarzen Meer, und 8 beschränken sich auf das Mittelmeer.

Auffallend ist die Armut an Schnecken und das Fehlen der *Nuculidae*, die, wie bekannt, auch geringe Salzgehaltsschwankungen nicht überleben.

## II. Die quartären Entwicklungsstadien im Mittelmeer

Die quartäre Geschichte des Mittelmeerraumes ist, wie erwähnt, durch zahlreiche Arbeiten z. B. von A. C. Blanc (1936, 1937, 1938, 1942) und M. Pfannenstiel (1944, 1950, 1952) beschrieben und chronologisch festgelegt worden.

A. C. Blanc hat quartäre Profile aus tiefen Bohrungen der Ebene von Massaciucoli studiert und in mehrjähriger Auswertung die Entwicklungsstadien festgelegt. Die Profile weisen eine Reihe von Transgressionen und Regressionen auf, die miteinander abwechseln. Kontinentale, terrestrische Ablagerungen werden in einer verblüffenden Regelmäßigkeit von echt marinen Lagen unterbrochen.

### Ideal-Profil der italienischen Ebene

- + 1,5 m bis — 7 m: Torflage mit reicher Flora. Diese ist ohne Ausnahme rezent und weist auf ein gemäßigtes Klima hin. Außerdem Reste von *Bos*, *Cervus*, *Capreolus* und *Castor* (Postglazial).
- 7 m bis — 14 m: Limnische Seemergel werden von groben Sanden und Geröllen unterlagert, die in feinere Sande übergehen. Es sind Ablagerungen eines kalten Klimas. Die Pollenanalyse des Seemergels ergab *Abies*, *Pinus*, *Picea*, *Alnus*. Die Quarzsande haben eine polierte Oberfläche und weisen oft eine limonitische Kruste auf. Sie sind äolischer Entstehung. Sie enthalten Paläolithikum von oberem Moustérien bis oberem Aurignacien (Würm III).
- 14 m bis — 30 m: Es schaltet sich die erste marine Lage ein. Sie wurde paläontologisch gründlich untersucht. Die reiche Fauna enthält Muscheln, Schnecken und andere Meeresbewohner. Eine große Zahl der Mollusken sind noch heute Bewohner dieser Meeresregion. Viele von ihnen wie *Spondylus* und *Pectunculus* besitzen eine größere Schale, wie man sie heute nur im südlichen Mittelmeer findet. Die große Schnecke *Purpura haemastoma* LINNÉ gibt der marinen Lage den Namen *Purpura*-Horizont. Allgemein weisen die marinen Arten auf ein gemäßigtes bis warmes Klima hin (Interstadial W II/III).
- 30 m bis — 61 m: Die mächtige Schichtfolge zeigt eine Wechsellagerung von Torfen, Mergeln und torfigen Mergeln mit *Pinus*, *Picea*, *Abies*, *Betula*, *Alnus*, *Salix*; außerdem zahlreiche terrestrische Mollusken.  
Alle Fossilien sind Zeugen eines kontinentalen Klimas, eines Wärmeminimums (Würm II).
- 61 m bis — 74 m: Marine Lage mit zahlreichen Mollusken wie in der oberen marinen Schicht. Außerdem eingeschwemmte Samen von *Uitis silvestris*. Es ist ein gemäßigtes bis warmes Klima anzunehmen (Interstadial W I/II).

- 74 m bis — 90 m: Terrestrische Sedimente aus litoralen Ablagerungen und Stranddünen. Dazwischen Sumpfablagerungen mit Landmollusken wie *Ualvata* und *Bithynia*. Kontinentales Klima (Würm I).
- 90 m bis — 92 m: Marine Lage mit einer reichen Fauna. Die ausgesprochene Warmwasserfauna ist neben anderen durch die Leitformen *Strombus bubonius* LMK. (ident. mit *Strombus mediterraneus* DUGLOS) und *Natica lactea* GUILD. gekennzeichnet, welche heute im Atlantik in der Höhe des Senegals und der Kap Verden leben. Die marine Lage entspricht dem Interglazial Riß/Würm.

Ein weiteres Gebiet im Mittelmeer, das man zum Vergleich der quartären Entwicklungsstadien heranziehen kann, ist Palästina. Aus vielen Bohrungen ergeben sich mehrere Profile, die eine fast lückenlose Entwicklung des letzten Teiles des Quartärs enthalten. Anhand dieser Profile konnte M. Pfannenstiel (1952) einen Teil des Pleistozäns von Palästina gliedern.

#### Ideal-Profil der Küste Palästinas.

- + 1 m bis + 4 m: Die jungen Ablagerungen zeichnen sich durch eine Regellosigkeit der Schichten aus. Vorherrschend sind rote Sande äolischer Entstehung. Es sind Dünen sande.
- + 1 m bis — 3 m: Unter den Dünen sanden tritt gelegentlich die marine Lage A auf mit Muscheln, die heute noch in diesen Gewässern beheimatet sind. Das Sediment ist ein Kalksandstein, der reich ist an Schalen von *Pectunculus* und von *Cardium*. Die Kalksandsteine findet man als Deckschichten einer Terrasse bei Samothrake wieder. Die marine Lage muß neolithisch sein, da sie menschliche Kulturreste dieser Zeit enthält (Pfannenstiel, 1944).
- 3 m bis — 7 m: Lose Sande, verfestigte Kalksandsteine und sandige Lehme. Sie sind schräg geschichtet. Die Sande sind windverblasene Dünen sande. Diese Ablagerung entspricht der Würm III-Kaltzeit.
- 7 m bis — 20 m: Marine Lage B. Sie besteht aus *Cardium* und *Pectunculus*-Breccien oder aus Foraminiferen führenden Kalksandsteinen. Sie gehört dem Interstadial Würm II/III an.
- 21 m bis — 32 m: Terrestrer Dünen sand mit einem Schotterhorizont (Würm II-Kaltzeit).
- 32 m bis — 45 m: Marine Lage C mit Foraminiferen des wärmeren Wassers (Interstadial Würm I/II).
- 45 m bis — 89 m: Feste graue Tone, echte Sumpfbildungen, mit eingeschwemmten verkohlten Holzresten und *Xerophila joppensis*. Unterer Schotterhorizont (Würm I-Kaltzeit).
- 89 m bis — 90 m: Marine Lage D. Muschelführende Schichten (*Arca*, *Pectunculus*) und Foraminiferensand sind mit Flußschottern verzahnt. Diese fluviomarine Ausbildung wird als Ablagerung einer regressiven Phase angesehen und gehört zur posttyrrhenischen Regression.

### III. A Darstellung und Interpretation des quartären Untergrundes der mazedonischen Ebene anhand eines Idealprofils

Aus einer großen Anzahl von Bohrungen konnten zahlreiche Profile ausgesucht werden, aus denen sich eine relativ lückenlose Entwicklung von Pleistozänablagerungen zusammenstellen läßt. Mit Hilfe solcher Profile konnten insgesamt 3 Querschnitte und 1 Längsschnitt durch die mazedonische Ebene konstruiert werden.

Viele Schichten einer gleichen chronologischen Folge sind zusammengefaßt. Sie unterscheiden sich zwar

petrographisch voneinander, gehören zeitlich jedoch zusammen. Besonders fluviatile und Delta-Sedimente können je nach ihrer Entfernung vom Fluß- oder Deltabereich eine unterschiedliche petrographische Beschaffenheit aufweisen.

Die aufgeführten Profile haben in der Regel so viele gemeinsame Züge, daß man, ohne wesentliche Fehler zu begehen, ein Idealprofil zeichnen kann, das den tatsächlichen Untergrundverhältnissen der Küstenebene gerecht wird.

#### Schicht 1: Flußablagerung

0—6 m: Kiesiger Sand mit *Paraspira spirorbis* LINNÉ und *Vitrea crystallina* MÜLLER.

Die Sedimente mit wechselnder lithologischer Zusammensetzung sind von fließendem Wasser abgelagert worden. Am Ufer der Flüsse liegen Schotter und Kiese, etwas weiter entfernt folgen feinere Sande und schließlich Auelehme. Die Fauna zeigt Fluß- und Landschnecken eines seichten Gewässers.

#### Schicht 2: limnische Sedimente

6—13 m: Grauer Schlick mit vielen Holz- und Pflanzenresten.

Diese brakischen Ablagerungen aus grauem Schlick sind reich an Pflanzenresten wie Blätter und Holz. Das Holz ist z. T. verkohlt. Das Fehlen einer Fauna deutet auf eine Entstehung in sumpfigen Gewässern hin. Diese Sedimente sind über die ganze Ebene verbreitet, die in dieser Zeit ein See war. Später wurden sie von Flußsanden überschüttet. Ein kleiner Teil des Sees bildete noch vor 30 Jahren den Janitza-See, der den Raum zwischen Paralimnion, Platy und Nision einnahm (Bild 1, Übersichtskarte). Er wurde in den letzten Jahren zur Landgewinnung trockengelegt.

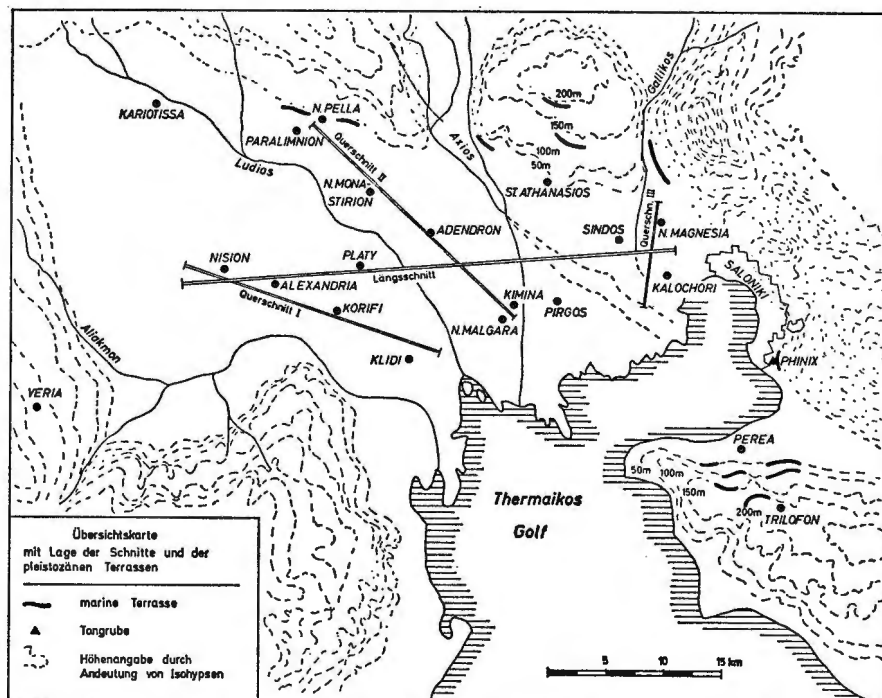


Bild 1. Übersichtskarte der mazedonischen Ebene am Thermaikos Golf.

## Schicht 3: marine Lage A

13—15 m: kiesiger Sand (fossilführend).

Die erste marine Schicht birgt eine Fauna von Muscheln, Schnecken, Seeigeln und Krebsen. Sie enthält außer vielen, noch gegenwärtig im Thermaikos Golf lebenden Arten einige, die heute hauptsächlich im übrigen Mittelmeer leben (*Bittium reticulatum* DAC., *Hinia incrassata* MÜL., *Cythara albida* DESH., *Rissoa ventricosa* DESM.).

Die Schicht tritt je nach ihrer geographischen Lage in wechselnden Tiefen auf. Im Gebiet von Sindos (Bild 5) reicht die marine Lage etwa 10 m unter Meeresniveau. Etwas weiter westlich bei Nea Malgara (Bild 3) wird die Schicht in einer Tiefe von 25 m angetroffen. Der Längsschnitt (Bild 5) läßt die Morphologie des Thermaikos in jener Zeit erkennen.

Von Nea Malgara bis Platy wurden die mächtigsten Sedimente dieser Zeit abgelagert. Hier war eine tiefe Senke. Sie nahm aber landeinwärts allmählich an Tiefe ab und verflachte. Bei Adendron (Bild 3) trifft der Bohrer gelegentlich noch Sedimente dieser Zeit in einer Tiefe, die fast dem heutigen Meeresniveau entspricht. Hier stoßen wir zum ersten Mal auf eine Ausdehnung des Meeres, die größer war als heute.

## Schicht 4: limnische Sedimente

15–22 m: feinsandiger Ton mit Pflanzen- und Holzresten.

Mächtige feinsandige Tone werden in allen Bohrungen in einer Tiefe zwischen 10–20 m angetroffen. Die dunklen, grauen bis schwarzen Tone fallen durch ihre Armut an Lebewesen auf. Demgegenüber steht der Reichtum an Pflanzenresten. Verfolgt man von Bohrung zu Bohrung die Mächtigkeit und Verbreitung dieser Ablagerungen, entdeckt man ein Spiegelbild der ersten limnischen Phase. Es entsteht erneut ein vom Meer abgeschnittener Binnensee, der langsam durch einen mächtigen Absatz von Flußsedimenten verflacht. Es gab wahrscheinlich flache, sumpfige Gewässer, die ein feindliches Milieu für irgendwelche Lebensbedingungen boten. Die zahlreichen Pflanzenreste, die hierher verfrachtet wurden, deuten darauf hin, daß am Ufer eine reiche Flora vorhanden war, wie man sie heute kaum mehr findet. Solche Sumpfgenden sind in diesen geographischen Breiten heute kurzlebig. Die Überlegung liegt nahe, daß es sich hier um eine Zeit handelt, in der ein feuchteres Klima herrschte und reichlich Flußwasser zugeführt wurde. Die verstärkten Niederschlagsmengen haben über lange Zeiten eine limnische Sedimentation erhalten können. Die Bohrungen entlang der Küste stoßen in einer Tiefe von 20 bis 30 m auf diese Ablagerung. Noch bei Nision (Bild 5) beträgt ihre Mächtigkeit 3–5 m; die Ausdehnung dieses Binnensees ist im Vergleich zu dem jüngeren See wesentlich größer gewesen.

## Schicht 5: marine Lage B

22–26 m: grauer sandiger Ton mit Sandlagen (fossilführend).

26–35 m: grauer Ton (fossilführend).

In diesem Schichtabschnitt werden mehrere marine Sedimente zusammengefaßt. Sie zeigen eine unterschiedliche fazielle Ausbildung, fallen jedoch chronologisch in dieselbe Zeit. Tonige Sedimente herrschen vor. Diese Schicht ist sehr gut erhalten und hat eine weite Verbreitung. Bei Nea Malgara (Bild 3) liegt sie in Tiefen zwischen 35 und 50 m, bei Kalochori (Bild 5) zwischen 20 und 30 m. Die reiche Fauna von Muscheln und Schnecken enthält Arten, die heute nicht mehr im Thermaikos leben. Hier fallen viele Arten durch große Anzahl besonders auf.

## Muscheln

*Glycymeris pilosus* L. (häufig), *Divaricella divaricata* L. (zahlreich), *Cardium exiguum* GM. (häufig), *Tellina pulchella* LK. (häufig), *Nuculana pella* L. (häufig), *Aloidis gibba* OL., *Nucula nucleus* L.

## Schnecken

*Turritella communis* RIS. (häufig), *Bittium reticulatum* DAC. (häufig), *Hinia incrassata* STR., *Cythara albida* DESH. (häufig), wichtig ist auch das Vorkommen von

## Anthozoa

*Dendrophyllia* BL. Selten sind typische Vertreter der rezenten Fauna wie *Cardium tuberculatum* L. und *Cyclonassa neritea* L., vielfach fehlen sie auch ganz.

Die Fauna deutet auf eine Zeit mit größerem Mittelmeereinfluß hin. Da keine ausgesprochen subtropischen Arten gefunden wurden, dürfte die Wassertemperatur gemäßigt bis warm gewesen sein. Folgende Überlegungen können zu einer Erklärung beitragen:

- a) Eustatisch bedingte Schwankungen des Mittelmeerspiegels. Ein höherer Wasserstand hätte durch Überflutung der Küsten eine breitere Verbindung der relativ engen Bucht des Thermaikos mit der Ägäis geschaffen.
- b) Ein trockeneres Klima als heute hätte wiederum weniger Niederschläge und mindere Flußwasserzufuhr zu bedeuten. Diese beiden Faktoren könnten einen Salzgehalt geschaffen haben, der das Vorkommen von *Nucula* und *Dendrophyllia* erklärt, Arten, die auch geringe Salzgehaltsschwankungen nicht vertragen.
- c) Ein isostatisch bedingtes Absenken des Thermaikos hätte mehr Wasser aus der Ägäis einströmen lassen. Da aber die Flüsse ungehindert dieselbe Wassermenge transportiert haben würden, kann damit ein konstanter Salzgehalt nicht erklärt werden. Es können also nur eustatische Meeresspiegelschwankungen zur Entstehung dieser Schicht geführt haben, in einer Zeit, die bereits zum Pleistozän gehört.

## Schicht 6: terrestre und fluviatile Sedimente

35–37 m: Kies und Schotter

37–39 m: gelber sandiger Lehm

39–42 m: Kies und Schotter

42–52 m: brauner sandiger Lehm mit *Vitrea crystallina* MÜL., *Planorbis planorbis* L., *Theodoxus fluviatilis* L.

Das mächtige Schichtpaket mit seinen Land- und Süßwasserarten zeigt eine kontinentale Entstehung. Die Mächtigkeit der einzelnen Schichten wechselt im ganzen Gebiet. An der Küste sind die Lagen geringmächtig, nehmen dann landeinwärts zu, bis sie im Bereich der Hügel große Mächtigkeiten erreichen. Die groben Kiese und Schotter sind wegen ihrer Bedeutung für die Wasserversorgung besonders gut bekannt. Zwischengelagert sind gelbe bis rote sandige Lehme, ebenfalls terrestrer Entstehung.

Die Schotterschichten fallen von N nach S ein. Im nördlichen Bereich bei Nea Magnesia (Bild 4) liegen sie wenige Meter unter NN, bei Sindos (Bild 5) in ca. 30 m Tiefe und in Nea Malgara (Bild 3) bei 50 m. Der Thermaikos muß also um 30–40 m trockengefallen sein, und die Flüsse konnten so ihre Schuttmassen weiter vorbauen.

## Schicht 7: marine Lage C

52–54 m: grauer sandiger Ton (fossilführend)

Die marine Lage C ist sehr schlecht erhalten. Sie ist bisher nur in Bohrungen nahe der Küste bekannt und überschreitet nicht den Raum von Kalochori, Sindos, Pyrgos und Trikala (Bild 4). Schon in den benachbarten Profilen bei Platy (Bild 5) fehlt sie vollkommen.

Die Fauna zeigt keine Besonderheiten. Eine kurzzeitige marine Transgression drang einige Kilometer nach N vor. Sie war wahrscheinlich nur von geringer lokaler Verbreitung.

## Schicht 8: terrestrische und fluviatile Sedimente

54–59 m: lehmiger sandiger Kies

59–64 m: brauner Lehm (fossilführend). *Bithynia tentaculata* L., *Uitrea crystallina* MÜL.

Bunte Landsedimente sind so sehr mit mächtigen Schottern und Sandlinsen verzahnt, daß man einheitliche Horizonte nur schwer erkennt. Die Flußsedimentation deutet entweder auf eine Zeit erhöhten Niederschlags hin, oder der tiefere Stand des Thermaikos hat ein verstärktes Gefälle geschaffen. Es war eine Zeit mit stark kontinentalem Einfluß.

## Schicht 9: marine Lage D

64–75 m: grauer Ton (fossilführend)

75–78 m: Muschelschill und Ton

78–82 m: lehmiger kiesiger Sand

Diese marine Schicht hat landeinwärts eine große Ausdehnung. Sie erfaßt die ganze Ebene und reicht noch bis in die höheren Lagen des Binnenlandes. Bei Kalochori (Bild 5) liegt sie in einer Tiefe von 70 bis 80 m, weiter landeinwärts bei Nea Magnesia (Bild 4) etwa 20–30 m unter NN.

Im Vergleich mit den anderen marinen Lagen fällt der Reichtum an Mollusken auf und das Vorkommen von stenohalinen Arten, wie sie in den anderen marinen Sedimenten fehlen. Außerdem lassen sich innerhalb der Schichten ökologische Unterschiede der Faunen aufzeigen.

Das Faunenbild wird beherrscht von: *Ostrea lamellosa*, *Chlamys flexuosa*, *Arca lactea*, *Chama circinata*, *Venerupis*, *Tapes*, *Nuculana*.

78–82 m: Die unteren Lagen aus grobem Sand sind in seichtem Wasser sedimentiert worden. Cerithiumschalen aus dieser Schicht sind von geringer Größe, gut ausgebildet mit einer typischen weißbräunlichen Färbung. Es findet sich eine arme Fauna mit Formen wie: *Bittium reticulatum* DAC., *Turbonilla*, *Rissoa ventricosa* DESM.

75–78 m: In den Lagen des Muschelschills findet sich eine besondere Lebensgemeinschaft, die in keiner Beziehung zu den Arten der höher liegenden Schichten steht. Es überwiegen an Zahl und Größe: *Tapes decussatus* L. (häufig), *Tapes geographica* GM. (häufig), *Tapes aureus* L., *Venerupis pullastra* MONT., *Venerupis perforans* MONT., *Dendrophyllia* BL.

Die Mollusken sind von mittlerer Größe und haben eine typische kalkweiße Schale.

64–75 m: Die Tonschichten enthalten eine Fauna mit: *Ostrea lamellosa* PAYR., *Chlamys flexuosa* POL., *Arca lactea* L., *Chama circinata* MONT.

Große Cerithien haben eine bläuliche bis violette Färbung. Hier und in den Muschelschillschichten treten dieselben Mollusken auf, doch überwiegen *Tapes* im Muschelschill und *Ostrea* und *Chama* in den Tonschichten. Dies ist auf ökologische Unterschiede als Folge des Sedimentationsmilieus und der Tiefe zurückzuführen. Waren klimatische oder epirogene Kräfte für die musterhafte ökologische und petrographische Entwicklung verantwortlich? Für den eustatisch bedingten Anstieg des Meeresspiegels spricht ein-



deutig die allmähliche Vertiefung des Thermaikos Golfes und das Auftreten von Mollusken wie *Nucula*, *Nuculana*, *Ostrea* u. a. Epirogene Bewegungen hätten langsam den Golf sinken lassen. Sie hätten aber gleichzeitig ein größeres Flußgefälle geschaffen. Die Anwesenheit stenohaliner Arten wäre damit nicht zu erklären. Das Überwiegen der Mittelmeermollusken spricht für ein gemäßigtes bis warmes Klima.

#### Schicht 10: terrestrische und fluviatile Sedimente

- 82– 89 m: sandiger Lehm (fossilführend). *Potamomya plana* Sow., *Uvivipara fasciata* MÜL., *Uvivipara diluviana* KUNTH., *Theodoxus fluviatilis* L., *Bithynia labiata* NEUM.
- 89– 92 m: Schotter
- 92–100 m: sandiger Kies
- 100–101 m: gelber sandiger Lehm (fossilführend). *Bithynia labiata* NEUM., *Uvivipara fasciata* MÜL., *Pisidium subtruncatum* MALM., *Planorbis discus* ED., *Corbicula fluminalis* MÜL., *Pisidium amnicum* MÜL.
- 109–110 m: gelber Lehm mit Insektenresten
- 110–111 m: Sand
- 122–133 m: Sand und Schotter. Die schlecht erhaltene Fauna besteht aus zerbrochenen Muschel- und Schneckenresten von *Mytilus galloprovincialis* LK., *Spisula subtruncata* DAC., *Nuculana pella* L., *Bittium reticulatum* DAC., *Rissoa ventricosa* DESM., *Alcis attenuans* JER., *Turritella communis* R., *Hinia incrassata* STR.

Der Abschnitt von über 50 m Mächtigkeit enthält Sedimente einer langanhaltenden kontinentalen pleistozänen Phase. Fluviatile und terrestrische Sedimente wechseln sich ab. Verschiedenartige Sedimente wie extrem bunte Böden, Sande und Schotter weisen auf die kontinentale Entstehung hin. Die Mollusken sind ebenfalls echte Land- und Süßwasserarten.

Die Tatsache, daß der Untergrund des Thermaikos Golfes in über 100 m Tiefe aus Schottern und Sanden aufgebaut ist, weist darauf hin, daß der Golf in dieser Zeit bis zu einer Tiefe von mehr als 100 m trocken fiel.

Nur wenige der vielen Bohrungen, die in der Ebene abgeteuft worden sind, erreichen eine Tiefe von mehr als 130 m. Diese Bohrungen trafen gelegentlich in einer Tiefe von ca. 150 m eine marine Schicht aus dunklen Tonen mit einer reichen Fauna. Zur Zeit, als diese Untersuchungen durchgeführt wurden, gab es leider keine Bohrung, die diese Schicht durchstieß. So war es nicht möglich, auch diese marine Lage zu untersuchen und für die quartäre Geschichte des Gebietes auszuwerten.

#### B Eingliederung der Schichten in eine chronologische Reihenfolge

Die Schichten werden in der Reihenfolge von alt zu jung erläutert, da so sinnvoll die zeitliche Abfolge der quartären Entwicklung verfolgt und gedeutet werden kann.

Die unterste Lage der Schicht 10. Die an einigen Stellen gefundenen marinen Sedimente werden von einer fluviatilen Gerölllage überdeckt. Die marine Fazies ist stellenweise mit der fluviatilen eng verzahnt, wie auch marine Muscheln zwischen Flußschottern und Sanden zeigen. Man kann daher von einer fluviomarinen Lage sprechen. Dies ist aber nur möglich, wenn das Meer in regressivem Rückzug war und dem Festland Boden zurückgab, der von den Flüssen überschottert wurde. Eine solche Regression des Mittelmeeres bis zu mehr als 100 m Tiefe ist in vielen Gegenden bekannt.

A. C. Blanc (1937, 1942) beschreibt eine ähnliche Regression, die den marinen Sedimentzyklus der tyrrhenischen Phase vom Monastir durch kontinental-terrestrische und brackische Ablagerungen trennt.

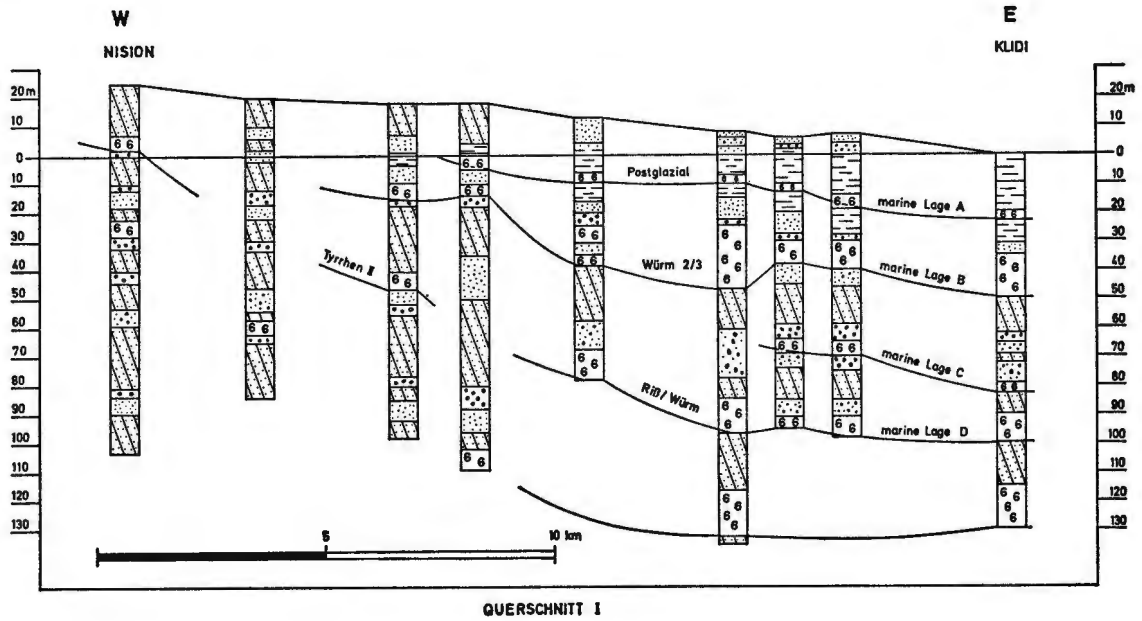


Bild 2. Bohrprofile von Nision bis Klidi.

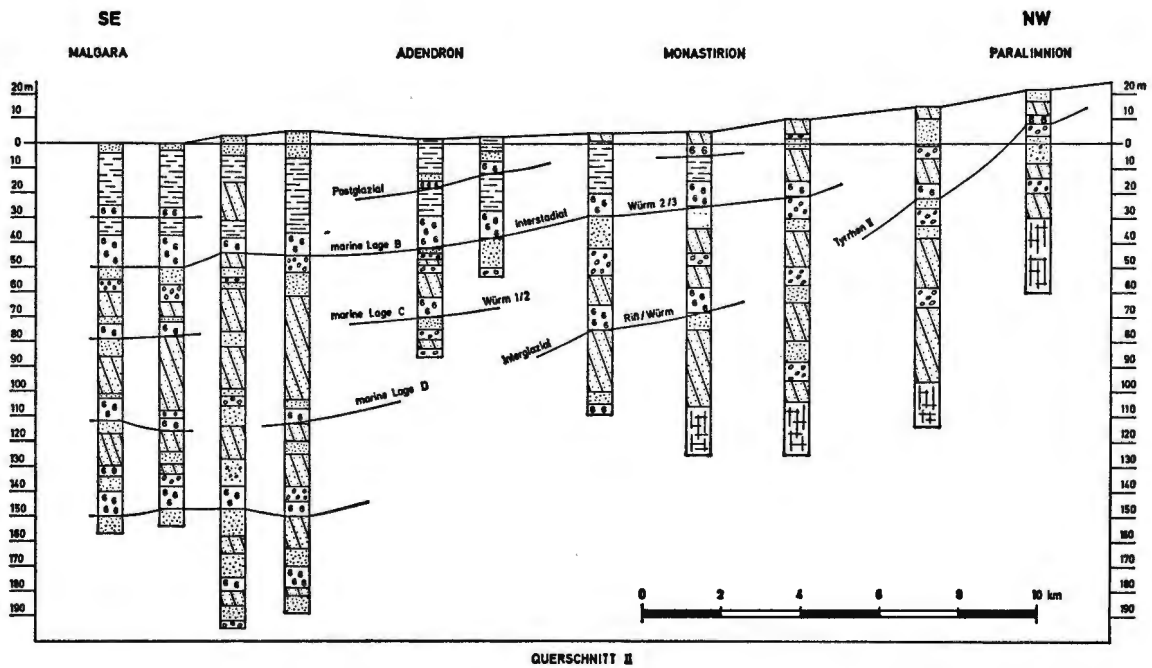


Bild 3. Bohrprofile von Nea Malgara bis Paralimnion.

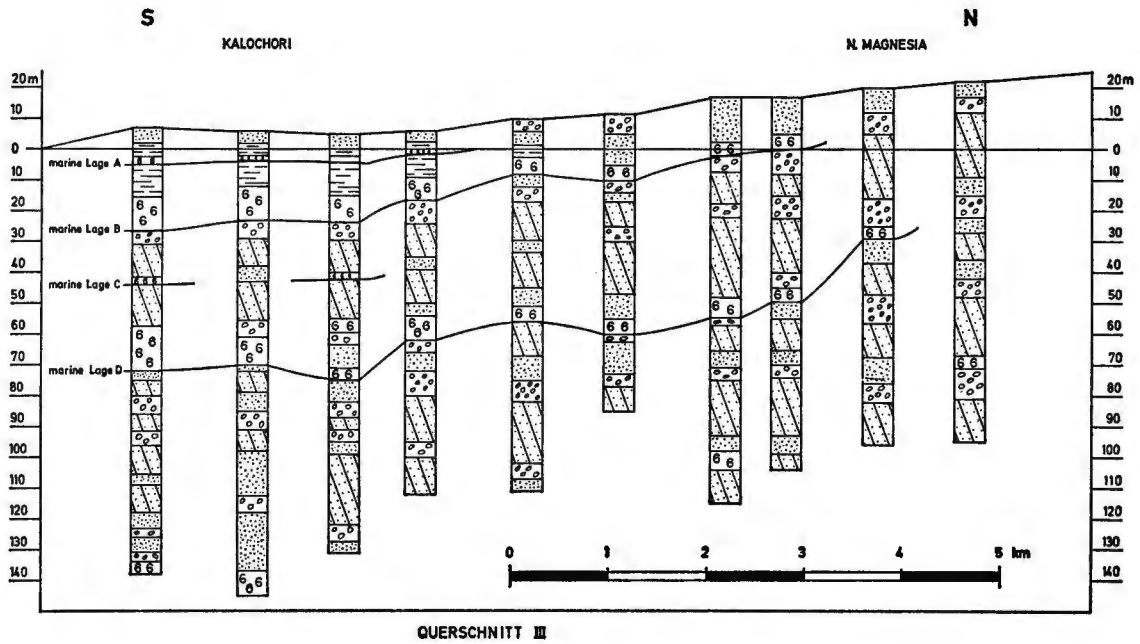


Bild 4. Bohrprofile von Kalochori bis Nea Magnesia.

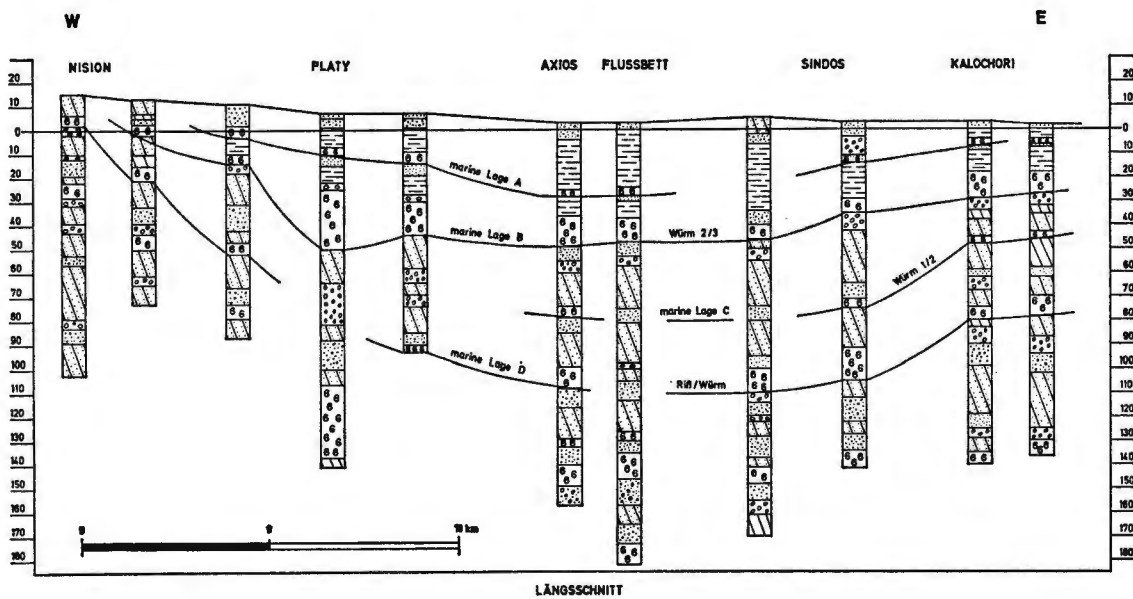


Bild 5. Bohrprofile von Nision bis Kalochori.

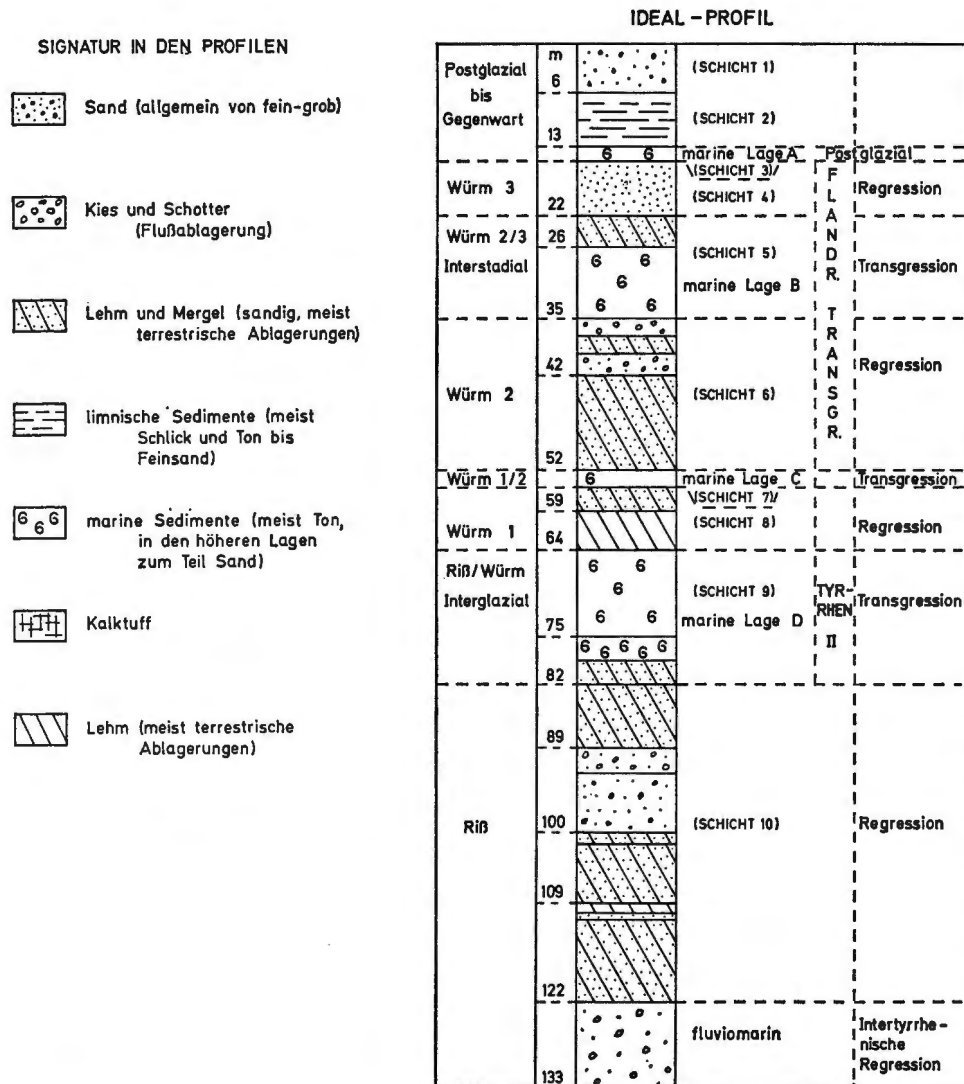


Bild 6. Darstellung des quartären Untergrundes der mazedonischen Ebene anhand eines Längsschnittes und der Querprofile I bis III.

Die fluviomarine Lage wird den Endphasen einer intertyrrhenischen Regression zugeschrieben, die mit den terrestren Sedimenten der höheren Schichten zum Rißeiszeitalter gehören.

Marine Lage D: die folgende Schicht 9 zeigt eine echte Transgressionsphase. Das Faunenbild verrät nur wenig über Wassertemperatur und Klima dieser Zeit. Viele der Muscheln leben noch heute in der Nordägäis. Es treten aber auch Arten auf, die in südlichen Breiten der Ägäis beheimatet sind. Sie können als Vertreter einer Zeit angesehen werden, in der gegenüber heute etwas günstigere Bedingungen der Wassertemperatur und des Salzgehaltes geherrscht haben. Dagegen fehlen subtropische Arten wie *Strombus bubonius* LMK., *Conus testudinarius* MART., *Tritonidea viverrata* KIEN. Noch im Golf von Patras hat man diese gesammelt. Es muß daher in der nördlichen Ägäis etwas gemäßigter gewesen sein. Funde aus dem Dardanellenraum und dem Schwarzen Meer bestätigen dies.

Die Transgression erfaßte die gesamte Ebene und stieg bis an die benachbarten Hügel des Hochlandes, wie die Terrassenbildungen zeigen. Sie muß mit ihren stenohalinen Mollusken als das Interglazial Riß/Würm angesehen werden.

Schicht 8: auf den Hochstand des Mittelmeeres während des Riß/Würm-Interglazials folgte in der Würm-Kaltzeit eine eustatisch bedingte Senkung des Ozeanspiegels um rund 90 Meter. Diese sogenannte posttyrrhenische Regression ist mehrfach aus morphologischen Gründen gefolgert worden. – Für das Mittelmeer wurde sie durch A. C. Blanc anhand seiner Tiefbohrungen in der Bassa Versilia nachgewiesen und von M. Pfannenstiel in Palästina, der zeigte, daß auch die Küsten Palästinas bei Jaffa und Tel Aviv zahlreiche Merkmale einer Regression von mindestens 90 Metern in posttyrrhenischer Zeit erkennen lassen.

Der Thermaikos Golf muß auf Grund dieser Senkung trockengefallen sein. Damit wurde neuer Raum für die Flüsse geschaffen, und diese konnten ihre Deltas weiter vorverlegen. Da die Gestaltung des Thermaikos die Flüsse zwang, sich zu vereinigen, flossen diese gemeinsam in die Ägäis. Sie bildeten wahrscheinlich einen großen Fluß mit NW-SE Gefälle. So werden die mächtigen fluviatilen Ablagerungen der Schicht 8 im Untergrund des Thermaikos verständlich.

Ein ähnliches Bild bot damals der Dardanellenraum. Die Dardanellen waren ein breites Flußtal, und der Fluß entwässerte aus dem Marmarabecken in Richtung Ägäis. Das Forschungsschiff „Selanik“ (M. Pfannenstiel, 1944) drehte aus einer Tiefe von –35 m bis –40 m Flußmuscheln dieses Dardanellenflusses der Würmvereisungszeit I, so *Dreissensia rostriformis* DESH., *Dreissensia polymorpha* PALL., *Micromelania caspia* EICHW., *Monodacna ponticum* EICHW. und andere.

Die marine Lage C der Schicht 7 zeigt eine vorübergehende Transgression. Die damalige Küste muß irgendwo bei Sindos gelegen haben. Ihre Reste verschwanden wahrscheinlich durch eine spätere Erosion. Die Fauna zeigt keine wesentliche ökologische Umwandlung. Da nur wenig Untersuchungsmaterial zur Verfügung stand, ist nicht sicher, wie weit die Arten der Lage D in ihr vorkommen. Die Entstehung der marinen Lage C ist so vor sich gegangen: wir wissen, daß die ausklingende Würmzeit in der sogenannten flandrischen oder versilischen Transgression den Meeresspiegel zum heutigen Niveau ansteigen ließ. Einige Stillstände und auch Regressionen waren der Transgression zwischengeschaltet. So überflutete das Mittelmeer im Interstadial Würm I/II die trockengefallene Nordägäis. Diese Transgression wird vielleicht durch die marine Lage C bestätigt.

Entsprechende Schichten wurden von A. C. Blanc in der Bassa Versilia Italiens und auch von M. Pfannenstiel an der Küste Palästinas aufgefunden.

Marine Lage B: Zu Beginn der Würmvereisung II war das Mittelmeer bis zu einem Wasserstand von –35 m angestiegen. Da zur Zeit von Würm I der Wasserstand noch bei –90 m gestanden hatte, beträgt die Hebung also etwa 55 m. Würm II brachte einen Stillstand des Wasseranstieges, sogar eine leichte Regression, die gerade hier im Thermaikos Golf eindrucksvoll wirkte.

Der Sedimentationsrhythmus von Schicht 6 wurde durch eine erneute Transgression unterbrochen. Die marine Lage B leitete eine neue Phase in der quartären Geschichte dieser Ebene ein. Das Meer überflutete das Land, der Thermaikos Golf entstand wieder. Ein tieferes Meer bildete sich, und marine Arten besiedelten das neu gewonnene Areal. Fülle und Reichtum der Arten gleichen denjenigen des Riß/Würm-Interglazials. Die südägäische Lebensgemeinschaft kehrte mit *Spondylus*, *Cardium*, *Mactra*, *Nucula* und anderen zurück. Diese pleistozäne Phase, belegt durch eine stenohaline, südägäische Fauna, ist im Mittelmeer schon mehrfach beschrieben worden und wird dem Interstadial Würm II/III zugerechnet.

Marine Lage A: dem Interstadial Würm II/III folgte eine Zeit erhöhten Niederschlages, die sich in den limnischen Sedimenten der Schicht 4 abzeichnet. Sie wurden wohl in der Würm III-Kaltphase abgelagert.

Das Postglazial folgt mit ebenfalls limnischen und auch fluviatilen Sedimenten. Größere Meeresspiegel-

schwankungen treten nicht mehr auf. Die geringmächtige marine Lage A ist die jüngste Ablagerung des Thermaikos, die wohl mit der Klimabesserung der Gegenwart zusammenfällt.

Diese chronologische Reihenfolge läßt sich in einer Tabelle zusammenstellen (siehe Tab. 1).

#### IV. Vergleich des Pleistozäns der Küsten Italiens, Palästinas und des Thermaikos Golfes

Die Abfolge von terrestrischen und marinen Sedimenten im Untergrund der Küste Mazedoniens bestätigt Änderungen der Temperaturen, und die Fauna, ausgewertet auf ihre Klimaaussage, unterstützt diese Deutungen.

Der Vergleich der italienischen und palästinensischen Profile (nach A. C. Blanc und M. Pfannenstiel) mit den mazedonischen Ablagerungen erlaubt eine weiträumige Parallelisierung.

Die Küste der Bassa Versilia vor den Apuanischen Alpen liegt zwischen den Hochgebirgen und dem Meer. Hier sind Zeugen von Klimaänderungen zu finden. Die Schlußfolgerungen, die A. C. Blanc aus den Profilen dieses Gebietes zieht, sind folgende:

- a) Seit dem Riß/Würm-Interglazial haben längs der italienischen Küste keine nennenswerten tektonischen Hebungen und Senkungen stattgefunden.
- b) Nach der Tyrrhen II-Phase folgte, in Verbindung mit einer Klimaverschlechterung, eine eustatische Regression bis etwa -95 m.
- c) Der Wiederanstieg des Ozeans erfolgte als sogenannte flandrische oder versilische Transgression. Auch hier handelt es sich um einen klimabedingten Vorgang.

M. Pfannenstiel kommt bei der Untersuchung der quartären Profile Palästinas zu folgenden Ergebnissen:

- a) Vier marine Horizonte (A. B. C. D.) schalten sich mit bemerkenswerter Konstanz in das binnenländische Diluvium ein.
- b) Der Wechsel von kontinentalen und fluviatilen Sedimenten mit marinen Lagen ist eine Folge der eustatischen Schwankungen des Meeresspiegels.
- c) Die marinen Wasserstände sind eustatisch bedingte Transgressionen. Regressionen werden in erster Linie durch kontinentale Sedimente, vor allem durch fluviatile Schotter bestätigt.

Der Vergleich von im Mittelmeerraum weit auseinander liegenden Profilen zeigt eine im ganzen ähnliche Entwicklung der quartären Sedimente (siehe Tab. 1). Marine Lagen und kontinentale Sedimente wechseln sowohl in Italien und Palästina als auch in der mazedonischen Ebene in einer recht gleichmäßigen Folge. Hierbei kann man kaum an ein rein zufälliges Verhalten denken.

Die meisten Tiefbohrungen werden bis zu den marinen Lagen des Riß/Würm-Interglazials abgeteuft. Die darunterliegenden Schichten sind oft lückenhaft und wenig wasserführend, weswegen sie seltener erschlossen werden. Die jungdiluvialen Sedimente der höheren Lagen sind im Gegensatz zu den altdiluvialen Ablagerungen meist noch erhalten.

Das Postglazial unterscheidet sich in allen drei Profilen durch eine unterschiedliche fazielle Ausbildung. Die italienischen Torfe entsprechen etwa den lakustren Sedimenten des Thermaikos. Diese Feststellung wird durch Torfablagerungen am Fuße des Olymp bekräftigt, die in Tälern und Niederungen von Hanggeröll überlagert werden. Die Torfe sind gleichaltrig mit den lakustren Sedimenten des Thermaikos Golfes und gehören in die Zeit von Würm III bis Postglazial.

Die Endphase von Würm III zeigt in den verschiedenen Schichten häufig ähnliche Erscheinungen, vor allem im Abklingen der fluviatilen Sedimentation. Gleichzeitig kann bereits Würm III als Übergangszeit zu einer langsamen, aber stetigen Transgressionsphase gelten. Lakustre und äolische Sedimente bilden den Abschluß dieser Ablagerungen sowohl in Italien und Palästina wie auch im Thermaikos Golf.

Tabelle 1

| Thermaikos Golf  | Bassa Versilia  | Palästina   |
|--|---|---|
| Postglazial<br>0 bis -15 m. Schicht 1 bis 3.<br>Fluviatile und lakustre Sedimente mit Landschnecken. Viele Pflanzenreste. Marine Lage A mit rezenter Fauna.  | 1,5 bis -7 m. Schicht A.<br>Rezente Torfe. <i>Bos</i> , <i>Cervus</i> , <i>Capreolus</i> , <i>Castor</i> .                                | 4 bis -3 m.<br>Rezente Dünen. Marine Lage A mit <i>Pectunculus</i> . Bimssteine von Santorin.   |
| Würm III<br>-15 bis -22 m. Schicht 4.<br>Lakustre Sedimente. Viele Pflanzenreste, Landschnecken.   | -7 bis -14 m. Schicht B bis D.<br>Lakustre und äolische Sedimente.  | -3 bis -7 m. Dünen.<br>Kontinentales Klima.   |
| Würm II/III<br>Interstadial<br>-22 bis -35 m. Schicht 5.<br>Marine Lage B mit südägäischer Fauna wie <i>Nucula</i> , <i>Nuculana</i> , <i>Dendrophyllia</i> u. a.<br>Gemäßigtes bis warmes Klima.    | -14 bis -30 m. Schicht E.<br>Marine Lage mit <i>Purpura</i> , <i>Spondylus</i> , <i>Pectunculus</i> u. a.<br>Gemäßigtes bis warmes Klima. | -7 bis -20 m. Marine Lage B.<br><i>Pectunculus</i> , <i>Cardium</i> .<br>Gemäßigtes bis warmes Klima.   |
| Würm II<br>-35 bis -52 m. Schicht 6.<br>Terrestrische, fluviatile und brackische Sedimente mit <i>Micromelania</i> , <i>Pisidium</i> , <i>Uitrea</i> .<br>Kontinentales Klima.                       | -30 bis -61 m. Schicht F bis H.<br>Torfiger Mergel.<br>Terrestrische Sedimente.<br>Kaltes kontinentales Klima.                            | -20 bis -32 m. Dünen.<br>Oberer Geröllhorizont.<br>Kontinentales Klima.   |
| Würm I/II<br>-52 bis 54 m. Schicht 7.<br>Marine Lage C. <i>Aloidis</i> , <i>Nassa</i> u. a. Gemäßigtes bis warmes Klima.   | -61 bis -76 m. Schicht J.<br>Marine Lage. Fauna wie Schicht E.<br>Gemäßigtes bis warmes Klima.  | -32 bis -45 m. Marine Lage C.<br>Foraminiferen des warmen Wassers. Gemäßigtes bis warmes Klima.   |
| Würm I<br>-54 bis -68 m. Schicht 8.<br>Terrestrische, brackische und fluviatile Sedimente mit <i>Bithynia</i> und <i>Pisidium</i> .<br>Kontinentales Klima.  | -76 bis -90 m. Schicht L.<br>Terrestrische Sedimente mit <i>Ualvata</i> und <i>Bithynia</i> .<br>Kontinentales Klima.                     | -45 bis -89 m. Lakustre Bildungen und Dünen.<br>Unterer Geröllhorizont.<br>-89 bis -90 m. Fluviomarine Lage. D.<br>Posttyrrhenische Regression. |
| Riß/Würm<br>Interglazial<br>-68 bis -80 m. Schicht 9.<br>Marine Lage D mit südägäischer Fauna wie <i>Ostrea</i> , <i>Nucula</i> , <i>Arca</i> , <i>Bittium</i> u. a.<br>Gemäßigtes bis warmes Klima. | -90 bis -92 m. Schicht M.<br>Marine Lage mit ausgesprochen subtropischer Fauna mit <i>Strombus</i> . Warmes Klima.                        |   |
| Riß<br>-80 bis -122 m. Schicht 10.<br>Terrestrische, brackische und fluviatile Sedimente mit <i>Paludina</i> , <i>Bithynia</i> u. a.<br>Kontinentales Klima.   | - Ende der Bohrungen -  |   |
| -122 bis -133 m. Fluviomarine Lage.<br>Intertyrrhenische Regression.   |   |   |
| - Ende der Bohrung. -  |   |   |

Das Auftreten der marinen Lage B an den Mittelmeerküsten hat dieser Schicht eine Sonderstellung eingeräumt. Sie führt in Italien, Palästina und im Thermaikos Golf neben rezenten auch eine Anzahl von Mollusken, die heute nicht mehr an diesen Küsten leben. Da diese Profile weit auseinander und in verschiedenen geographischen Breiten liegen, ist es nicht verwunderlich, daß die Faunen einige Unterschiede zeigen. Im allgemeinen treten jedoch in allen drei Profilen Mollusken auf, die ein wärmeres Wasser des Mittelmeeres anzeigen. Die Zeit war also warm genug, um die Lebensgemeinschaft des Mittelmeeres zu verändern. Die stratigraphische Eingliederung der marinen Lage B, die Art der Sedimente und nicht zuletzt ihre Fauna sprechen dafür, daß es sich hier um den eustatisch bedingten Hochstand des Interglazials W II/III handelt.

Die marine Lage C wird in vielen Bohrungen des Mittelmeerraums angetroffen. Ihre Ausdehnung ist jedoch regional begrenzt, was besonders auf den Thermaikos zutrifft. Auch in Mächtigkeit und Tiefe sind größere Unterschiede festzustellen. Aus den Faunen ist auf ein gemäßigtes bis warmes Klima zu schließen, so daß die Lage im Mittelmeerraum wahrscheinlich in die eustatisch bedingte Transgressionszeit des Würm I/II-Interstadials einzugliedern ist.

Die letzte, gut vergleichbare Schicht, die marine Lage D, führt subtropische und südägäische Mollusken. In Italien und Palästina findet sich dieselbe *Strombus*-Fauna. Im Thermaikos Golf kommt diese Lebensgemeinschaft nicht mehr vor: sie wird von gemäßigten südägäischen Arten vertreten. Doch kann kein Zweifel bestehen, daß es sich in den drei Fällen um dieselbe Transgression handelt, die dem Riß/Würm-Interglazial zuzugliedern ist.

#### V. A Die Untersuchungen der marinen pleistozänen Terrassen im Raum Thermaikos

Die Untersuchung der Quartärgeschichte der mazedonischen Ebene ergab einen ständigen Wechsel von Transgressionen und Regressionen. Das umliegende Hügelland am Golf bietet nun die Möglichkeit, auch die marinen Terrassen in die Untersuchungen einzubeziehen. Entlang der Küsten gibt es in verschiedenen Höhen zahlreiche pleistozäne Terrassen. Mancherorts sind sie gut erhalten und bilden dann eine typische Terrassenlandschaft; an anderen Stellen sind sie durch die Erosion abgetragen oder durch eine spätere Sedimentation unter mächtigen fluviatilen Schottern und Sanden begraben. Hierdurch ist es an vielen Küstenstrecken oft nicht möglich, die pleistozänen Terrassen zu erkennen oder sie auf größere Erstreckung zu verfolgen. Viele Einzelterrassen, die hier und dort auftreten, sind Teile einer früher kontinuierlichen Küstenlinie.

Die Gesteinszusammensetzung der Terrassen wechselt. Am häufigsten sind mehr oder weniger lockere Geröllanhäufungen sowie Sand, oft mit Muschelgehäusen. Bei der ersten Betrachtung fällt auf, daß bestimmte Terrassen mit reichem Fossilinhalt eine gleichbleibende Höhe besitzen. Diese liegen dann stets tiefer als die unregelmäßiger auftretenden und schlechter erhaltenen höheren Terrassen. Um für die quartären Terrassen des Thermaikos Vergleiche zu ermöglichen, muß die quartäre Geschichte der Dardanellen zugezogen werden. Hier sind eher Ähnlichkeiten in der quartären Entwicklung zu erwarten als an den viel entfernter liegenden Küsten Palästinas oder Italiens.

##### 1. Quartäre Entwicklungsstadien in den Dardanellen

Untersuchungen des Quartärs haben gezeigt, daß in den Kaltzeiten Regressionen die Verbindung der Nordägäis zum Mittelmeer unterbrochen haben. Transgressionen sind mehrfach durch Terrassen belegt. In den Dardanellen sind fünf übereinanderliegende Terrassen in jeweils auffallend gleicher Höhe von der Insel Samothrake bis zu den Prinzeninseln zu verfolgen, was einer E-W-Erstreckung von 270 km entspricht.



Die jüngste Terrasse I liegt in 4,5 bis 7 m + NN. Ihr Fossilinhalt entspricht dem der Molluskenfauna des heutigen Mittelmeeres. Die Terrasse ist demnach jung. Sie trägt den Namen Nizzäische Terrasse oder *Tapes*-Terrasse. Sie entstand im Klimaoptimum des Postglazials, und man findet sie an den Mittelmeerküsten von Nizza bis Palästina stets in gleicher Höhe. Bei Samothrake ist diese 4,5 m-Terrasse von vulkanischem Bimsstein bedeckt, der vom Meer angeschwemmt wurde. Die entsprechende Terrasse im Gebiet der Dardanellen enthält jedoch keinen Bimsstein, da die oberflächliche Meeresströmung das leichtere Wasser des Schwarzen Meeres nach Westen, also aus den Dardanellen heraus in die Ägäis geführt hat (M. Pfannenstiel, 1944).

Die Terrassen II und III in 12–15 m und 30–35 m + NN sind in gleicher Höhenlage über den ganzen Raum verteilt. Die Terrasse II besteht bei Abydos und Canakkale aus mehr oder weniger festen Konglomeraten, aus Geröllen und Sanden mit Muschelgehäusen. Zahlreiche Mollusken wurden aufgesammelt, Arten, die fast alle noch heute in diesen Gewässern leben. Ausnahmen machen *Tapes calverti* NEWT. und *Cardium tuberculatum* L., die heute erst etwas weiter südlich vorkommen. Sie sind Leitfossilien der sogenannten tyrrhenischen Phase. Das Alter der Terrasse III in 30–35 m ist im Gegensatz zu II nicht mehr mit gleicher Sicherheit anzugeben. Da in beiden Terrassen die gleiche *Tapes*-Fauna auftritt, faßt man sie unter dem Begriff „Tyrrhenische Phase“ zusammen.

Die altdiluvialen Phasen der Dardanellen sind weit weniger gut zu verfolgen, vor allem auch, weil ihr Verlauf große Lücken aufweist.

Bei Hora in einer Meereshöhe von 50 und 90 bis 100 m + NN erstrecken sich von den Dardanellen bis ungefähr zum Bosphorus die Terrassen IV und V. Sie enthalten marine Fossilien und werden der spät-sizilischen Entwicklungsphase zugegliedert. Außer den marinen Terrassen sind auch Ablagerungen bekannt, die eine Regressionsphase bestätigen. Der erste Aufschluß bei Hora enthält brackische Sedimente der sogenannten alteuxinischen Phase des Schwarzen Meeres, die als mindelzeitlich angesehen wird (römische Regression des Mittelmeeres). Die Sedimente von Hora enthalten: *Didacna crassa* EICHW., *Dreissensia polymorpha* PALLAS, *Neritina fluviatilis* LIN., *Mytilus edulis* LIN., *Pisidium slavonicum* NEUM., *Micromelania caspia* EICHW. u. a. Der zweite Aufschluß bei Gallipoli in 24 m Höhe enthält brackische kaspische Schichten mit *Tschauda*-Fauna. Hierher wird die Grenze von Pliozän zu Altdiluvium gelegt. Das Sediment ist ein Konglomerat mit zahlreichen Schalen von *Didacna crassa* EICHW., *Dreissensia tschauda* ANDR., *Dreissensia polymorpha* PALL. u. a.

## 2. Das Pliozän im Thermaikos Golf

Die Hügel an der Südostseite des Thermaikos Golfes steigen bis zu 200 m über das Meer an und setzen sich in dem Ausläufer des Chortiatis fort. Der geologische Aufbau des Gebietes ist in großen Zügen bekannt. Die Basis der sichtbaren Schichten bildet das Pliozän mit mächtigen grünen Tonen. Das Fossil *Dreissensia rostriformis* DESH. dominiert mit unzähligen Exemplaren. Darüber folgt eine Wechsellagerung von feinen Sanden und Kalksteinen, ein mächtiger blauer Ton schließt die pliozäne Folge ab. Darüber liegen pleistozäne Mergel, Lehme und Sande bis zu groben Schottern.

Zwei Aufschlüsse geben einen guten Einblick in die Schichtfolge der pliozänen Sedimente (Bild 7). Die Basis des Pliozäns bilden mächtige grüne, geschichtete Tone mit dem Leitfossil *Dreissensia rostriformis* DESH. Die Schichten sind stark geneigt und werden in den höheren Lagen in den Kernen der Hügel angetroffen. Über dem grünen Ton folgen wechsellagernde feine Sande, Mergel und Kalksteine. Die feinen Sande enthalten unzählige *Dreissensia*-Schalen. Die Kalksandsteine sind sehr hart und treten in der Landschaftsmorphologie deutlich heraus, wodurch ihre Lage stets leicht zu erkennen ist. Über Sanden und Kalksteinen folgt ein recht mächtiger blauer Ton mit einer reichen *Cardium*-Fauna. Er wird für die keramische Industrie verwendet, wodurch sehr gute Aufschlüsse entstanden sind. Der blaue Ton zeigt im

Gegensatz zu dem grünen Ton nur eine schwache Schichtung. Daß er ebenfalls gekippt wurde, beweist der Höhenunterschied in den zwei Aufschlüssen. Im Profil 2 geht der Ton langsam in tonige, braune, limonitische Sande mit vielen Blättern über. Der langsame Übergang zu den pleistozänen Schichten macht wahrscheinlich, daß es sich bei diesem Schichtabschnitt um das höchste Pliozän handelt. Die überlagernden Sedimente bestehen aus über 100 m mächtigen pleistozänen Mergeln, Sanden und Schottern. Sande und Schotter zeigen oft eine Kreuzschichtung.

Mehrere Schotterlagen sind durch Ölreste grau bis schwarz verfärbt. Diese Ölspuren sind vielleicht für die Ölindustrie von Interesse. Es besteht die Möglichkeit, daß noch in altpleistozäner Zeit Bedingungen geherrscht haben, die eine Ölbildung erlaubten.

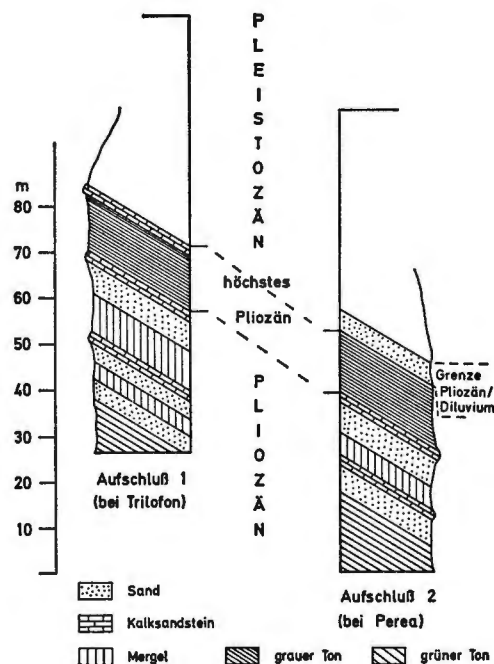


Bild 7. Schichtenfolge der Sedimente des oberen Pliozäns.

## B Marine Terrassen um den Thermaikos Golf

Es wird der Versuch unternommen, die Terrassen einem chronologischen System einzugliedern. Einzelne Terrassenniveaus bleiben im ganzen Raum konstant. Insgesamt wurden Terrassen festgestellt bei 15 m, bei 30–35 m, bei 60 m und auch noch höher als 60 m. Die Terrassen lassen sich in zwei Gruppen gliedern: in die jungpleistozänen und die altpleistozänen Terrassen. Die jungpleistozänen Terrassen in 15 m und 30–35 m Höhe sind oft über längere Strecken erhalten und führen eine reiche Fauna. Die altpleistozänen Terrassen in 60 m und über 60 m Höhe unterscheiden sich von den jungen nicht nur durch ihre Höhenlage, sondern auch durch den schlechten Erhaltungszustand der Fauna und auch der Sedimente.

### 1. Die jungpleistozänen Terrassen

Terrasse I. Nicht weit von Nea Pella (Bild 1), in einer Höhe von etwa 15 m über dem Meeresspiegel, liegt längs des Hochlandes eine marine Terrasse. Die 1–2 m mächtigen marinen Sedimente bestehen

aus einem Gemisch von Lehm, Sand und grobem Kies. Unzählige lose Muschelgehäuse finden sich allenthalben. Diese marine Lage wird von bunten Landsedimenten überdeckt. Gute Aufschlüsse erlauben eine direkte Aufsammlung von Fossilien. Es wurden gesammelt Muscheln: *Tapes decussatus* L., *Mastra corallina* L., *Cardium edule* L., *Cardium echinatum* L., *Glycymeris pilosus* L., *Spondylus gaederopus* L., *Dosinia exoleta* L., *Dosinia lupinus* POL., *Uenus verrucosa* L., *Ostrea edule* L., *Arca noe* L., *Chlamys glabra* L., *Donax trunculus* L., *Nucula fragilis* CHEM., *Nuculus nucleus* L., *Chama circinata* MONT. – Schnecken: *Murex brandaris* L., *Nassa neritea* L., *Bittium reticulatum* DAC., *Aporrhais pespellicani* L., *Cerithium vulgatum* BR., *Murex trunculus* L., *Cythara albida* DESH., *Astraea rugosa* L., *Calyptrea chinensis* L., *Aclis unica* MONT.

Es fallen besonders große und dickschalige Exemplare auf von Arten, die als Vertreter einer südägäischen Fauna in Tiefbohrungen bereits nachgewiesen worden sind und hier dem Monastir I zugeordnet wurden. Die Terrasse könnte der Terrasse II der Dardanellen entsprechen. Für das Auftreten von dickschaligen und großen Mollusken könnten zwei Ursachen in Betracht gezogen werden: a) Im Brandungsbereich lebten vor allem dickschalige Arten. b) Die Klimabesserung begünstigte das Wachstum der Schalen.

Dieselbe Terrasse ist auch an der Uferstrecke von Gallikos erhalten. Hier hat die Flußerosion gute Aufschlüsse freigelegt. Die marine Terrasse in fast gleicher Höhe von +15 m liegt zwischen mächtigen fluviatilen Sedimenten. Es kommt die gleiche Fauna vor.

Terrasse II. An der Ostseite des Untersuchungsgebietes, nicht weit von der Stadt Thessaloniki, in der Tongrube Phenix tritt die zweite jungpleistozäne Terrasse in einer Höhe von ca. 35 m über dem Meeresspiegel auf. (Diese Terrasse könnte der Terrasse III der Dardanellen entsprechen.) Die marinen Sedimente bestehen ausschließlich aus lehmigem Sand mit losen Muschel- und Schneckenschalen. Die Fauna ist nicht mehr so gut erhalten wie in der Terrasse I, vielleicht eine Folge von Umlagerung und Verwitterung einer ursprünglichen Terrasse. Man findet nur einzelne dickschalige Mollusken-Arten (Bild 8).

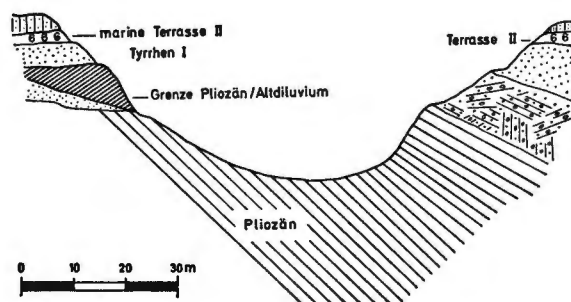


Bild 8. Profil der 2. brackischen Terrasse in ca. 25 m Höhe in der Tongrube Phenix.

Es wurden gesammelt Muscheln: *Cardium edule* L., *Cardium echinatum* L., *Arca noe* L., *Spondylus gaederopus* L., *Ostrea edulis* L., *Dosinia exoleta* L., *Uenus gallina* L., *Mastra subtruncata* DAC., *Donax trunculus* L., – Schnecken: *Murex brandaris* L., *Murex trunculus* L., *Hinia incrassata* STR., *Bittium reticulatum* DAC.

Trotz großer Verwandtschaft der beiden jungpleistozänen Terrassen miteinander ist die Terrasse II doch älter als die Terrasse I. Die Meereshöhe und der Erhaltungszustand weisen darauf hin.

## 2. Die altpleistozänen Terrassen

Auch in den altpleistozänen Terrassen gibt es hier und da Aufschlüsse, doch sind die einzelnen Entwicklungsstadien nicht mehr sehr gut zu verfolgen, vor allem auch, weil die Überlieferung an Fossilien weit lückenhafter ist. Für die Deutung der Terrassen soll die Abfolge des frühquartären Geschehens im Mittelmeer als Wegweiser dienen.

Vor dem Komplex der mediterranen tyrrhenischen Phase liegt zeitlich die praetyrrhenische Regression oder, mit anderem Namen, die sogenannte römische Regression. Sie wird der Mindel-Kaltzeit zugegliedert. Diese Regression ist der wichtigste Zeitabschnitt im quartären Geschehen des Mittelmeeres.

Drei Faktoren werden für die römische Regression verantwortlich gemacht:

1. Ein klimatisch durch Eisbildung bedingter Wasserentzug.
2. Die epirogene Hebung großer Teile der Mittelmeerumrandung.
3. Bruchtektonische Senkungen und Grabenbildungen.

Während der römischen Regression fällt die Straße von Gibraltar trocken. Hierdurch wird das Mittelmeer vom Atlantik getrennt, es ist jetzt ein Binnenmeer. Damit ändern sich Wasserhaushalt und vor allem der Salzgehalt. Die stenohaline, alte pliozäne Fauna stirbt aus, und nur die euryhalinen Formen überdauern den Wechsel der Lebensbedingungen. Das Ausmaß des Absinkens des Meeres während dieser praetyrrhenischen Zeit ist nicht leicht anzugeben, doch waren es sicher mehr als 100 Meter. Genaue Zahlenangaben sind nicht möglich, da in der Zeit der römischen Regression Bruchtektonik und Epirogenese sicherlich eine Rolle gespielt haben. Wie groß aber die Summenwirkung war, ergibt sich daraus, daß die Inseln Kreta, Zypern, Malta, Sizilien, Korsika und Sardinien dem europäischen Kontinent angegliedert waren. Das Mittelmeer hatte während der römischen Regression wohl keine Verbindung mit den Randmeeren der Nordägäis. Diese muß damals ein großer Binnensee gewesen sein.

In der Hauptsache sind brakische Sedimente mit einer entsprechenden Fauna abgelagert worden. Hier- von konnten an zwei Stellen Ablagerungen nachgewiesen werden. Der erste Aufschluß liegt in der Phenix Tongrube, in unmittelbarer Nähe der Stadt Thessaloniki. Der zweite Aufschluß liegt bei Perea. Die brakische Schicht ist von pleistozänen Sedimenten eingeschlossen und liegt über dem höchsten Pliozän. Die Terrasse bei Perea hat mit ca. 50 m über dem Meeresspiegel eine beachtliche Höhenlage. Ihre genaue Position kann allerdings nicht angegeben werden, da die primären Sedimente im Aufschluß nicht erhalten sind. Entweder sind sie von späteren Ablagerungen überdeckt oder durch Erosion umgelagert und zum Teil vernichtet worden. Man findet jedoch genug Beweise für ihre Existenz. Im Umkreis von mehreren Metern liegt eine große Anzahl von Mollusken, die in keiner Beziehung zu den üblichen pleistozänen Mollusken stehen. Große brakische Muscheln wie *Paludina*, *Micromelania*, *Didacna* und *Pisidium* wurden gesammelt. Sie sind nicht mehr frisch und nicht gut erhalten. Eine genaue Bestimmung wird häufig erschwert, da die Schalen oft zerbrochen sind. Dies darf nicht überraschen, wenn man die Einwirkung von Erosion und Verfrachtung berücksichtigt, die nur wenige großschalige Muscheln überstanden haben.

Alles in allem steht aber fest: alle Mollusken bezeugen eine Sedimentation in brakischem Milieu. Da sie als Leitfossilien der alteuxinischen Phase des Dardanellengebietes und des Schwarzen Meeres gelten, ist die Annahme möglich, daß es sich hier um gleichalte Ablagerungen handelt, nämlich um Sedimente der römischen Regression. Die ungewöhnliche Höhe dieser Terrasse läßt sich nur durch eine tektonische Hebung erklären. Somit wird ein wichtiger Abschnitt der quartären Geschichte im Thermaikos Golf festgelegt. Gleichzeitig wird eine Zeit bestimmt, in der tektonische Bewegung stattgefunden hat. Das Profil der zweiten brakischen Terrasse in der Tongrube Phenix in ca. 25 m Höhe zeigt Bild 8. Pliozäner Ton mit der *Asti*-Fauna bildet das Liegende. Diese Schichten sind gestört und gekippt. Sie fallen steil ein und verschwinden unter den jüngeren Ablagerungen des Thermaikos. An der Ostseite der Grube werden die pliozänen Schichten von fluviatilen Sanden und Schottern mit Kreuzschichtung überlagert. Es ist nicht zu

sagen, ob es sich hier um einen Übergang von pliozänem Ton zu den wahrscheinlich pleistozänen hangenden Schottern handelt oder ob eine stratigraphische Lücke vorliegt. An der Westseite der Tongrube fehlen die groben Sande und Schotter weitgehend. An ihrer Stelle liegt diskordant über den pliozänen Tonen ein dunkelgrauer Ton, der jünger ist als Plioizän. Die Fauna des grauen Tones weist auf Sedimentation in brackischen Gewässern hin. Es finden sich die Arten *Valvata piscinalis* MÜL., *Anodonta anatina* L., *Dreissensia polymorpha* PAL., *Bithynia tentaculata* L., *Cardium edule* L. Diese Mollusken, die ein brackisches Wasser kennzeichnen, zeigen Verwandtschaft zu der *Tschauda*-Fauna des Schwarzen Meeres. Die Schicht liegt unmittelbar über dem Plioizän, und ihr Fossilinhalt ist identisch mit dem der *Tschauda*-Schichten. So liegt der Schluß nahe, daß hier die Grenze Plioizän/Altdiluvium zu suchen ist.

Die erste altpleistozäne Terrasse tritt in einer Höhe von etwa 60 m über dem Meer auf (Bild 9). Petrographisch besteht sie aus losen Konglomeraten mit sehr vielen Exemplaren von *Cardium edule* L. Diese Fülle von *Cardium*-Schalen übertrifft bei weitem alle rezenten Beispiele.

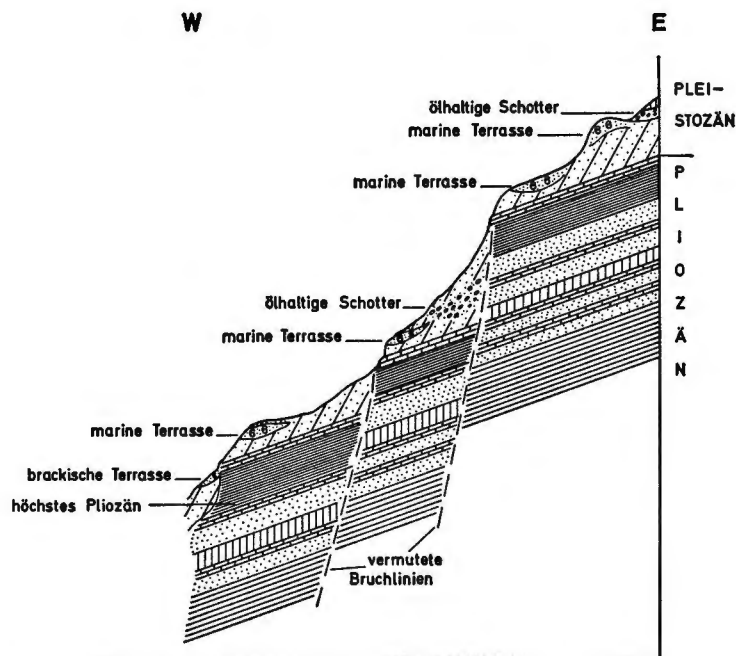


Bild 9. Altpleistozäne marine Terrassen, die durch tektonische Bewegungen in verschiedene Höhen gehoben wurden.

Die oberen altpleistozänen Terrassen treten unregelmäßig in einer Höhe von 90 bis 180 m über dem Meeresspiegel auf. Es sind zerstückelte und tektonisch verstellte Teile einer primär kontinuierlichen Terrasse. Charakteristisch für sie ist, daß die Terrasse aus losen Konglomeraten mit großen Mengen von *Cardium*-Schalen besteht. Auch große *Spondylus*-, *Venus*- und *Tapes*-Schalen wurden hier gefunden. Die spärliche Fauna erlaubt keine Aussage über die chronologische Eingliederung dieser Terrassen.

## VI. Zusammenfassung

In der Mazedonischen Ebene haben sowohl eustatische wie auch tektonische Bewegungen eine Rolle gespielt, und es ist nicht immer möglich, bestimmte Ablagerungen nach ihrer Lage bestimmten Zeitphasen des Pleistozäns zuzugliedern. So lange die tektonischen Bewegungen eine wesentliche Rolle gespielt ha-

ben, ist es nicht möglich, die eustatischen Meeresspiegelschwankungen deutlich herauszuarbeiten. Erst wenn die Erdbewegungen zur Ruhe gekommen sind, können die eustatischen Schwankungen als entscheidende Ursache für die marinen Meeresspiegelhochstände betrachtet werden

Unter den verschiedenen quartären Ablagerungen geben die Sedimente der römischen Regressionsphase eine Marke, die im wesentlichen den Schlußakt der tektonischen Bewegungen in der nordägäischen Region anzeigt. Es wird daher von einer altpleistozänen Zeit mit lebhafter tektonischer Tätigkeit und einer jungpleistozänen Zeit ohne nennenswerte tektonische Bewegungen gesprochen. Diese beiden werden durch die römische Regressionsphase getrennt.

Es besteht kein Zweifel, daß die hochliegenden Terrassen in 60 m, 90 m–180 m Höhe ganz wesentlich älter sind als die jungpleistozänen, niedriger liegenden Terrassen. Die hochliegenden Terrassen sind stets zerstückelt, und gleichalte Abschnitte liegen in verschiedenen Höhen, was auf tektonische Bewegungen zurückgeführt wird. Eustatische Schwankungen haben sicherlich auch diese altpleistozänen Terrassen in ihrer Höhenlage zunächst beeinflußt, doch erhielten sie ihre heutige Lage zu überwiegenen Teilen durch die Tektonik.

Mit Beginn des Jungpleistozäns tritt eine ruhige Zeit ohne nennenswerte tektonische Tätigkeit ein. Diese Zeitphase konnte im Thermaikos vor allem anhand von Tiefbohrungen verfolgt werden. Vier marine Horizonte schalten sich im Bereich des heutigen Festlandes ein, wobei eine gute Regelmäßigkeit die Parallelisierung der einzelnen Abschnitte erleichtert. Von Bohrung zu Bohrung kann man den allmählichen Anstieg der marinen Lagen in das Binnenland hinein feststellen. Der Anstieg geht kontinuierlich vor sich und erfaßt die ganze Ebene. Nennenswerte Tiefenunterschiede der marinen Lagen, die auf Bruchtektonik hindeuten könnten, wurden bis jetzt noch nicht festgestellt.

Die Küsten verhielten sich wie feste Pegel und zeichneten das Kommen und Gehen des Meeres in Form von Terrassen an. Die jungen Terrassen in 15 m, 30 m–35 m Höhe über dem Meeresspiegel können nicht durch tektonische Bewegungen erklärt werden, was naheliegend wäre, wenn man die Erscheinungen bei den alten Terrassen berücksichtigt.

In der Ägäis treten die 15 m- und 35 m-Terrassen mit der charakteristischen Mittelmeerfauna an vielen Stellen auf. Ihre Höhenlage bleibt im ganzen Mittelmeerraum erstaunlich gleichmäßig, und so kann nur ein klimatisch bedingter Meeresspiegelanstieg eine befriedigende Erklärung ihrer Bildung geben.

#### Literaturverzeichnis

- Blanc, A. C.: Über die Quartärstratigraphie des Agro Pontino und der Bassa Versilia. – Verhandl. der III. Intern. Quartär-Konferenz in Wien 1936. Bd. 2, Wien 1938.
- La stratigraphie de la plaine cotière de la basse Versilia et la transgression flandrienne en Méditerranée. *Revue de Géogr. physique et de Géol. dynamique*, Paris. 9, 129–162, 1936.
- Low levels of the Mediterranean Sea during the Pleistocene glaciation. – *Quarterly Journ. of the Geological Society of London*. 93, 621–651, 1937.
- Variazioni climatiche ed oscillazioni della linea di riva nel Mediterraneo centrale durante l'Era glaciale. *Geol. der Meere und Binnengewässer*. 5, 1942.
- Boiatzis, J.: Grundlinien des Bosphorus. – Diss. Königsberg 1887.
- Cossmann, M.: *Conchologie Neogénique*. TOME III. Bordeaux 1919.
- Gessner, F.: *Meer und Strand*. Berlin 1957.
- Geyer, D.: *Land- und Süßwasser-Mollusken*. Stuttgart 1927.
- Gignoux, M.: *Les formations marines pliocènes et quaternaires de l'Italie du Sud et la Sicile*. – Lyon 1913.
- De Lattin, G.: *Grundriß der Zoogeographie*. Stuttgart 1967.
- Jaranoff, D.: Die Quartärstudien auf der Balkanhalbinsel während der Jahre 1933 bis 1937. *Quartär* 1, 1938.
- Das Klima des Mittelmeergebietes während des Pliozäns und des Quartärs. *Geol. Rund.* 34, 1944.
- Ložek, V.: *Quartärmollusken der Tschechoslowakei*. Geol. Zentralanst. Prag 1963.

- Mitropoulos, M.: Le Quaternaire marin (Tyrrhénien) dans la Presquile de Pérachora. – Prakt. de l'Académie d'Athènes 8, 1933.
- Müller, A. H.: Lehrbuch der Paläozoologie. Jena 1958.
- Negris, Ph.: La régression quaternaire. – Athènes et Paris 1912.
- Nordsieck, Fr.: Die europäischen Meeres-Gehäuseschnecken. Stuttgart 1968.
- Die europäischen Meeremuscheln. Stuttgart 1969.
- Ökonomidis, G.: Die Südägäis vom Tertiär bis zur heutigen Zeit. Cbl. f. Min. 1934.
- Paraskevaidis, J.: Observations sur le Quaternaire de la Grèce. Actes. Inqua Rom 1, 1956.
- Pffannenstiel, M.: Die diluvialen Entwicklungsstadien und die Urgeschichte von Dardanellen, Marmarameer und Bosphorus. Geol. Rundsch. Bd. XIV, Heft 7/8, 1944.
- Das Quartär der Levante. Teil I. Akad. der Wissensch. und der Lit. Nr. 7. Jahrg. 1952.
- Die Quartärgeschichte des Donaudeltas. Geogr. Inst. der Univ. Bonn. Heft 6, 1950.
- Riedl, R.: Fauna und Flora der Adria. Hamburg-Berlin. Sea Shells of the World. New York 1963.
- Sakellariou, H.: Les mollusques vivants du golf de Thessaloniki et leurs contribution à la stratigraphie. Annales Geolog. Helléniques, 1957.
- Thiele, J.: Handbuch der systematischen Weichtierkunde. Bd. I und II. Amsterdam 1963.
- Wagner, G.: Einführung in die Erd- und Landschaftsgeschichte. 3. Auflage, Oehringens 1960.
- Woldstedt, P.: Das Eiszeitalter. Bd. II. Stuttgart 1958.
- Die interglazialen marinen Stände und der Aufbau des antarktischen Inlandeises. Eiszeitalter und Gegenwart 16, 1965.
- Über die Gliederung des Quartärs. Ebenda 13, 1962.
- Ziegelmeier, E.: Die Muscheln der deutschen Meeresgebiete. Biol. Anstalt Helgoland. Hamburg 1962.

Literatur zu Transgressionen und Regressionen des Meeres  
an der französischen Mittelmeerküste

- Bellaïche, G.: Les épisodes de la transgression flandrienne dans le golf de Fréjus. C. R. Ac. Sc. 268, Paris 1969.
- Blanc, A.-C.: Sur le Pléistocène marin des côtes tyrrhénienes et les cultures paléolithiques associées. Quaternaire VI, 371–389, 1962.
- Blanc, J.-J. et alii: Eléments nouveaux pour la datation du niveau tyrrhénien de 20 m de la région de Nice à Monaco. C. R. Acad. Sc. 251, n. 23, Paris 1960.
- Bonifay, E.: Recherches sur les terrains quaternaires dans le Sud-Est de la France. Publ. Inst. Préhist. Univ. Bordeaux Mém. N° 2, 1962.
- Pliocène et Pléistocène méditerranéens: vue d'ensemble et essai de corrélations avec la chronologie glaciaire. Ann. Paléont., L, fasc. 2, 1964.
- Feugueur, L.: Découverte de deux niveaux marins à l'entrée de tunnel ferroviaire de Monaco. Bull. Mus. Inst. Océan. n. 1239, Monaco 1962.
- Glangeaud, L. et alii: Morphologie, tectonophysique et évolution géodynamique de la bordure sousmarine des Maures et de l'Esterel. Relations avec les régions voisines. Bull. Soc. Géol. Fr. 7, 1965.
- Jaworsky, G.: Le gisement marin quaternaire à Saint-Laurent d'Eze. C. R. som. Soc. Géol. France, 1963.
- Lumley, H. de: La Paléolithique ancien et moyen du Méditerranéen dans son cadre géologique. Thèse, Paris 1965.
- La stratigraphie des couches supérieures de la grotte du Lazaret (Riss III, Riss-Würm, Würm I). Mém. Soc. Préhistorique Fr. 7, 1969.
- Mars, P.: Les faunes et la stratigraphie du Quaternaire méditerranéen. Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume, Bull. 28, fasc. 43, 1963.
- Miskovsky, J. C.: Etudes sédimentologique de quelques dépôts quaternaires marins entre Nice et Grimaldi. Bull. Soc. Géol. Fr., 72 serie, V, 1963.
- Pivetau, M. J.: Observations sur les plages quaternaires de l'Esterel. Relations avec les plages quaternaires des Maures. C. R. Ac. Sc. 273, Paris 1971.