

## Zu Fossilinhalt, Sedimentologie und Stratigraphie der Kohle der Lagerstätte Apophyse-Ag. Anargyri in NW-Griechenland

Von PRODROMOS ANTONIADIS und ERNST RIEBER<sup>\*)</sup>

Mit 3 Abbildungen, 1 Tabelle und 2 Tafeln

### Zusammenfassung

Die paläobotanische Untersuchung der Kohlevorkommen von Apophyse-Anargyri bei Amynteon hat vorläufig ohne Ergänzung durch kohlepetrographische Forschungen (Arbeit von Antoniadis in Vorbereitung) zu folgenden Ergebnissen geführt:

1. In schwach durchströmten Seen- und Altwasserbereichen kamen vorwiegend Pflanzen der offenen Gewässer und des Sumpfwaldes allo- und autochthon zur Einbettung.
2. Der hohe Anteil sogenannter „tertiärer Elemente“ und die Häufigkeit von „Tertiärgattungen“ verweisen die Flora von Apophyse-Anargyri in das Jungtertiär, wahrscheinlich Oberpont. Die obersten 30 bis 40 m Sande, Tone und Mergel könnten schon zum Altpleistozän gerechnet werden.
3. Die Gattungen und Arten fast ausschließlich gemäßigter Breiten belegen deutliche Unterschiede zum heutigen Klima der dortigen Region. Weniger die Temperaturen, die, kaum abweichend von den jetzigen Verhältnissen, um 14 bis 15° im Jahresmittel gelegen haben dürften, sind es, vielmehr die zur Kohlebildung notwendigen Niederschläge, die mit 1300 bis 1500 mm die heutigen Werte fast um das Dreifache übertreffen.
4. Die genannten Klimaewerte müssen über 800 bis ca. 15 000 Jahre entsprechend den Kohlemächtigkeiten von 0,3 bis 8,5 m gegolten haben. Mit großer Wahrscheinlichkeit sind Bodenfröste äußerst selten aufgetreten.

### Abstract

This short account gives informations geological, paleobotanical und stratigraphical records obtained from borehole-material of the Apophyse-Anargyri-Amynteon basin, NE-Greece. The first analysis of paleobotanical remains leads to the following conclusions:

<sup>\*)</sup> Anschriften der Verfasser:

Ass. Prof. Dr. PRODROMOS ANTONIADIS, Nat. Techn. University, Dep. of Min. Ing., 9 Iroon Polytechniou, Zografou-Athens

Dipl.-Geol. ERNST RIEBER, Institut für Paläontologie und historische Geologie, Richard-Wagner-Straße 10, 80333 München

1. Water plants and vegetation of bogs and swamps were dominant in sediments of lakes and tied off river channels. Slow and sluggish currents deposited the plant material (seeds, fruits and leaves) only in short distance to its original living space.
2. The Flora of Apophyse-Anargyri lived during Tertiary times (probably Upper Pontian sensu LINDSAY, FAHLBUSCH & MEIN 1987). The high degree of genera and species restricted to the Neogene is a main indicator to our stratigraphical appointment.
3. Using the climatological data of comparable recent plant communities, the flora of Anargyri needs on annual temperature of about 14 to 15° C, only one degree higher than today. Because of the intense coal formation (coal seams with a thickness of more than 8 m) annual amounts of precipitation of 1300 to 1500 mm are required.
4. The coal formation went on over a period of 1000 to 20 000 years. Probably there was no cold season like a winter today.

## Einleitung

Im Rahmen eines Forschungsprogrammes zur Erkundung der Kohlelagerstätten Nordgriechenlands werden die aus Bohrungen bekannten pflanzlichen Fossilmakroreste und ihre Bedeutung für Stratigraphie und Sedimentologie behandelt. Die hieraus abzuleitenden Schlußfolgerungen „Paläogeographie“ oder sogar „Klimatologie“ betreffend sollen gleichfalls nicht verschwiegen sein. Schon an dieser Stelle sei darauf aufmerksam gemacht, daß die zahlreichen aus dem Bohrkernmaterial ausgeschlammten Charophyten, Gastropoden und Fischreste Gegenstand einer gesonderten Betrachtung sein werden.

### 1. Geologischer Rahmen und tektonischer Überblick

Das Untersuchungsgebiet von Apophyse – Anargyri – Amynteon liegt in einem der größeren, NW-SE-streichenden kohleführenden Gräben, die man von Südjugoslawien (Monastir) über Vevi – Ptolemais – Kozani – Servia bis Nordthessalien sich erstreckend kennt. Dieser „Großbeckenzug“ gehört tektonisch zum Westmazedonischen Massiv der Pelagonischen Zone. Diese, im Paläozoikum von basischen Eruptiva, Amphiboliten, Gneisen usw. aufgebaut, bildete während des Mesozoikums eine etwa 420 km lange und 40 km breite submarine Schwelle (Sedimente der Trias- bis Kreidezeit) von NNW-SSE-lichem Streichen (vgl. hierzu die ausführlichen Arbeiten von BRUNN 1956 und MERCIER 1966).

Zur Entstehung des o. g. Grabensystems kam es aber erst infolge intensiver Bruchtektonik während des Neogens und Quartärs (Miozän-Pliozän, attische bis wallachische Phase der alpidischen Gebirgsbildung). Wieder streichen die tektonischen Lineamente NNW-SSE. Es waren jüngste, „sekundäre“ Bewegungen, die nach der Bildung der Hauptflözgruppen das „Großbecken“ von Ptolemais weiter in Teilbecken und Horste zerfallen ließen (PAVLIDES 1986). Diese sogenannten metapliozänen Horste kleinräumiger Ausdehnung bewirkten durch ihre Heraushebung, daß etwa bei Lakia oder westlich von Perdikas die alten Sockelgesteine an der Oberfläche anzutreffen sind. (KOUKOUZAS et al. 1979). Ferner entstanden auf diese Weise die verschiedenen, auch altersmäßig getrennten Kohlevorkommen, wie man sie in Bohrungen und Aufschlüssen nachweisen konnte (vgl. MIXIUS 1966, BRUHL 1968, ARONIS 1971, ANASTOPOULOS 1972, KOUKOUZAS 1979, PAVLIDES 1985).

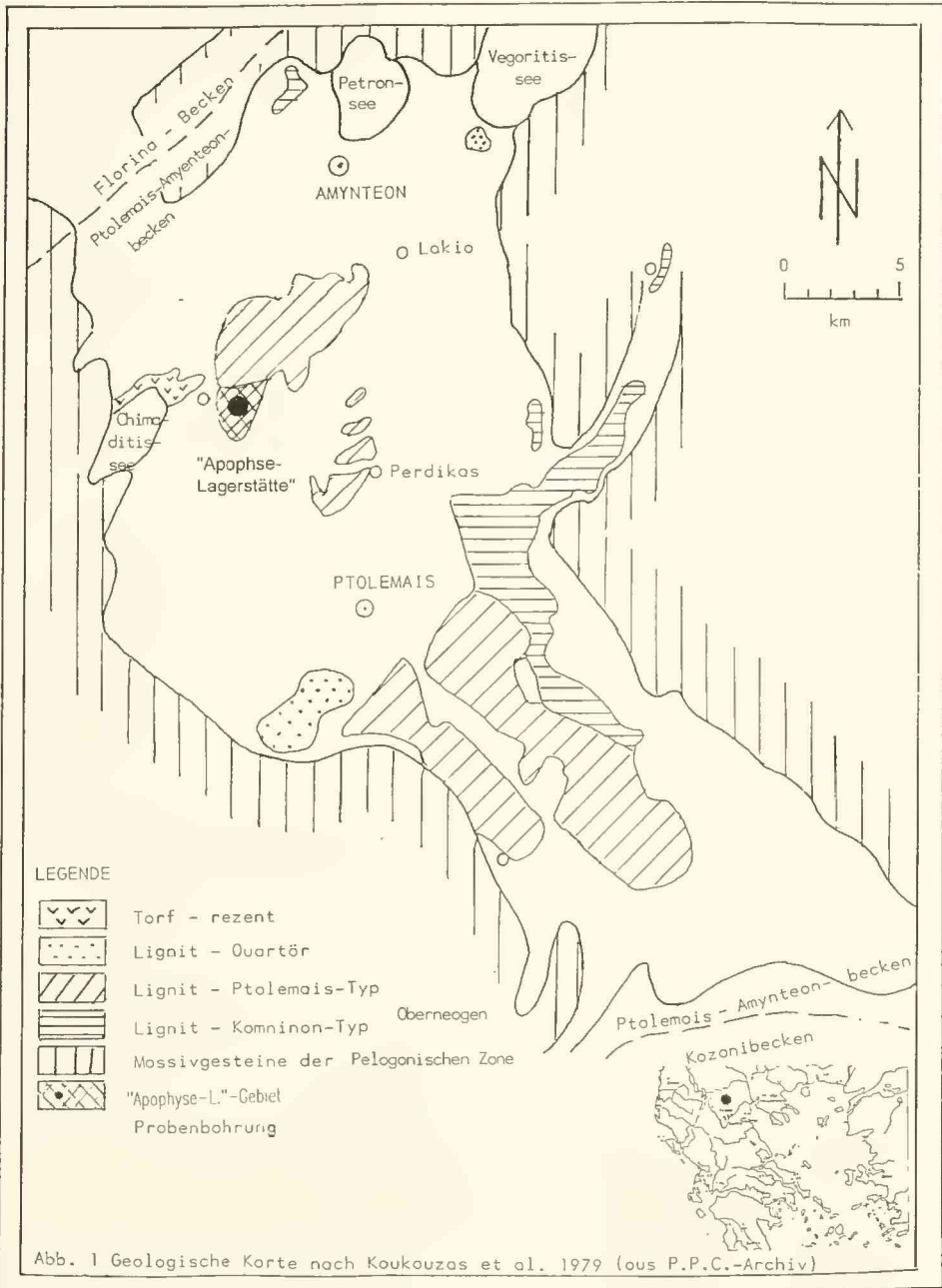


Abb. 1 Geologische Karte nach Koukouzas et al. 1979 (ous P.P.C.-Archiv)

Abb. 1; Geologische Karte des Beckens von Anargyri-Amynteon mit Position der untersuchten Bohrung

## 1.1 Das Untersuchungsgebiet

Im Folgenden beschreiben wir kurz die Entwicklung des Gebietes vom Paläozoikum bis zum Neogen, vom Neogen bis in das Quartär.

Paläozoikum bis Neogen

Pelagonisches oder Westmazedonisches Massiv

Die West- und Nordumgrenzung des Untersuchungsgebietes bilden (vor-)paläozoische, kristalline Gesteine: Amphibolite, Augengneise, Serizit-Chloritschiefer, Gneise, Diorite, Peridotit, Phyllit, Serpentine und Marmor. Nach der „Erstlieferung“ metamorpher Materials wurde das pelagonische Massiv mehrmals schwach „aufgeheizt“, was sich in Albitisierung und Marmorbildung zur Zeit der unteren Trias zeigt.

Im Osten und Süden umrahmen mesozoische Deckgesteine über dem pelagonischen Massiv die alten Kristallgebiete. Es handelt sich um mehrere Tausend Meter mächtige Marmore, vor allem aus untertriassischen bis jurassischen Zeiten, Hornschiefer mit Ophiolithen (Mitteljura aufgrund von Ammonitenfunden) sowie Kalksteine der Mittel- bis Oberkreide, bekannt wegen der reichlichen Foraminiferenführung). Die Kreidekalke liegen den übrigen Schichten diskordant auf. Flyschsedimente des Maastrichts nehmen in beachtlicher Mächtigkeit (400 bis 700 m) größere Areale ein.

## 1.2 Neogen bis Quartär

Über den v.a. mesozoischen, teilweise metamorphen Deckgesteinen folgen diskordant Sande, Kalksteine, Tone und Mergel des Neogens, in jüngster Zeit detailliert von KOUKOUZAS et al (1979, 1988) beschrieben. Man gliedert es in eine Untere und eine Obere Serie.

Untere Serie

Diese zeigt in über 100 m Sanden, Kalksteinen, Tonen und Mergeln bei gelegentlicher Geröllführung die Xylite („Bretterkohle“), wie man sie in Komnina, Vegora und anderen Becken nachgewiesen hat. Sie entwickeln sich in höchst unterschiedlicher Mächtigkeit (0,5 bis 20 m bei Vevi) aus geröllführenden Sanden.

Obere Serie

Sie ist Gegenstand der paläobotanischen und sedimentologischen Besprechung in dieser Arbeit. Diese Serie umfaßt ca. 100 m Tone, Sande, Mergel mit 0,5 bis 9 m Kohle, im Unterschied zur Unteren Serie mit „normalen“ Ligniten (Weichbraunkohle). Die Hauptvorkommen liegen in Ptolemais, Agio, Christophoros und natürlich Anargyri-Amynton.

Die xylitführende Serie wird ins Unter- bis Obermiozän eingestuft (KOUKOUZAS et al. 1979), während für die Lignite oberpliozänes Alter erwähnt ist, freilich ohne präzises Belegmaterial hierzu vorzulegen. Als Leithorizont für die Lignitserie gilt eine im ganzen Gebiet durchzuverfolgende Mergelbank mit Gastropoden der Gattung Neritina.

Hohe Mächtigkeiten (fast 100 m) und unterschiedliche Fazies gestatten, im Gebiet zwei quartärzeitliche „Formationen“ auszugliedern:

Proastionformation

Im Osten des Untersuchungsgebietes findet man sie allenthalben aufgeschlossen; sie besteht aus mindestens 30 m Wechsellagerung von z. T. recht groben Geröllen, Sanden und Roterden.

### Perdikaformation

40 m sandige Tone und Mergel mit nur wenigen Linsenkörpern aus Psephiten bedecken im restlichen Gebiet von Anargyri das Tertiär bzw. entwickeln sich örtlich fast ohne Übergang aus dem Untergrund. Durch Bohrungen konnte bei Anargyri ein Torfvorkommen von 1,4 m Mächtigkeit nachgewiesen werden (KOUKOUZAS 1979).

Mächtige alluviale Verwitterungsprodukte, Hangschotter und Flußsedimente schließen tertiäre und quartäre Serien nach oben ab.

## 2. Die Kohleserie von Anargyri

Sie lieferte in den im Folgenden beschriebenen Kohlen und Mergeln eine auch stratigraphisch interessante Flora, die Aussagen zu Klima und Geographie der damaligen Zeit ermöglicht.

### 2.1 Profilbeschreibung

Die Kernbohrung E von Anargyri, die in Abb. 2 ersichtlich ist, liefert das wesentliche Material zur Profildarstellung und Fossilgewinnung: In über 80 m Tiefe fährt die Bohrung das Liegende der Kohleserie an: 3 bis 5 m graugrüner Feinsand mit Glimmerlagen, in dessen oberem Teil tonige Lagen auftreten und der in den nächsten 3 Metern kontinuierlich in dunkle, graugrüne Tone und schließlich kohlige Tone übergeht. Immer macht sich ein gewisser Sand- und Siltanteil bemerkbar; Gastropoden in großer Zahl konnten aus dem Kernmaterial gewonnen werden.

#### Untere Flözserie

Aus den Tonen mit kohligem Lagen im cm-Bereich entwickeln sich 2 m Kohletone, wieder mit einem gewissen Sand-Siltanteil. Eine kleinwüchsige Gastropodenfauna, die in einer gesonderten Arbeit noch bestimmt werden wird, entstammte den kohligem Lagen. Die Tone haben muscheligen Bruch, weisen Harnischflächen auf – ein Hinweis auf Rutschungen nach der Sedimentation – und enthalten in geringem Umfang Fusitanteile.

Bis 1 m mächtige Grundmassenkohle (Huminite der stückigen Weichbraunkohle, Lignite) überlagert den Kohleton. Sie ist gekennzeichnet durch erdigen Zerfall, glatten und muscheligen Bruch und beträchtlichen Fusitanteil, was auf Oberflächenbrände im ehemaligen Torfmoor schließen läßt (vgl. folgendes Kapitel). Wiederholt schalten sich tonige Lagen in cm-Dicke ein. Über dem untersten Flöz folgt 1 m Gewebegrundmassenkohle (Huminite) mit „rieseligem Zerfall“ und rauher Bruchfläche. Nach oben zu geht die Gewebegrundmassenkohle in tonige Kohle über. Diese enthält Pflanzenreste (Samen und Früchte) sowie im obersten Teil Wurzelhorizonte, ein Hinweis auf teilweise autochthone Entstehungsbedingungen im Kohlebecken. Die tonige Kohle zerfällt stückig mit muscheligen glattem Bruch.

Die nächsten 8,5 m Sediment über der Unteren Flözserie bestehen aus zunächst 2 m grauer bis gelbgrauer Mergel mit Wurzelhorizonten, gefolgt von weiteren 3 m grauer Mergel (Sandanteil) mit kohligem Lagen. Sie enthalten Gastropoden und Blattreste, die, wie leicht einzusehen ist, infolge der „Bergungsmethode“ in kaum zur Bestimmung ausreichenden Zustand auftreten. 3,5 m mächtiger, dunkler kohligem Ton leitet zur nächsten Kohleflözgruppe über. Auch in diesen Kohlemergeln finden sich Gastropoden und Blattlagen.



Abb. 2: Säulenprofil der untersuchten Bohrung

### Mittlere Flözgruppe

Die insgesamt 8,20 m starke Mittlere Flözgruppe weist die größte zusammenhängende Kohlemasse auf. Das tiefste, 5,70 m mächtige Flöz beginnt unvermittelt über den grauen Mergeln und zeigt im untersten Teil cm-dünne tonig-mergelige Zwischenlagen. Wiederholt schalten sich Wurzelhorizonte ein. Wie in der Unteren Flözserie liegt die Kohle als Weichbraunkohle mit stückigem Zerfall an muscheligen-glatten Bruchflächen vor. Pflanzenreste (Kutikeln, Samen) sind immer wieder feststellbar. Die oberen Flözpartien werden mergelig und führen wie die unteren Tonmergel Kleingastropoden. Der hohe Fusitanteil beschränkt sich auf die mittleren Flözabschnitte. Ohne deutlichen Übergang beobachtet man ein Zwischenmittel von 1 m grauer Mergel mit Pflanzenresten (Samen, Früchte), im weiteren gefolgt von dunkelgrauen Kohletonen mit insgesamt 1,5 m Weichbraunkohle. Wurzelhorizonte und bestimmbare Holzreste (xylitische Flözentwicklung) sind nachgewiesen. Die gesamte Kohlemächtigkeit der mittleren Serie beträgt kumulativ 7,20 m. Darüber trennen 4,20 m graue sandige Mergel die Mittlere von der Hangenden Flözserie. Gelegentlich unterbrechen Tonlinsen und Sandlagen die eintönige Abfolge.

### Hangende Flözserie

Dunkelgrauer Ton löst die vorherigen Mergelschichten ab. Im unmittelbaren Kontakt zum Sandmergel führt auch der Ton erhebliche Sandanteile. Die Flöze von 0,5 bis 0,8 m Mächtigkeit – Gewebegrundmassenkohle mit muscheligen Bruch, stückig zerfallend (Lignite) – eigentlich als Teil einer Ton-Mergel-Kohle-Wechselagerung zu bezeichnen. Neben Gastropoden finden sich auch Wurzelhorizonte in Kohle und Ton. Die Hangende Flözserie schließt mit graugrünen Tonen, Kohletonen und geringmächtigen Kleinflözen ab.

### Hangende Neogenschichten und Holozän

Insgesamt 45 m sehr eintönige Wechselagen von graugrünen Tonen, Mittel- bis Feinsanden, dunkelgrauen Mergeln, grau gelben Tonen und kalkigen Sanden bedecken die Kohleserien von Anargyri. Bis auf cm-dünne Lignitbänder in der Tiefe von 28,0 bis 30,5 m zeigen sich keine organischen Bildungen in den Neogenschichten. Zwischen 22,0 und 24,0 m belegen Geröllagen, daß die Sedimentation etwas lebhafter war bei ansonsten schwacher Strömung (Tonmergel-Feinsandablagerung). Keinerlei Fossilien wurden nach Auslesen der aufbereiteten Bohrproben bisher aus der Hangenden Neogenserie gewonnen. Scharfe Grenzen zwischen den genannten „Schichtgliedern“ können nicht festgestellt werden.

Braunrote, sandig-kalkige Tone und braungelbliche Auelehme bilden die jüngsten holozänen Ablagerungen im Raum Anargyri. Es sind Sedimente des limnischen, gelegentlich fluviatilen Bereichs, die aus der Neogenserie hervorgehen.

## 2.2 Paläobotanische Ergebnisse

Obwohl eine Kernbohrung naturgemäß nur in beschränktem Umfang Material liefert, konnte doch durch Ausschlämmen und Präparation eine ausreichende Menge bestimmbarer Pflanzenreste gewonnen werden, um einen aussagekräftigen Überblick über die Flora von Apophyse-Anargyri zu erlangen. Selbst Hinweise auf die stratigraphische Zuordnung im Vergleich mit anderen europäischen Pflanzengemeinschaften (gesonderte Abhandlung folgt) fehlen nicht. Insgesamt darf – somit – die vorliegende Arbeit als vorläufiger Bericht gelten.

## Charophyta

## Charophyceae, Characeae

Zwei Proben enthalten zahlreiche Gyrogonite unterschiedlicher Gattungs- und Artzugehörigkeit. In die „engere Wahl“ kommen vor allem *Nitellopsis*, *Tolypella* und die Gattung *Chara* selbst. Die große Zahl der Arbeiten über jungtertiäre und pleistozäne Charophyten macht es notwendig, eine zuverlässige und stratigraphisch bedeutsame Bestimmung in einer ergänzenden Publikation vorzunehmen. So kann an dieser Stelle nur kurz die fazielle Bedeutung der Charophyten als Bewohner stehender bis langsam fließender, mäßig kalkreicher Gewässer, wo sie im Sublitoral in 2 bis 4 m Tiefe leben, betont werden. Starke Wasserbewegungen werden nicht vertragen.

## Spermatophyta

## Gymnospermae

## Coniferophytina, Coniferales, Taxodiaceae

*Glyptostrobus europaeus* (Brongn.) Ung.

In zahlreichen Kohlevorkommen, besonders im Hausruck/Oberösterreich, dort mit Stammresten, Luftwurzeln und cupressoider Beblätterung, muß *Glyptostrobus* als Hauptkohlebildner bezeichnet werden. In geringerem Ausmaß dürfte dies auch in Apophyse-Anargyri der Fall gewesen sein (eine Untersuchung der xylitischen Kohle steht noch aus). Die nierenförmigen Samen sind jedenfalls in mehreren Proben nicht selten. Die heutige Vergleichsform dieses klassischen „tertiären Elements“, *Glyptostrobus lineatus*, wird in Südostchina bis in die tropischen Breiten entlang von Flüssen angepflanzt und erfordert für ausreichendes Wachstum hohe Grundwasserstände und gleichmäßige Niederschläge.

## Pinaceae

*Abies* sp.*Picea* sp.

Beide allseits bekannten Gattungen sind in meist ungünstiger Erhaltung lediglich als Nadelreste und Bruchstücke von Samen nachzuweisen. In keinem Fall reicht die Qualität der Überlieferung für eine Artbestimmung aus. Jedenfalls können diese Kosmopoliten seit dem Alttertiär als „Vertreter“ der gemäßigten Nadel- und Laubmischwaldzonen in vielen Fundstellen Europas angetroffen werden.

## Pinaceae

*Pinus* sp.

Bruchstücke von stark abgeflachten, 6 mm langen und 3 mm breiten, mit kräftiger Längskante versehenen Samen gehören sicher zur Gattung *Pinus*. Eine weitergehende Bestimmung war wegen des Erhaltungszustandes nicht möglich. Für Lebensraum und Verbreitung gilt das unter „*Abies* und *Picea*“ Gesagte.

## Angiospermae

## Dicotyledoneae (= Magnoliatae)

## Juglandales

## Myricaceae

*Myrica* sp.

Bruchstücke von 2,5 mm langen rundlichen Steinfrüchten mit schwach ausgeprägten Furchen und einigen, noch erkennbaren Harzdrüsen stammen höchstwahrscheinlich von dieser



Gattung, wengleich der Erhaltungszustand besser sein könnte. Der Gagelstrauch findet sich weitverbreitet auf Mooren (Heide-, Waldmoore) und in Torfbrüchen. Als „Element“ der feuchtigkeitsbetonten Sumpfwälder ist *Myrica* fester Bestandteil nahezu jedes Kohlevorkommens.

Salicales

Salicaceae

*Populus* sp.

Wiederum liegen lediglich Bruchstücke von  $2,3 \times 1,1$  mm großen, birnenförmigen Samen mit Längsriefung vor. Aufgrund des Vergleichs kann es sich nur um einen Pappelrest, wie man ihn von vielen schon alttertiären Fundstellen kennt, handeln. Pappeln wachsen gerne auf feuchten Standorten mit hohem Grundwasserstand.

Fagales

Betulaceae

*Alnus* sp.

Wenige Nußbruchstücke ( $2,2 \times 1,7$  mm) von fast kreisförmigem Umriss weisen an der Spitze noch Narbenreste auf. Anlösung im Sediment, Abrollung und Inkohlungsvorgänge verhindern eine artliche Bestimmung. Möglicherweise gehören die Nußreste zu *Alnus glutinosa*, die heute in feuchten (Auen-)Wäldern entlang von Flüssen bis in Moorbereiche wächst, wie schon seit alttertiären Zeiten.

*Betula* cf. *pubescens* Ehrh.

Im Fall der Moorbirke waren die Erhaltungsbedingungen günstiger:  $2,9 \times 2,0$  mm große Nüsse (ohne Flügel), eiförmig, an beiden Enden zugespitzt, lassen sich gut mit *Betula pubescens* vergleichen. KATZ (1965) erwähnt die Art schon aus dem Obermiozän, besonders aber im Pleistozän, wo sie ein wesentlicher Bestandteil von Moorbäldern, z. B. der süd-sibirischen Regionen war. Andere Samen in weniger guter Erhaltung konnten nur als *Betula* sp. bestimmt werden.

Centrospermae

Caryophyllaceae

*Dianthus* sp.

Kleine ( $1,2 \times 0,9$  mm), flache, fast kreisrunde Samen mit zentralem, kleinem Nabel passen am besten zur Gattung *Dianthus*. Wegen deutlicher Anlösungserscheinungen muß eine weitere Bestimmung unterbleiben. Nelkengewächse besiedeln als Gattung seit dem Obermiozän (? Mittelmiozän) meist trockenere Waldränder, sandige Hänge und Wiesen (Magerasen).

Magnoliales

Magnoliaceae

*Magnolia* sp.

Einige Bruchstücke glattschaliger und dünnwandiger Samenreste gehören wahrscheinlich zu Magnoliengewächsen. Vielleicht könnte eine weitere Materialbergung einen klaren Nachweis dieser „alten Tertiärgattung“, die in vielen Kohlevorkommen durch zahlreiche Arten bekannt ist, erbringen.

Ranunculales

Nymphaeaceae

*Nymphaea* cf. *alba* L.

$2,2 \times 1,4$  mm große Samen und eine Anzahl von Bruchstücken zeigen Längskanten und Längsriefung, wie man sie von Seerosengewächsen, speziell *Nymphaea*, kennt. Als Pflanzen

des offenen Wasserbereichs (Schwimblattpflanzengürtel) ist *Nymphaea* fester Bestandteil limnofluviatiler Ablagerungen in ganz Europa. Die Gattung ist ab Alttertiär, die (hier fragliche) Art erst ab Oberpliozän in Europa verbreitet.

*Brasenia schreberi* Gmel.

Einzelne wenige, jedoch typische Reste dieses Seerosengewächses erkennt man an der grubigen, reihig angeordneten Oberflächenzellstruktur. Nur eine einzige europäische Art der Gattung *Brasenia* ist in offenen, gelegentlich von schwachen Strömungen durchzogenen Gewässern seit dem Pliozän „zu Hause“.

#### Ranunculaceae

*Ceratophyllum demersum* L.

Man kann die  $3,5 \times 2,9$  mm großen Fruchtreste unschwer an den Ansatzstellen der meist in fossilem Zustand abgebrochenen Dornen erkennen. Das ganz untergetaucht in stehenden Gewässern lebende Hornblatt ist ein bedeutsamer Faziesindikator in den Sedimenten vom Untermiozän bis heute.

Rosales

Rosaceae

*Rubus* cf. *laticostatus* Kirchw.

Es handelt sich um  $1,9 \times 1,3$  mm große, auf der Rückseite fast halbkreisförmig gewölbte Samen mit gerader Bauchseite. Die Oberfläche dieses Samens ist mit einem gerade noch erkennbaren Netzwerk von rundlichen bis eckigen Gruben bedeckt. Größe, Umriss und Skulptur gleichen am ehesten den schon von KIRCHHEIMER (1957) beschriebenen Fossilien. Weitere Reste können nur bis zum Gattungsniveau bestimmt werden.

Myrtales

Lythraceae

*Decodon globosus* (E. M. Reid) Nik.

Die  $1,4 \times 1,1$  mm messenden, glatten und oft seitlich zusammengedrückten Samen dieser nur fossil bekannten Art werden von vielen Autoren (z. B. DOROFFEV 1957, NEGRU 1972) aus limnisch.-fluviatilen Sedimenten, häufig mit Kohlelagen, beschrieben. Man vergleicht sie mit *Decodon verticillatum*, einem Weiderichgewächs, das an feuchten Gräben und in staudenreichen Naßwiesen siedelt. Die stratigraphische „Reichweite“ ist mit Mittelmiozän bis Pleistozän anzunehmen (KATZ 1965).

Myrtales

Trapaceae

*Trapa* cf. *natans* L.

Meist genügen bereits die Stacheln der spitzen Fortsätze an den Früchten der Wassernuß (ehemalige Kelchblätter), um die Gattung zu bestimmen. Nach einem Vergleich unter Zuhilfenahme des REM handelt es sich bei den wenigen Resten von Anagryri sehr wahrscheinlich um die heutige *Trapa natans*. In jedem Fall beweist das Vorkommen der Art, wintermilde und gleichmäßig feuchte Lebensbedingungen zur Zeit der Kohlebildung. Die Wassernuß lebt heute in nährstoffreichen, warmen Altwässern und Teichen.

Umbelliflorae

Araliaceae

*Aralia pusilla* Dor.

Samenreste ( $2,5 \times 1,4$  mm) mit gerader Ventralkante und fast halbkreisförmiger Rückenseite weisen die für *Aralia pusilla* typischen knotig-reihigen Längs- und Querrunzeln auf. Heute als

Strauch in den Laubmischwäldern der gemäßigten Zonen heimisch, darf speziell die vorliegende Art als Tertiärelement (mindestens Mittelmiozän) bezeichnet werden.

#### Umbelliferae

*Hydrocotyle vulgaris* L.

Berippte Teilfrüchte mit körnig-rauher Oberfläche und halbkreisförmigem Umriß und  $1,7 \times 0,9$  mm Größe gehören zum Wassernabel, der als Pflanze der Moore und Torfbrüche auch flutend in Wiesentümpeln vorkommen kann. Nach bisheriger Kenntnis bei uns seit dem Pliozän (sensu FAHLBUSCH 1981) weit verbreitet, besiedelt *Hydrocotyle* selbst in Nordafrika die genannten Biotope.

#### Tubiflorae

#### Callitrichaceae

*Callitriche stagnalis* Scop.

Die kleinen Samen ( $1,4 \times 0,7$  mm) sind schief-eiförmig, leicht zusammengedrückt und haben eine gerade bis leicht gekrümmte Kante. Feine Höckerchen bedecken die rauhe Oberfläche. Es handelt sich um ein typisches Faziesfossil aus stehenden, kaum durchströmten, flachen Gewässern.

#### Dipsacales

#### Caprifoliaceae

*Sambucus pulchella* (E. M. Reid) Sz.

Die länglichen, auf der Rückseite flach gewölbten Samen ( $3,1 \times 1,6$  mm) haben ähnlich wie bei der rezenten *Sambucus nigra* (Schwarzer Holunder) eine grob quergerunzelte Oberfläche, jedoch im Gegensatz zu diesem fast in Einzelknoten aufgelöste Rippenreihen (SZAFER 1954). Selbst Bruchstücke können so unschwer identifiziert werden. Heute wie zu Zeiten des Miozäns findet der Holunder seine Hauptverbreitung an Waldrändern, in Auewäldern und in offenen Waldschlägen. Die Art *S. pulchella* wird zuletzt aus dem Pleistozän erwähnt (KATZ 1965).

#### Compositae

Im Falle der vorliegenden Compositae steht die Anzahl im umgekehrten Verhältnis zur Qualität des Erhaltungszustandes. Äußerstenfalls war eine Familienzuordnung möglich und damit der Nachweis von Pflanzen offener und „trockener“ Lebensräume.

#### Monocotyledoneae

#### Helobiae

#### Alismataceae

cf. *Alisma plantago-aquatica* L.

In wenigen Exemplaren lieferte das Bohrkernmaterial die keilförmigen, unten eingekerbten Früchte von  $1,4 \times 0,6$  mm Größe. Längsfurchen und rechteckiges, grubiges Oberflächenmuster sind trotz starken Abrollungsgrades noch erkennbar. Wegen dieser Unsicherheit erfolgt lediglich eine vergleichende Bestimmung. Der Froschlöffel lebt unweit der Uferregion im flachen Wasser. Älteste Funde der Gattung werden aus dem Obermiozän berichtet (KIRCHHEIMER 1957).

*Caldesia jacutica* Dor.

Diese nur fossil bekannte Art (ab Mittelmiozän in vielen osteuropäischen Vorkommen) tritt in den Kohlen von Anargyri in Form von kleinen ( $1,1 \times 0,6$  mm) Samen mit stäbchenförmigem Umriß und flacher Furche in der Mitte auf. KATZ (1965) führt *Caldesia*-Samen auch aus dem osteuropäischen oberen Pleistozän an.

## Hydrocharitaceae

### *Stratiotes intermedius* (Hartz.) Chandl.

Von der Individuenzahl her ist *Stratiotes* die mit Abstand häufigste Art in Apophyse-Anargyri. Meist in (jedoch leicht identifizierbaren) Bruchstücken vorliegend, bestimmt man die Art nach der Sklerotesta, die sich hier von der im Tertiär wohlbekanntem *Stratiotes kaltennordbeimensis* durch weniger ausgeprägte Höckerskulptur, kaum abgesetzter Basis und den kurzen Leitbündelkanal unterscheidet. Die Art wird erst ab dem Oberpliozän (im – früheren – Sinn) in europäischen Fundstellen beschrieben.

## Potamogetonaceae

Laichkrautgewächse aus Teichen, Seen, Altwässern und wassergefüllten Gräben „gehören“ zu jeder Feuchtfazies einschließlich der Kohlelagerstätten. Wegen ihrer großen artlichen Ähnlichkeit und enormen Varianz führt oft nur eine statistische Analyse weiter, wie sie z. B. KNOBLOCH (1977) versucht hat. Hierzu reicht das Material von Apophyse-Anargyri insgesamt nicht aus. Trotzdem konnten, besonders nach Vergleich mit dem rezenten Material bestimmt werden:

### *Potamogeton acutifolius* Link.

Für die Bestimmung als *P. acutifolius* spricht beim leider schlecht erhaltenen Rest die stark bezahnte Keimklappe und der hakenförmig gekrümmte Schnabel. Obermiozän bis Pleistozän werden von KATZ et al. (1965) als zeitliche Grenzen genannt.

### *Potamogeton pusillus* L.

Der Same dieser Art weist keine Zentralöffnung auf und gehört mit  $1,8 \times 2,2$  mm auch zu den größeren Laichkrautresten. Sie wird wie *P. acutifolius* aus dem Obermiozän erwähnt.

### *Potamogeton heterophyllus* Schreb.

Einige große Laichkrautsamen ( $2,6 \times 1,9$  mm) dürften, KATZ et al. (1965) folgend, zu *P. heterophyllus* mit gerader Ventralkante und stets anliegender, schwach gekielter Keimklappe gehören.

### *Potamogeton* cf. *natans* L.

Die  $2,0 \times 2,8$  mm großen, verkehrt-eiförmigen Samen mit zentraler Vertiefung passen zu der heutigen *P. natans*. Indes ist wegen des mäßigen Erhaltungszustandes eine endgültige Entscheidung nicht möglich.

In ähnlicher Form gilt dies auch für weitere Reste, die aufgrund der Übereinstimmung einiger Merkmale versuchsweise zu

*Potamogeton* cf. *mallinus* Miqu.: Große, tropfenförmige Zentralvertiefung, Schnabel am stumpfen Ende der Ventralseite.

*Potamogeton* cf. *asiaticus* A. Beun: Große, runde Zentralvertiefung, Keimklappe z. T. gekielt und leicht gezackt.

gestellt werden sollen. Mangels Erhaltungsqualität müßte besseres Material Klarheit verschaffen.

## Najadaceae

*Najas* cf. *foveolata* Al. Br.

Wieder verhindert der Erhaltungszustand (Abrollung, z. T. Anlösung im Sediment) eine absolut sichere Bestimmung der Art. Wegen der Regelmäßigkeit des Musters aus polygonalen Zellen (rechteckige Reihen) auf der Oberfläche der 3 mm langen und 1,8 mm breiten Samen paßt der vorliegende Rest etwa zu *N. foveolata*. Die Art, aus vielen tertiären Fundstellen bekannt, kann bis in das Obermiozän „zurückverfolgt“ werden. Das Nixkraut lebt in Seebuchten und Altwässern.

## Pandanales

## Typhaceae

*Typha* sp.

Bruchstücke von Rohrkolbendeckelnüssen mit der charakteristischen Struktur aus rechteckigen und polygonalen Oberflächenzellen sind oft aus Kohleflözen geborgen worden. Damit sind in der Flora von Apophyse-Anargyri auch Pflanzen des Uferrohrriechts „repräsentiert“. Die Gattung war schon im Alttertiär ein kennzeichnendes „Element“ der europäischen Fundstellen.

## Cyperales

## Cyperaceae

*Dulichium* cf. *spathaceum* Pers.

Länglich-lanzettförmige Samen ( $2,4 \times 1,3$  mm) mit feiner Längsstreifung lassen sich mit der Art *D. spathaceum* gut vergleichen. Die geringe Zahl und der Erhaltungszustand verhindern eine genauere Bestimmung. Die „Schneide“ aus Teichen, Mooren und feuchten Uferregionen war in Europa mindestens vom Karpat bis in das Pleistozän ein weitverbreitetes „Element“ (heute besonders in den USA vorkommend).

*Carex* *flagellata* Cl. & E. M. Reid

Dreikantige, glatte Nüsschen von birnenförmigem Umriß lassen sich ohne weiteres der Art *C. flagellata* zuordnen. Zahlreiche Autoren beschreiben sie aus jungtertiären Fundstellen Mitteleuropas. *C. flagellata* ist typisch für Seggenriede verlandender Gewässer und „paßt“ somit zu einer „Kohleflora“ wie aus Anargyri.

*Carex* cf. *pseudocyperus* L.

Dreiseitige, zur Basis und zum Gipfel hin verjüngte Früchte sind „oberflächlich“ von undeutlich polygonalen Zellen bedeckt; der normalerweise kurze Stiel fehlt beim vorliegenden Rest, der außerdem durch Anlösung im Sediment in weniger gutem Zustand erhalten ist. Die Seggenarten, zu denen sich noch Reste lediglich der Gattung *Carex* sp. „gesellen“, repräsentieren als einzige „Ökoindikatoren“ den Biotop des Großseggenrieds.

*Cyperus* cf. *glomeratus* L.

Dreikantige Früchte mit weniger scharf ausgeprägten Kanten als etwa *Cyperus fuscus* und rundlichem Umriß ( $1,1 \times 0,75$  mm messend) zeigen wie andere Zypergrasarten die rechteckigen, in Längsrichtung angeordneten Zellen. Zu *C. glomeratus* passen die vorliegenden Reste am besten. Auch der Lebensraum heute – Uferbereiche und Naßstellen entlang wassergefüllter Gräben – dürfte zur Zeit der Kohlebildung von Anargyri kaum anders gewesen sein.

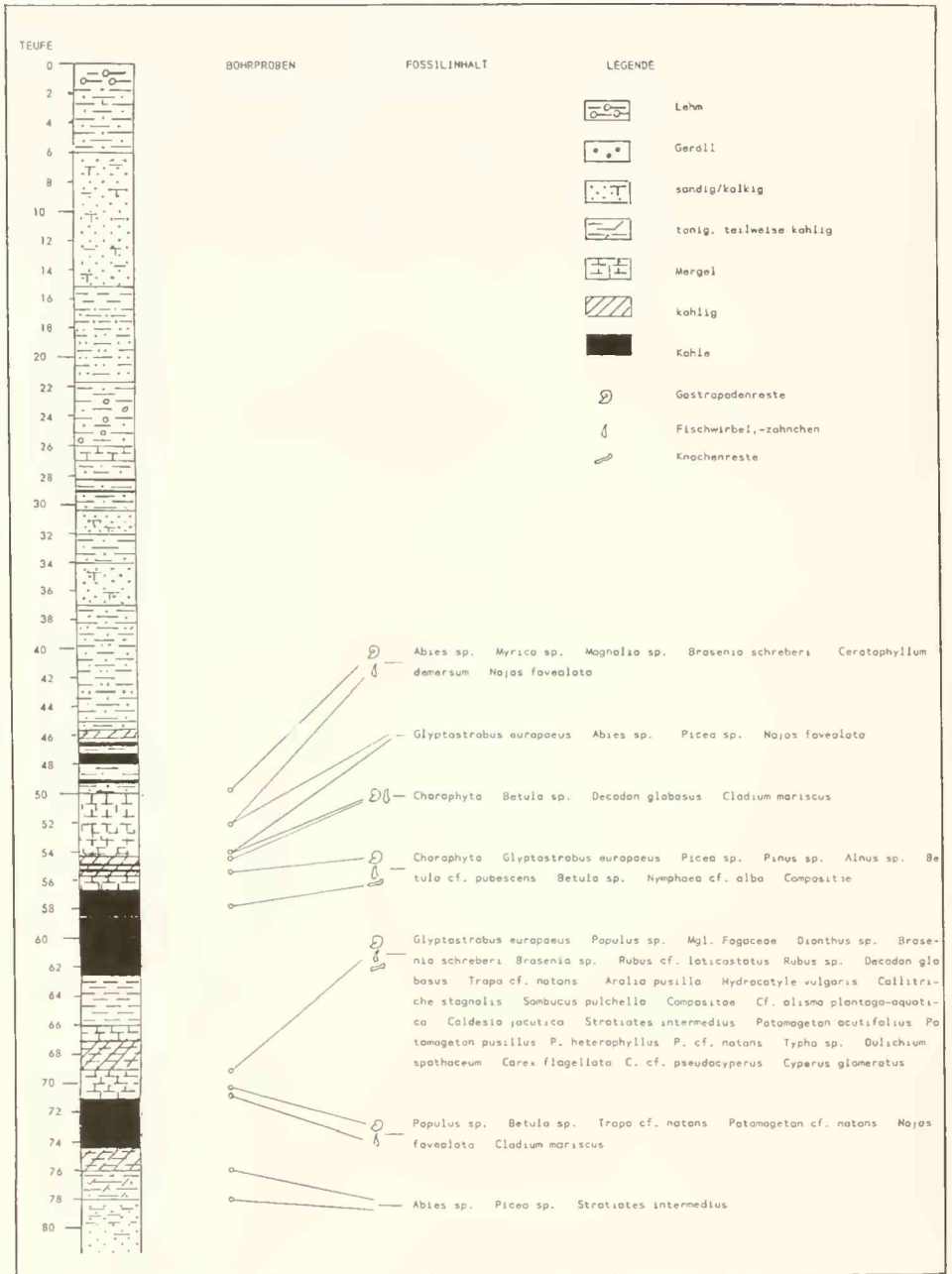


Abb. 3: Probepunkte und Fossilinhalt

## *Cladium mariscus* (L.) Pohl

Tonnenförmige,  $1,8 \times 1,3$  mm messende Samen mit in drei „Zipfel“ ausgezogener Basis dürfen wie ein Großteil der vorher erwähnten Gattungen allochthon an ihren Fundpunkt gelangt sein, können aber nach den vorhandenen Merkmalen als „Sumpfried“ bestimmt werden, wie es seit dem Obermiozän Flachmoortümpel, Uferröhrichte und Gräben besiedelt.

### B e s o n d e r e s

Neben den bestimmbareren Pflanzenresten lieferte das Bohrkernmaterial von Anargyri eine Reihe von Bruchstücken einzelner Pflanzenorgane. Davon stammen zahlreiche Knospen und Zweigreste wahrscheinlich von Fagaceen, andere Reste gleichen inkohlten Vitaceenranken. Die Bestimmung von Blattansatzpolstern und Dornen erscheint nur sehr schwierig möglich. Als Pflanzengallen identifizierbare Organe könnten nach Rezentvergleich von der Tannenschildlaus (*Adelges laricis*) stammen. Ähnliche Überreste finden sich in großer Menge in den pannonzeitlichen Kohlen des Hausruck in Oberösterreich (RIEBER, in Vorber.).

### T i e r i s c h e R e s t e

Die Aufbereitung der Apophyse-Anargyri-Proben erbrachte eine große Zahl von „tierischen“ Resten, die in jedem Fall qualitativ einer gesonderten Bearbeitung bedürfen. Vorwiegend Gastropodenreste, nicht selten Verschlussdeckel, kommen lagenweise angereichert in den Probeteufen zwischen 50 und 72 m vor. Einer improvisierten Durchmusterung zufolge handelt es sich um „Vertreter“ der Gattungen *Bithynia*, *Gyraulus*, *Planorbis* und *Radix*. Viele Gehäuse wiesen ebenso wie die Samen- und Fruchtreste Abrollungserscheinungen auf. In der Mehrzahl der Proben waren Fischwirbel und -zähne zusammen mit vielen Knochenbruchstücken „anzutreffen“. Von diesen bestimmbareren Fossilien wird in einer eigenen Arbeit berichtet werden.

### A u s w e r t u n g

Eine quantitative Auswertung der absoluten Zahl der fossilen Reste verspricht wegen der geringen Menge und der „Bohrkernselektion“ keine aufschlußreichen Ergebnisse in bezug auf die Verteilung der Arten. Lediglich Familien, Gattungen und Arten gestatten eine Aufschlüsselung nach Lebensräumen. Demnach wachsen 15,4 % des Bestandes in „offenen Lebensräumen“ (Waldränder, staudenreiche Naßwiesen, Verlandungsgesellschaften), immerhin 23,1 % der Arten kommen in Laubmisch- und Koniferenwäldern vor. Im Fall der vorliegenden Flora ist an Wälder der gemäßigten Bereiche (Mixed mesophytic Forests, WANG 1961) zu denken, denen aber (bis jetzt noch) typisch mediterrane Gattungen (z. B. *Olea*, *Laurus*, *Morus*, *Ficus*) fehlen. Möglicherweise ändert eine weitere Materialbergung den „gemäßigten“ Charakter der Waldelemente. 17,9 % aller Arten „repräsentieren“ Sumpfwald und Moorgemeinschaften, in diesem Fall der weniger feuchtigkeitsbetonten Biotope. Bemerkenswert ist hier die Häufigkeit eines der bedeutendsten Kohlebildner der Tertiärs, *Gyptostrobos* (zahlreiche Samen), gleichzeitig ein Hinweis auf Wuchsbedingungen und Alter der Flora. Mit 43,6 % dominieren naturgemäß Pflanzen der Uferregion und Gewässer, darunter solche, die, etwa wie die Wassernuß, hohe Temperaturansprüche (ausgesprochen sommerwarme Gewässer) stellen.

Hieraus sind zusammenfassend folgende Informationen abzuleiten:

### 1. Sedimentologie und Pflanzenzonierung (Tab. 1.)

Das Fehlen jeglicher grobkörniger Sedimentation (Schotter, Geröllagen, Kreuz- und Schrägschichtung) und der kontinuierliche Wechsel von Tonen, Silten, Mergeln und Feinsanden weisen auf die Existenz schwach durchströmter Seenbecken und Altwasserbereiche hin. Dort sammelte sich die große Menge der Samen von Pflanzen der Verlandungsgesellschaften wie Seggenried (*Carex*, *Dulichium*) bis ins Uferrohricht (*Cladium*, *Typha*). Diese Fossilgemeinschaften sind am ehesten mit heutigen Pflanzenassoziationen zu vergleichen. Die zahlreichen Gattungen der Schwimmblattpflanzenzone (z. B. *Brasenia*, *Nymphaea*, *Najas*) kamen subautochthon zur Ablagerung. Infolge Einwehung und gelegentlicher Wasserbewegungen finden sich allochthon Samen, Früchte und Blätter auch des Hinterlandes (15,4 bzw. 23,1 % aus Laubwäldern und Waldrand-Rasengesellschaften).

Von großer Bedeutung ist der auch von der Individuenzahl beachtliche Anteil von Samen und Zapfenresten der Chinesischen Wasserfichte (*Glyptostrobus*). Dieser klassische Kohlebildner in nahezu allen europäischen Kohlevorkommen gilt als Indikator für den teilweise überfluteten Sumpfwald („swamp“, schon durch das Vorhandensein von Kohle bestätigt), der somit in Apophyse-Anargyri – wenn auch längst nicht in der enormen Ausdehnung wie in mitteleuropäischen Kohlesümpfen – in ansehnlichen Beständen vorhanden war. Hieraus ergeben sich auch Hinweise auf die stratigraphische Stellung der Kohlelagerstätte.

### 2. Stratigraphie

Außer den noch zur Bearbeitung anstehenden Charophyten-Fossilien weist der hohe Anteil an „Tertiärelementen“ (28,2 %) auf ein vorpleistozänes Alter hin. Davon sind *Rubus* cf. *laticostatus*, *Decodon globosus*, *Aralia pusilla*, *Sambucus pulchella* und *Caldesia jactica* ausschließlich ins Jungtertiär (bis Oberpont, siehe Tab. 1) zu stellen. Umgekehrt reichen die jüngsten Elemente *Dianthus* sp., *Callitriche stagnalis*, *Potamogeton natans* und *Cyperus* cf. *glomeratus* noch bis in ebenfalls pontische Zeiten zurück, ein starker Beleg für das jungtertiäre Alter der Flora. Auch die „Gesellschaft“ *Glyptostrobus* – *Magnolia* – *Trapa* – *Brasenia* – *Stratiotes* mit tertiärtypischen Gattungen in größerer Individuenzahl läßt höheres Alter vermuten. Diese Elemente des offenen Wassers und des Sumpfwaldes hatten ihre Hauptverbreitung in den mitteleuropäischen Kohlen vom Oligozän bis in das Obermiozän. Wie schon oben erwähnt, war es besonders *Glyptostrobus*, die in vielen Vorkommen (z. B. Wackersdorf, Trimmelkam, Hausruck und polnische sowie französische Lagerstätten, weitere Vergleichsarbeit in Vorbereitung) bis 10 m mächtige Flöze aufbaut. Auch der Vergleich mit anderen griechischen Kohlevorkommen wie Drama (11,54 % Tertiärelemente) und Lava (44,92 %) zeigt, daß in Anargyri insgesamt eine Tertiärflora vorliegen dürfte.

### 3. Klimatologie

Wie aus Tab. 1 hervorgeht, finden sich ca. 90 % der Arten in den gemäßigten Breiten zwischen 46° und 36° nördl. Breite. Etwa 10 % (hier *Glyptostrobus*, *Magnolia*, *Dulichium* und *Trapa*) haben weite Verbreitung in „subtropischen“ Bereichen, wo sie ausgesprochen die oft küstennahen Standorte bevorzugen. Wieder einmal gibt die schon so oft genannte *Glyptostrobus* Auskunft, deren heutiges Hauptareal – gelegentlich unter ungestörten natürlichen Bedingungen – in Südchina liegt, wo ganzjährige Temperatur- und Niederschlagsmittel von 14 bis 17° C und 1600 mm erreicht werden. Freilich wächst die heutige Art *G. lineatus* auch in wesentlich kühleren Gegenden, z. B. bis Inverness/Schottland; dort ist



Tabelle 1: Fossilliste mit stratigraphischer Reichweite der Arten

FOSSILBESTAND	REZENTE VERGLEICHFORM	LEBENSRAUM	HEUTIGE VORKOMMEN		ZEITLICHE VERBREITUNG													
			Gem. Brei	Sub-tropen	Eger	Oltörsberg	Karpat	Baden	Sarmat	Polnon	Rom	Dar	Platocan					
Charophyta (zahlreiche Gyrogone)		20 bis 40m tief in stehenden bis langsam fließenden, kalkreichen Gewässern																
Glyptostrobis europaeus (Brongn.) Ung	Glyptostrobis lineatus (Four.) Dr.	Feuchter Flußbereich, Waldmoore mit hohen Grundwasserständen																
Picea sp.	Picea L.	Laubmisch-, Koniferenwälder																
Abies sp.	Abies L.	Laubmisch-, Koniferenwälder																
Pinus sp.	Pinus L.	Laubmisch-, Koniferenwälder																
CT Myrica sp.	Myrica L.	Häufig in Mooren (Heidemoores, Waldsumpf) und Torfbrüchen																
Populus sp.	Populus L.	Auenwälder, gemäßigte Laubmischwälder																
Alnus sp.	Alnus B. Ehrh.	Auenwälder, Bruchwälder und feuchte Uferbereiche bis in die Montanregion																
Betula cf. pubescens Ehrh.	Betula pubescens Ehrh.	Bewaldete Moore, Ufer, Laubmischwälder, Auen																
Betula sp.	Betula L.																	
Dianthus sp.	Dianthus L.	Waldränder, sandige Hänge, Magergrasen																
Magnolia sp.	Magnolia L.	Warmgemäßigte Laubmischwälder, Waldmoore (trockene Bereiche), tiefer Montanwälder																
Nymphaea cf. alba L.	Nymphaea alba L.	Schwammblattpflanzenengürtel in stehenden bis langsam fließenden Gewässern																
Brasenia schreberi Gmel.	Brasenia schreberi Gmel.																	
Brasenia sp.	Brasenia Schrb.																	
Ceratophyllum demersum L.	Ceratophyllum demersum L.	Submers in stehenden und schwach durchströmten Gewässern																
Rubus cf. latuostatus Karchh.	Rubus idaeus L.	Waldränder, Auwälder, Heide, Schluchten																
Rubus sp.	Rubus L.																	
Decodon globosus (E. M. Reid) Nak	Decodon verticillatum L.	Staudenreiche Naßwiesen, feuchte Gräben																
Trapa cf. natans L.	Trapa natans L.	Kalkarme, sommerwarme, stehende Gewässer																
Aralia pusilla Dur.	Aralia canensis L.	Laubmischwälder der gemäßigten Zonen bis montan																
Hydrocotyle vulgaris L.	Hydrocotyle vulgaris L.	Flutend in Mooren, Tümpeln, Gräben und Uferbereich																
Callitriche stagnalis Scop.	Callitriche stagnalis Scop.	Flache, stehende bis schwach durchströmte Gewässer in beschattender Vegetation																
Sambucus pulchella (E.M. Reid) Sz. Compositae	Sambucus nigra L.	Waldränder, Flußufer, feuchte Gräben																
CT Alisma plantago-aquatica L.	Alisma plantago-aquatica L.	Pflanzen offener und trockener Biotope																
Caldesia pinnatifida (Basso) Parl	Caldesia pinnatifida (Basso) Parl	Nährstoffreiche Teiche. Seen mit Rohrlicht- und Seggenesellschaften																
Siraitotes intermedius (Hartz.) Chandl.	Siraitotes aloides L.	Feuchte Uferregionen, stehende Gewässer																
Potamogeton acutifolius Link	Potamogeton L.	Stehende bis schwach durchströmte, nährstoffreiche Gewässer und Altwasser																
P. heterophyllus Schreb	P. heterophyllus Schreb	Submers bis flutend in stehenden und fließenden Gewässern																
P. pusillus L.	P. pusillus L.																	
P. cf. natans L.	P. natans L.																	
Najas cf. foveolata Al. Br.	Najas marina L.	Bis 3 m in stehenden bis langsam fließenden Gewässern (Altwasser)																
Typha sp.	Typha L.	Uferrohrlicht von stehenden Gewässern und Sümpfen																
Dulichium spathaceum Pers.	Dulichium arundinaceum (L.) Brat	Teiche, Gräben, Großseggen Verlandungsgesellschaft																
Carex flagellata CT & E.M. Reid	Carex rostrata Stok	Großseggenesellschaften, Ufer, Teiche, Gräben, Moorschlenken																
Carex pseudocyperus L.	Carex pseudocyperus L.																	
Cyperus cf. glomeratus L.	Cyperus glomeratus L.	Offene Feuchtwiesen bis Uferbereiche in Seggenrieden																
Cladium mariscus (L.) Pohl	Cladium mariscus (L.) Pohl	Uferrohrlicht, Gräben, Flachmoortümpel, Torfsümpfe und Seen hinter dem Sehdüggel																

PROZENTANTEILE bezüglich der Gattungen  
 Tertiärelemente 28,2%      Offene Landschaft 15,4%      Laubmischwald - Auenwald 23,1%  
 Moderne Formen 71,8%      Sümpfwald - Moorgemeinschaft 17,9%      Gewässer - Uferregionen 43,6%

aber mit 8,5° und 612 mm im Jahresmittel das absolute Wachstumsminimum im Freien zu verzeichnen. Der Bedarf an mindestens sommerwarmen Gewässern wie bei *Trapa*, ebenso wie das Vorkommen von Magnolien lassen Temperaturen mindestens wie heute – gemessen in den Klimastationen Kawala, Alexandroupolis und Thessaloniki – mit 14,4 bis 15° C als wahrscheinlich annehmen. Eine deutliche Abweichung zu den heutigen Verhältnissen ergibt

sich bei den Niederschlägen. Zur Kohlebildung mit hoher Pflanzenproduktion sind mindestens 1300 mm Niederschläge im Jahr erforderlich. Heutzutage fallen, den Angaben der o. e. Klimastationen folgend, gerade 450 bis 560 mm im Jahr. Zusammenfassend darf also in Apophyse-Anargyri zur Zeit der Kohlebildung mit etwa 15° C als Jahresmitteltemperatur bei über 1300 mm Niederschlag gerechnet werden.

#### 4. Zur Zeitdauer der Kohlebildung

Die Bestimmung der Zeitdauer der Kohlebildung ergänzt notwendigerweise den Ansatz zu einem klimatologischen Befund. Diese Versuche gibt es schon seit 1865, als Heer durch Berechnung der Kohlenstoffproduktion eines Moores die Ablagerungsdauer der Schieferkohle von Dürnten mit 2400 Jahren pro Flöz von 1,25 m Mächtigkeit berechnete. Den Verhältnissen in Anargyri recht nahe kommen Messungen von Sedimentationsraten in heutigen Wald- und Torfmooren, beispielsweise von SCHWARZBACH (1942, 1946), FISK (1960), ANDERSON (1964), GOTTLICH (1981), BROOKS (1985), oder SUCCOW & JESCHKE (1986) angegeben. Entsprechend den von TEICHMÜLLER & THOMSON erwähnten Setzungsbeträgen von Torf zu Weichbraunkohle wie 2:1 ergeben sich für die 0,3 bis 8,5 m mächtigen Flöze von Anargyri 30 bis 42 000 Jahre Bildungszeit. Ohne die Extremwerte für die Bildung dürften 800 bis 15 000 Jahre zur Entstehung der Kohlelagerstätte erforderlich gewesen sein. Mit BROOKS (1985) gilt, daß diese Zahlen lediglich als einigermaßen verlässlicher Orientierungsrahmen angesehen werden können.

### Danksagung

Für die jederzeit freundliche Überlassung des wissenschaftlich interessanten Materials dürfen wir uns herzlich bei Herrn ATHANASIOU, dem Direktor der Forschungsabteilung der P.P.C. bedanken. Ebenso gilt unser Dank Herrn Dipl.-Ing. KAVOURIDIS und Herrn Dipl.-Geol. KALATZOPOULOS und KYRIAKIDIS für mannigfache Hilfe für das Zustandekommen dieser Arbeit.

### Literaturverzeichnis

- ANASTOPOULOS, J. & KOUKOULAS, K. (1972): Economic Geology of the Southern Part of the Ptolemais Lignite Basin (Makdonia, Greece). – Geol. Geophys. Res. 16 (1): 1–189, 32 Abb., Athen.
- ANASTOPOULOS, J. & BRASOULIS, I. (1973): Das lignitführende Becken von Kozani-Servia, Lagerstättenkundliche Erforschung. – I.G.M.E. Report Nr. 1: 48 S., 5 Abb., 2 Taf., Athen.
- ANDERSON, J. A. R. (1964): The structure and development of the peat swamps of Sarawak and Brunei. – J. trop. Geogr. 18: 7–16, 1 Abb., Singapore.
- ANTONIADIS, P. A. (1979): Kurzer Bericht über das Lignitvorkommen von Lava (Kozani). – Archiv LARCO AG, 24 S., 2 Kt., Athen.
- ANTONIADIS, P. A. (1986): Über die Lignitführung des südlichen Teils des Prosilion-Trigonikon-Beckens (Kozani). – Bull. Geol. Soc. Greece 18: 111–130, 4 Abb., Athen.
- ANTONIADIS, P. A. (1992): Über das Lignitvorkommen von Lava (Kozani): Struktur, Bau und Paläogeographie nach sedimentologischen Aspekten. – Min. Met. Ann. 2 (2): 87–106, 6 Abb., Athen.
- ANTONIADIS, P. A. (1994): Polleninhalt und petrographischer Aufbau des Flözabschnittes 36,0 m bis 51,0 m einer Tiefbohrung in der obermiozänen Braunkohle von Lava bei Kozani, NW-Griechenland. – Mineral Wealth 91: 7–17, 3 Abb., Athen.
- ARONIS, G. (1971): Hydrogeologiki Erevna tou Exarmatos Kamanou Ptolemaidis, unveröff. Manusk., S. 12, P. P. C., Athen.
- BERGER, J.-P., ENGRESSER, B., BARBIN, V., BOHIGER, TH., KELLER, B. & WEIDMANN, M. (1990): Correlative Chart of the European Oligocene and Miocene. – Publ. Inst. Geol. Univ. Fribourg.

- BERGGREN, G. (1969): Atlas of seeds and small fruits of Northwest-European plant species with morphological descriptions. Part 2 Cyperaceae., S. 7–65, Stockholm (Arlöv).
- BERGGREN, G. (1981): Atlas of seeds and small fruits of Northwest-European plant species with morphological descriptions. Part 3. Salicaceae – Cruciferae., 6–261, Stockholm (Arlöv).
- BERTSCH, K. (1941): Früchte und Samen. – Handbücher der praktischen Vorgeschichtsforschung 1–2, 247 S., 71 Taf., Stuttgart.
- BOGFR, H. (1983): Stratigraphische und tektonische Verknüpfungen kontinentaler Sedimente des Neogens im Ägäis-Raum. – Geol. Rundschau 72: 771–813, 6 Abb., 1 Tab., Stuttgart.
- BROUWER, W. & STAHLIN, A. (1975): Handbuch der Samenkunde. 675 S., 1672 Abb., – DLG-Verlag, Frankfurt/Main.
- BRUNN, J. (1956): Contribution à l'étude géologique du Pinde septentrional et d'une partie des la Macédoine occidentale. – Ann géol Pays hellén. 7: 113–125, 2 Abb., Athen.
- BRUNN, J. (1959): Zone du Vardar et Zone pélagonienne en Grèce. – C. R. somm. Soc. géol. France 6: 138–140, Paris.
- BRUNN, J. (1972): Carte géologique 1: 50 000, Feuille Pirgoi, I. G. M. C. R., Athen.
- COHEN, A. D. (1974): Petrography and Paleocology of Holocene peats from the Okefenokee swamp-marsh complex of Georgia. – J. sediment. petrol. 44: 716–726, Tulsa, Oklahoma.
- COHEN, A. D. & SPACKMAN, W. (1977): Phytogenic organic sediments and sedimentary environments in the Everglades mangrove complex of Florida, Part II. The origin, description and classification of the peats of Southern Florida. – Palaeontographica B 162: 71–114, 12 Abb., Stuttgart.
- FAHLBUSCH, V., LINDSAY, E. H. & MEIN, P. (1989): European Neogene Mammal Chronology. – NATO ASI Ser. A (Life Sciences) 180: 658 S., New York.
- FISK, H. N. (1960): Recent Mississippi river sedimentation and peat accumulation. – C. R. 4. Congr. Intern. Strat. Géol. Carbonif. 1: 187–199, 6 Abb., Maastricht.
- GÖTTLICH, K. J. (Hrsg.) (1980): Moor- und Torfkunde, 2. Aufl., 338 S., 135 Abb., Stuttgart (Schweizerbarth).
- GOTHAN, W. (1924): Studien über die Bildung der Schwelkohlle und des Pyropissits. – Braunkohle 23: 725–733, 771–775, 8 Abb., Halle/S.
- GREGOR, H.-J. (1982): Die jungtertiären Floren Süddeutschlands, 278 S., 34 Abb., 16 Taf., Stuttgart (Enke).
- GREGOR, H.-J. (1983b): A Miocene fruit- and seed flora from the browncoal of Aliveri (Island of Evia, Greece). – Documenta nat. 6: 1–26, 2 Tab., 5 Taf., München.
- GREGOR, H.-J., & VELITZELOS, E. (1984): Preliminary comparisons of Neogene floras in the Mediterranean (Spain, France, Italy, Turkey and especially Greece) with those of the Paratethys areas. – CIESM Fasc. 4: 31–40, Luzern.
- HEIMANN, K. O. & JUNG, W. (1976): Palökologische und fazielle Untersuchungen an Gesteinen des Evaporitzyklus II bei Paghí, Nordkorfu (Griechenland). – Mitt. Bayer. Staatssammlung Paläont. Hist. Geol. 16: 105–111. Taf. 9–10, München.
- KAOURAS, G., RIEGEL, W. & VELITZELOS, E. (1985): Petrologische und palynologische Aspekte der Braunkohle von Preveza, Westgriechenland, – Kurzber. APP 235, Antwerpen.
- KARAGEORGIU, E. (1951): Die lignitführenden Becken von Kozani, Servia, Sarantoporos und Ellassona. – Geol. Erk. Rep. 11: 1–31, 4 Abb., I.G.M.E., Athen.
- KATZ, N., JA., KATZ, S. V. & KIPIANI, M. G. (1965): Atlas and keys of fruits and seeds occurring in the quarternary deposits of the USSR, 365 S., 94 Taf., Moskau (Nauka).
- KLAUS, W. (1986): Einführung in die Paläobotanik. Fossile Pflanzenwelt und Rohstoffbildung Bd. II, 213 S., 203 Abb., Wien (Deuticke).
- KLAUS, W. (1987): Einführung in die Paläobotanik. Fossile Pflanzenwelt und Rohstoffbildung Bd. I, 314 S., 116 Abb., Wien (Deuticke).
- KOUKOUZAS G. & AYOTIS, TH. (1979): Coal exploration of Agios Christophorus Area, Ptolemais (W. Macedonia). – Min. depos. research 8: 102 S., 32 Abb., I. G. M. E. Athen.
- KOUKOUZAS G., KOTIS, TH., PLOUMIDIS, M. & METAXAS, A. (1979): Coal exploration of Anargyri area, Amyntheon (W. Macedonia). – Min. depos. research 9: 69 S., 18 Abb., I. G. M. E. Athen.
- KOUKOUZAS G., KOTIS, TH., PLOUMIDIS, M. & METAXAS, A. zusammen mit DIMITRIU, D. & VARVAROUSIS, G. (1988): Coal exploration of Perdika area, Ptolemais-district (W. Macedonia). – Inst. Geol. Mineral. explor., Dept. of energy resources, 67 S. Athen.
- LANG, R. (1921) Bildungszeiten der Braunkohlenflöze. – Braunkohle 20: 369–371, Halle/S.

- MAI, H. D. (1965): Eine pliozäne Flora von Kranichfeld in Thüringen. – Mitt. Zentr. Geol. Inst. 1: 37–64, Taf. 3–5, Berlin.
- MERCIER, J. (1972): Carte géologique de Grèce, Feuille Arnissa, L. G. M. C. R., Athen.
- MERCIER, J. (1973): Etude géologique des zones internes des Hellénides en Macedoine centrale (Grèce). – Ann. géol. Pays Hellén 20: 596 S., 164 Abb., 12 Taf., Athen.
- MOUNTRAKIS, D. (1984): Structural geology of the North Pelagonian Zone in north-western Macedonia (Greece). – Geol. Soc. Spec. Publ. 17: 581–590, 6 Abb., Oxford.
- OTTENJAHN, K. (1980): Spektrale Fluoreszenz-Mikrophotometrie von Kohlen und Ölschiefen. – Leitz Mitt. Wiss. Techn. 7: 32 S., 17 Abb., Wetzlar.
- PATZ, H., RASCHER, J. & SEIFERT, A. (1986): Kohle – ein Kapitel aus dem Tagebuch der Erde, 150 S., 66 Abb., Frankfurt (Harry Deutsch).
- PAPP, A. & MANOLISSOS, N. (1953): Charophytenreste aus dem Jungtertiär Griechenlands. – Ann. géol. Pays hellén. 5: 705–721, 2 Taf., Athen.
- POTONIE, R. (1924): Einführung in die allgemeine Kohlenpetrographie, 285 S., Berlin (Bornträger).
- SCHNEIDLER, H. E. & VELITZFLOS, E. (1973): Jungtertiäre Pflanzenfunde aus dem Becken von Vegora in West-Mazedonien (Griechenland). – Ann. Mus. Goul., 1: 245–249, 2 Taf., Athen.
- SCHNEIDER, H. E. & VELITZFLOS, E. (1976): Eine Neogenflora im Becken von Vegora (NW Mazedonien). – Bull. Soc. Géol. France (7) 18 (2): 204, 1 Abb., Paris.
- SCHOCH, W., H. PAWLIK & SCHWEINGRUBER, F. H. (1988): Botanische Makroreste, 227 S., 5 Abb., 176 Taf., Bern-Stuttgart (Haupt).
- SCHWARZBACH, M. (1974): Das Klima der Vorzeit, 380 S., 191 Abb., 41 Tab., Stuttgart (Enke).
- STACH, E. et al. (1982): Textbook of Coal Petrology, 3. ed., 535 S., Berlin-Stuttgart (Bornträger).
- SUCCOW, M. & JESCHKE, L. (1986): Maare in der Landschaft. 268 S., Leipzig (Urania).
- TICHHMÜLLER, M. (1958): Rekonstruktion verschiedener Moortypen des Hauptflözes der Niederrheinischen Braunkohle. – Fortschr. Geol. Rheinland u. Westf. 2: 599–612, Krefeld.
- TICHHMÜLLER, M. (1961): Beobachtungen bei einem Torfbrand. – Geol. Jb. 78: 653–660, 2 Taf., Hannover.
- TICHHMÜLLER, M. (1962): Die Genese der Kohle. – C. R. 4. Congr. intern. Strat. Géol. Carbonif. Heerlen 1958: 699–722, Maastricht.
- THOMSON, P. W. (1956): Die Braunkohlenmoore des jüngeren Tertiärs und ihre Ablagerungen. – Geol. Rundsch. 45: 62–70, 3 Abb., Stuttgart.
- VELITZFLOS, E. (1974): Beiträge zur Geologie von Macedonien, 2. Das Neogen-Becken von Vegora. – Ann. Mus. Goulandris 2: 165–180, Athen.
- VELITZFLOS, E. (1977): Beiträge zur neogenen Flora Nord-West Macedoniens. Die Makroflora aus dem blauen Mergel des B-Komplexes im Becken von Vegora und die Frage der Braunkohlengenese. – Proc. VI Coll. Geol. Aegean Region 3: 1155–1158, Athen.
- VELITZFLOS, E. & GREGOR, H.-J. (1985): Neue paläofloristische Befunde im Neogen Griechenlands – Doc. natur. 25: 1–4, 2 Abb., München.
- VELITZFLOS, E., PETRESCU, I. & SYMBONIDIS, N. (1981): Tertiäre Pflanzenreste aus der Agäis. Die Makroflora der Insel Lesbos (Griechenland). – Ann. Géol. Pays hellén. 30: 767–777, 2 Taf., Athen.
- VELITZFLOS, E. & SCHNEIDER, H. E. (1979): Jungtertiäre Pflanzentunde aus dem Becken von Vegora in West-Mazedonien, 3. Mitteilung: Eine Fächerpalme (*Chamaerops humilis* L.). Ann. Géol. Pays hellén. 29: 796–799, 1 Abb., Athen.
- WANG, C. W. (1961): The forests of China with a Survey of Grassland and Desert Vegetation. – Maria Moors Cabot Foundation publ. Ser. 5: 313 S., Cambridge (Mass.)
- WEYLAND, H. & PFLUG, H.-D. (1957): Die Pflanzenreste der pliozänen Braunkohle von Ptolemais in Nordgriechenland, Teil I. – Palaeontographica B 102: 96–109, 1 Abb., 2 Taf., Stuttgart.
- WEYLAND, H., PFLUG, H.-D., & MULLER, H. (1960): Die Pflanzenreste der pliozänen Braunkohle von Ptolemais in Nordgriechenland, Teil II. – Palaeontographica B 106: 71–98, 2 Taf., Stuttgart.

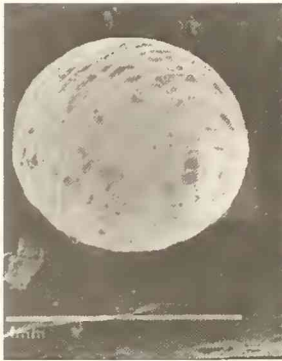
## Tafel 1

- Abb. 1a: *Nitellopsis* sp.  
Abb. 1b: „Krönchen“, 35 ×  
Abb. 2: *Glyptostrobus europaens* (BRONGN.) UNG., Samenreste, 3,2 ×  
Abb. 3: *Chenopodium* cf. *album* L.  
Abb. 4a: *Nymphaea alba* L., verdrückt  
Abb. 4b: Samentesta, 85 ×  
Abb. 5a: *Brasenia schreberi* GMEL., „Deckel“, 36 ×  
Abb. 5b: Samenrest, Gesamtansicht  
Abb. 6: *Nymphaea* cf. *alba* L.  
Abb. 7: *Trapa* cf. *natans* L.

## Tafel 2

- Abb. 1: *Stratiotes intermedius* (HARTZ.) CHANDL.  
Samenrest, 8,3 ×  
Abb. 2: *Najas marina* L.  
Abb. 3: *Carex elongata* L.  
Abb. 4: *Carex* cf. *gracilis* L.  
Abb. 5: *Cladium mariscus* (L.) POHL,  
Abb. 6: *Rubus* cf. *laticostatus* KIRCHH.  
Abb. 7: *Potamogeton* cf. *natans* L.  
Abb. 8: *Potamogeton* cf. *coloratus* L.

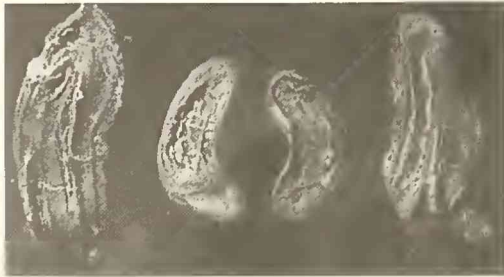
1a



1b

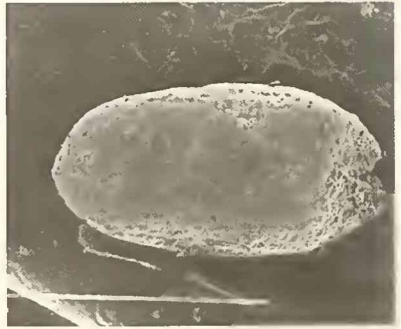


3



2

6



4a

4b



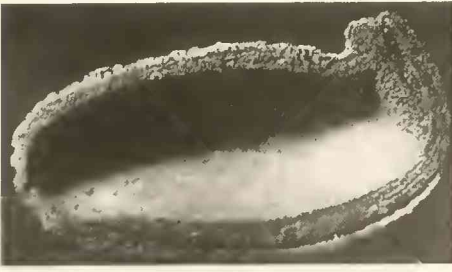
5a



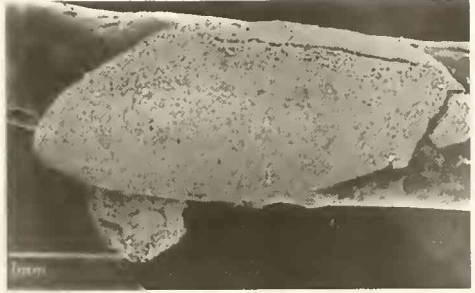
7

5b

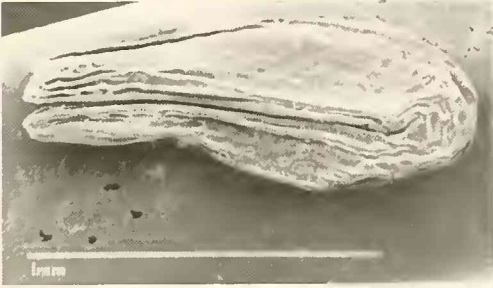




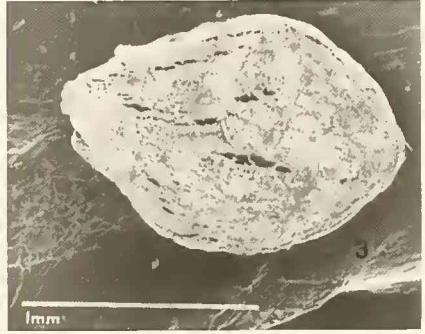
1



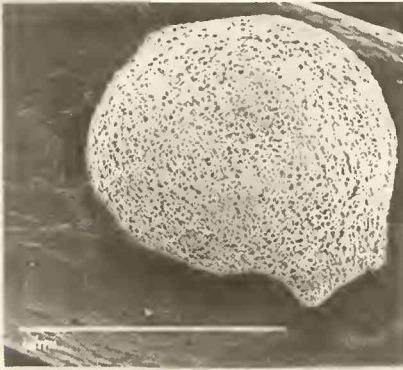
2



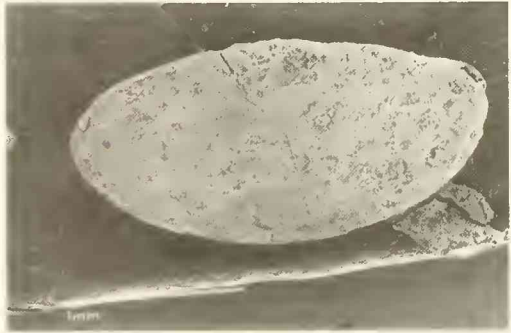
3



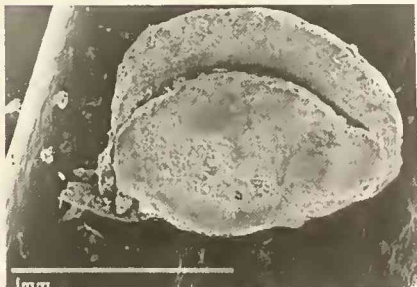
4



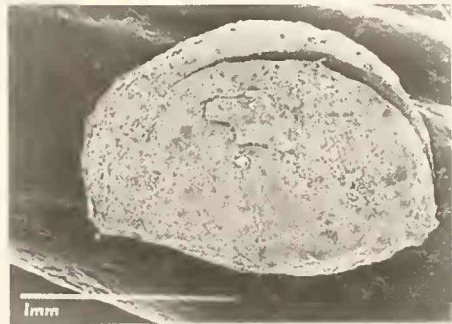
5



6



7



8

## Erratum

In Heft 35 dieser Zeitschrift hat sich in der Arbeit:

ANTONIADIS, P. & RIEBER, E.: Zu Fossilinhalt, Sedimentologie und Stratigraphie der Kohle der Lagerstätte Apophyse-Ag. Anargyri in NW-Griechenland ein bedauerlicher Irrtum eingeschlichen.

Infolge einer Verwechslung von Fotovorlagen wurden auf Taf. 1, Fig. 3, 4a+b, 5a+b und Taf. 2, Fig. 2 und 5 Exemplare aus der im Artbestand sehr ähnlichen Fundstelle Drama abgebildet, die bereits in der Arbeit: ANTONIADIS, P. & RIEBER, E.: Zu Genese und Stratigraphie der Braunkohle von Drama unter Berücksichtigung des Fossilinhalts, *Newsl. Stratigr.* 27: 1-32, Berlin/Stuttgart, abgebildet wurden. Die betreffenden Formen kommen auch in Apophyse-Ag. Anargyri vor.

Wir bitten, das Versehen zu entschuldigen.

P. Antoniadis



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der Bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und Histor. Geologie](#)

Jahr/Year: 1995

Band/Volume: [35](#)

Autor(en)/Author(s): Antoniadis Prodromos, Rieber Ernst

Artikel/Article: [Zu Fossilinhalt, Sedimentologie und Stratigraphie der Kohle der Lagerstätte Apophyse-Ag. Anargyri in NW-Griechenland 193-215](#)