

ZU FOSSILINHALT, KOHLEGENESE UND STRATIGRAPHIE DES KOHLEBECKENS VON LAVA IN NORDGRIECHENLAND

PRODROMOS A. ANTONIADIS* und ERNST RIEBER**

* National Technical University, Heroon Polytechniou 9, 157 80 Zographou, Athens, Greece.

** Institut für Paläontologie und Historische Geologie Universität München,
Richard Wagnerstr. 10, 8000 München 2, Germany

ABSTRACT. The region studied, the coal-bearing Lava Basin, belongs to the Pelagonic (geotectonic) zone that trends NNW – SSE across mainland Greece. It is a part of the Ptolemais Basin tract which stretches from Southern Yugoslavia to Northern Greece. The area, as seen in other coal deposits, was separated from the main system by secondary tectonic movements and developed independently.

The Goal of the research was to explain the coal formation as well as the stratigraphic context of the fossil material along the „coal frontier“ of Northern Greece. This initial study of macroscopic plant remains has led to the following results:

31 genera and species represent a spectrum of plants from an open, relatively dry habitat to regions of swamps, blanket bogs and shallow ponds. Of course, peatbuilding plants dominated.

Based on comparisons with other European floras, studies of some Charophyta and determination of the remain of *Proboscidea*, the Lava Coal formation took place during Upper Miocene times (probably Lower Pannonian).

Analysis of the maceral types indicates, that the seams were formed during a span of 10000 to 50000 years. The Lava basin received its most important water supply from stream and precipitation influx.

Such an intensive, allochthonous coal formation requires annual precipitation of 1200 to 1500 mm. The average annual temperature is estimated at 12° to 14° C.

Other than the increased water supply necessary for the high plant production there could not have been great differences with today's climatic regime.

KEY WORDS: Neogen, coal, palaeobotany, environment

EINLEITUNG

Zusammenfassende Arbeiten über europäische Kohlelagerstätten unter besonderer Berücksichtigung der griechischen Kohle erschienen z.B. von White (1913, 1925), Stopes (1919), Potonie (1924) und Stach et al. (1975, 1982).

Von den modernen Autoren, die sich der Erforschung der Kohle Griechenlands und ihres Fossilinhalts gewidmet haben, sollen Anastopoulos und Kukouzas (1972, 1983), Anastopoulos und Brousoulis (1973), Antoniadis (1979, 1985, 1992), Antoniadis et al. (1994), Böger (1983), Gregor (1982, 1983), Gregor und Velitzelos (1984), Velitzelos und Schneider (1979), Velitzelos et al. (1981) genannt sein. Die bisherigen Einzelbearbeitungen werden nun ergänzt durch die vorliegende Untersuchung der Kohleflora von Lava unter stratigraphischen Aspekten. Die Verfasser beabsichtigen, dieser Arbeit weitere Ergebnisse folgen zu

lassen, um zu einem gewissen Überblick einer regionalen Florenentwicklung zu kommen.

LAGE DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES

Das Kohlebecken von Lava – Servia – Kozani öffnet sich nach Westen zur Ebene von Siatista – Krokos und wird umgrenzt im Norden von der Gebirgskette des Vermion Oros und Mavrodendron – Pondokomi, im Süden von den Ausläufern des Pieria Ori, der auch die Ostumrahmung des genannten Kohlebeckens bildet. Der Aliakmon – an der Grenze zu Jugoslawien entspringend und bei Aigirion südlich von Thessaloniki in die Ägäis mündend – teilt NW-SO-verlaufend das Untersuchungsgebiet in das von überwiegend limni-

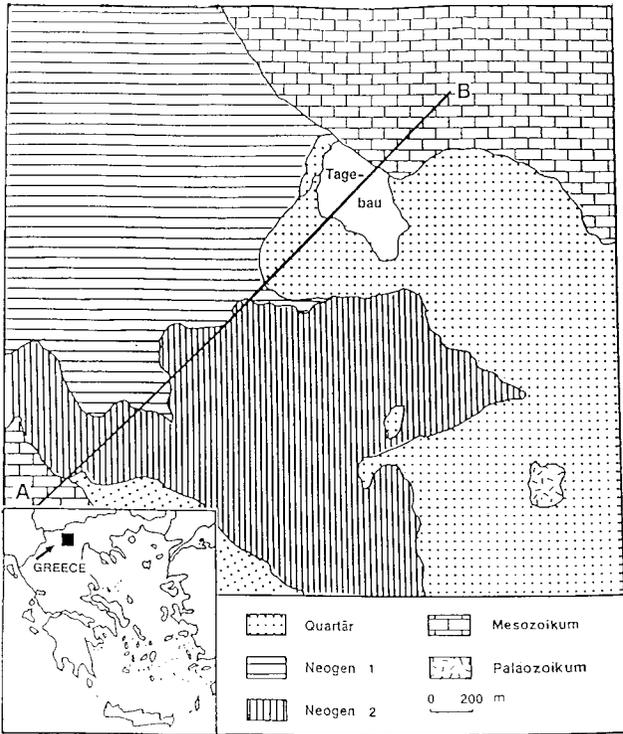


Abb. 1. Geologische Karte des Arbeitsgebietes

schen Sedimenten gefüllte Becken von Lava – Servia – Kozani im Norden und ein von mesozoischen Decken aufgebautes Mittelgebirge im Süden.

GEOLOGISCHE SITUATION

Das Untersuchungsgebiet ist Teil der „Zone pelagonienne“ (Aubouin 1957), eines NW – SO-verlaufenden Grabensystems, welches Nordgriechenland und Südjugoslawien umfaßt und

während der jüngeren Phasen der alpidischen Gebirgsbildung angelegt wurde (Abb. 1). Im Laufe des Neogens differenzierte sich der wechselvolle Bau der einzelnen Lokalgräben heraus.

Im Gebiet von Lava erschließen sich dem Geologen Schichtfolgen paläozoischen bis jungtertiären Alters (Abb. 2).

PELAGONISCHES MASSIV

Im Untergrund der Lagerstätte von Lava bis etwa 4 km nördlich von Servia lagern, von zahlreichen Störungen aus der Zeit der neogenen Phasen der alpidischen Gebirgsbildung durchzogen, Amphibolite, Augengneise, Serizit-Chloritschiefer, Diorite, Peridotite, Serpentinite und Marmore. Nach der „Erstlieferung“ metamorpher Gesteinsmaterials ist das Pelagonische Massiv noch mehrmals schwach „aufgeheizt“ worden, was sich an Albitisierung in Schachtbrettmusterform und Marmorbildungen bis in die Zeit der unteren Trias zeigt. Die vollständige Entwicklung dieser Serien kennt man gut aufgeschlossen aus dem Pieria-Gebirge ca. 45 km östlich von Servia.

MESOZOISCHE DECKEN

Über den Serien des Pelagonischen Massivs folgen – in den ältesten Teilen leicht metamorph verändert – mehrere tausend Meter mächtige Marmore, Kalke und Dolomite der als „mesozoische Decken“ bezeichneten Schichtkomplexe. Es sind in den untersten Teilen weiße und rötliche Marmore, darüber folgen weißlichgraue und rote Kalke und Dolomite.

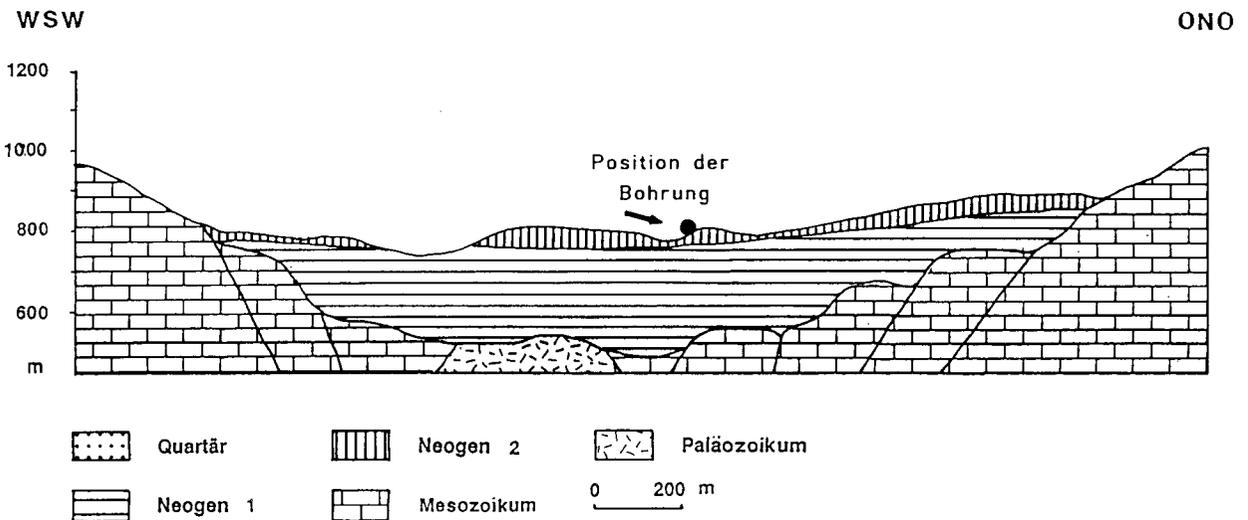


Abb. 2. Profil mit d. Position der Bohrung

Erst in jüngerer Zeit konnte Brunn (1956) auf Grund eines Fundes von *Teutloporella* PIA das Alter der Kalk-Dolomitserie als obertriassisch bestimmen, was eventuelles permisches Alter für die tiefstgelegenen Marmore nicht ausschließt (Brunn 1956).

Graubraune Kalke und Dolomite leiten zu Ophioliten über, wiederum nach Brunn, der fragliche Ammonitenfunde erwähnt, von jurassischem Alter. Kreide und Alttertiär fehlen im Becken von Lava – Servia. Außerhalb des Untersuchungsgebietes finden sich stark erodierte Transgressionshorizonte der Kreide mit Konglomeraten, Sanden und Kalken, überlagert von flyschoiden Sandsteinen, die eine Foraminiferenfauna des Maastrichts enthalten.

DIE TERTIÄRSERIEN

Auf Grund sedimentologischer Befunde teilt man das bis zu 280 m mächtige „Tertiärpaket“ im Becken von Lava – Servia in eine Liegend- und eine Hangendserie. Neuere Arbeiten haben vor allem Anastopoulos und Brousoulis (1973) Anastopoulos und Koukouzas (1983), oder Antoniadis (1985, 1992), Antoniadis et al. (1994) erstellt.

LIEGENDSERIE

Wie das Profil der Abb. 3 zeigt, beginnt die insgesamt 100 m mächtige Liegendserie mit grobklastischen Sedimenten, nämlich grünlichgrauen Konglomeraten und Grobsanden in Wechsellagerung mit Schräg- und Kreuzschichtung; Aufarbeitungshorizonte sind häufig feststellbar, auch Einlagerung feiner Materials und sogenannte „crevasse splay-lagen“, unmittelbares Zeugnis der Verlagerung eines Flußlaufs. Ohne ausgeprägte Grenze gehen die klastischen Lagen in helle, gelblichgraue Tone, Silte und Sande mit sehr hohem glimmeranteil in den unteren Partien über. Immer noch unterbrechen Konglomerathorizonte die Feinsedimentation, bis sehr geringmächtige Kohleflözchen zur Hangendserie überleiten.

HANGENDSERIE

Waren die klastischen Lagen das Hauptmerkmal der Liegendserie, könnte man die Hangendserie auch als das „Hauptbraunkohlelager“ bezeichnen. Konkordant entwickeln sich aus den feinkörnigen partien der Liegend-

serie Silte und Feinsande von hohem Kalkanteil, ein erstes, bis 1 m starkes Lignitflöz mit Ton- und Feinsandzwischenmitteln auch horizontal von beachtlicher Ausdehnung markiert den Beginn einer weiträumigen Torfsedimentation. Von nur 50 bis 70 cm Silten und Sanden getrennt, folgt über dem Liegendflöz das 6 bis 7 m mächtige xylitische Unterflöz der Kohleserie von Lava. Auch dieses ist durchzogen von sandig-tonigen Zwischenmitteln, die über große horizontale Entfernungen verfolgbar sind. 3 bis 5 m Zwischenschichten aus hellgrau bis schwärzlichgrauen Mergeln mit Rhythmiten im mm-Bereich und reichlicher Gastropodenführung trennen das 2,20 bis 2,50 m mächtige lignitische Oberflöz als eigene Einheit von tieferen Schichtpaket. Der an sich schon hohe Kalkanteil in den Zeischenmitteln nimmt von unten nach oben deutlich zu. Im Gegensatz zum Unterflöz, das im Beckentiefsten bis 25 m Mächtigkeit erreicht, behalten die „Hangenden Lignite“, wie die Oberflöze auch bezeichnet werden, ihre 2 m Flözstärke über größere Entfernung gleichmäßig bei. Farblich scharf kontrastierend folgen unmittelbar über den „Hangenden Lignite“ weißlichgraue Mergel, im östlichen Teil des Beckens von Lava in 100 m Mächtigkeit, örtlich manchmal stark aberodiert. Ebenfalls peripher im Beckenrandbereich sind ab und zu bauwürdige Xylite als drittes, hangendes Flöz erbohrt, jedoch nicht aufgeschlossen. 20 m über dem hagenflöz entwickeln sich die Kalkmergel zu gut gebankten Kalksandsteinen von 0,06 bis 2 mm Korngröße. Die feinerkörnigen Schichten enthalten zahlreiche limnische Gastropoden und Blattlagen deren Bearbeitung noch aussteht.

Graue Grobsande und Kiese über dem Mergel – Kalksandstein haben quarteres Alter (Karageorgiou 1951) und bilden die jüngste Überdeckung im Untersuchungsgebiet.

DIE BRAUNKOHLE VON LAVA

Ausführliche Untersuchungen zu Qualität und Kohlepetrographie der benachbarten Lagerstätten von Servia und Prosilion haben schon Anastopoulos & Brousoulis (1973), Anastopoulos & Koukouzas (1983) und Antoniadis et al. (1994) unternommen. Die Ergebnisse der kohlechemische Analysen, wie nicht anders zu erwarten, liegen alle Werte, H₂O –

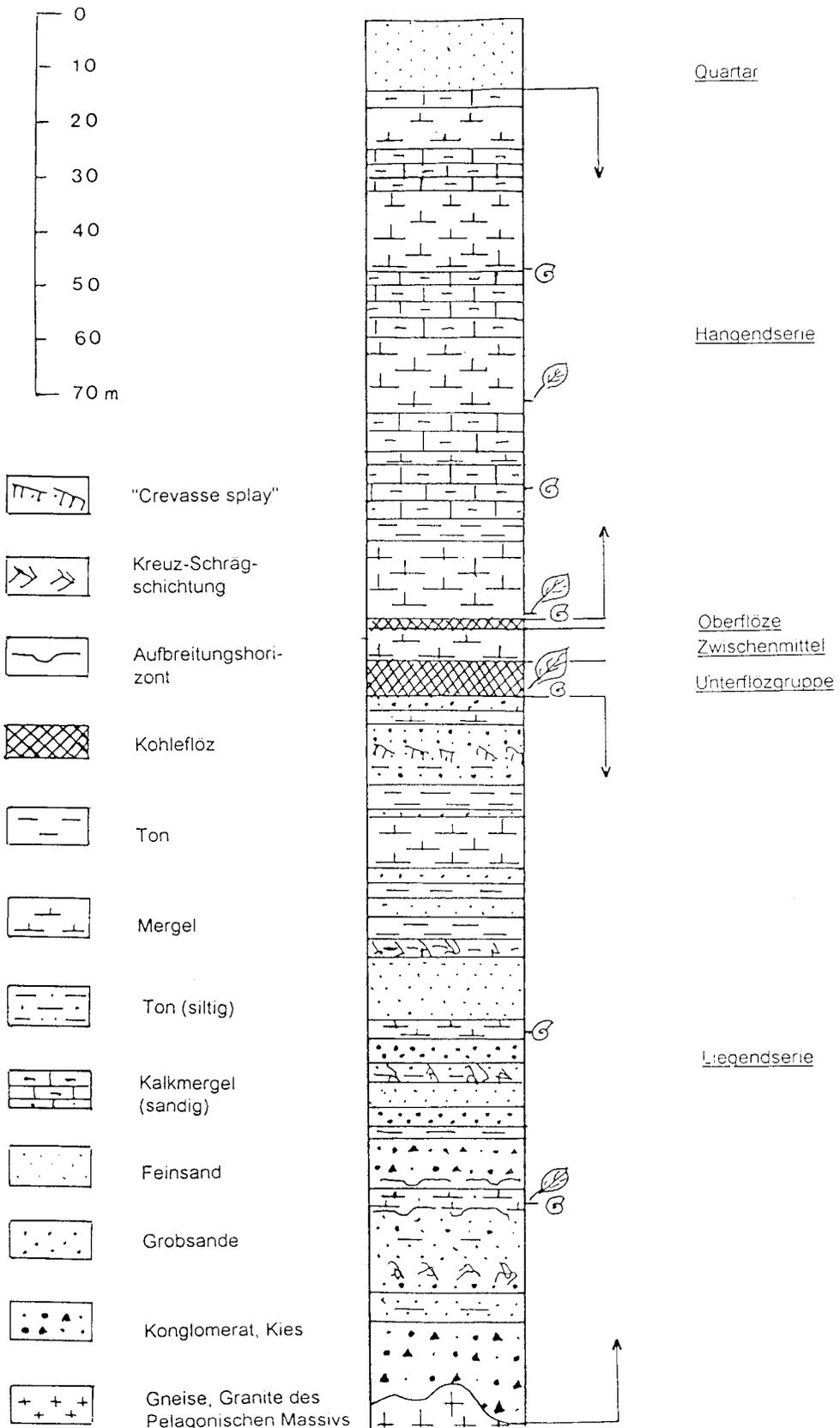


Abb. 3. Die Liegend- und Hangendserie im Becken von Lava

Gehalt, Aschewerte, Brennwerte, Gehalt an nahe bei einander. Zusammenfassend beflüchtigen Bestandteilen und Reflektivität, tragen:

H ₂ O – Gehalt	48 bis 56%
Aschewerte	15 bis 20%
flüchtige Bestandteile	51,23 bis 59,15%
Brennwerte	1800 bis 2400 kcal/kg
Reflektivität	0,34–0,36% R _M Oel
Kohlenstoffgehalt	62–64%

Den Veröffentlichungen des I.H.C.P. 1978 (International Handbook of Coal Petrography) und Stach et al. (1982) zufolge liegt der Inkohlungsgrad der Flöze von Lava im Bereich der Weichbraunkohle (Lignite) und ist somit außerordentlich niedrig. Der hohe Gehalt an flüchtigen Bestandteilen bedeutet, daß bei der Verbrennung dieser Kohle entsprechend hohe Luftverunreinigungen (z.B. SO₂, NO_x, CO, Staub) zu verzeichnen sind und die Lignite auch der niederen Brenntemperaturen wegen mit Steinkohle versetzt werden müssen, wie dies schon bei der Braunkohle des Schwandorf – Wackersdorfer Reviers praktiziert wurde.

Ausschlaggebend für den geringen Inkohlungsgrad waren: geringmächtige Sedi-
mentbedeckung, damit niedrige Temperaturen und – Drucke; verhältnismäßig kurze Inkohlungszeit; Fehlen tektonischer Beanspruchung mit Aufheizung und Druckerhöhung; Aufarbeitung von Flözen kurze Zeit nach der Ablagerung durch rasch fließende und sich eintiefende Gewässer.

KOHLEGENESE

Karageorgiou (1951), Anastopoulos und Brousoulis (1973) und Anastopoulos und Koukouzas (1983) haben bereits ausführliche kohlenpetrographische Untersuchungen an der Kohle von Servia vorgenommen. Außerdem hat Antoniadis (1979, 1992) über weitere Ergebnisse, speziell die Flöze von Lava, referiert. Der Vollständigkeit halber werden im Folgenden die Kohlelithotypen zusammengefaßt und ihre Genese vor allem nach Stach et al. (1982) erläutert.

Makroskopisch bestehen die Oberflöze von Lava (siehe Abb. 4) aus Xyliten, in der deutschsprachigen Literatur auch als „Bretterkohle“ bezeichnet, was deutliche Hinweise auf Art und Zusammensetzung der Kohle gibt. Bei einem Besuch in Lava im Jahre 1984 konnten in den Flözen gelegentlich Stubben festgestellt werden, ein Beweis dafür, daß Teile der Kohlemaßen autochthon abgelagert worden sind. Absolut überwiegen Lagen von Stamm-, Zweig- und Wurzelresten; Aufarbei-

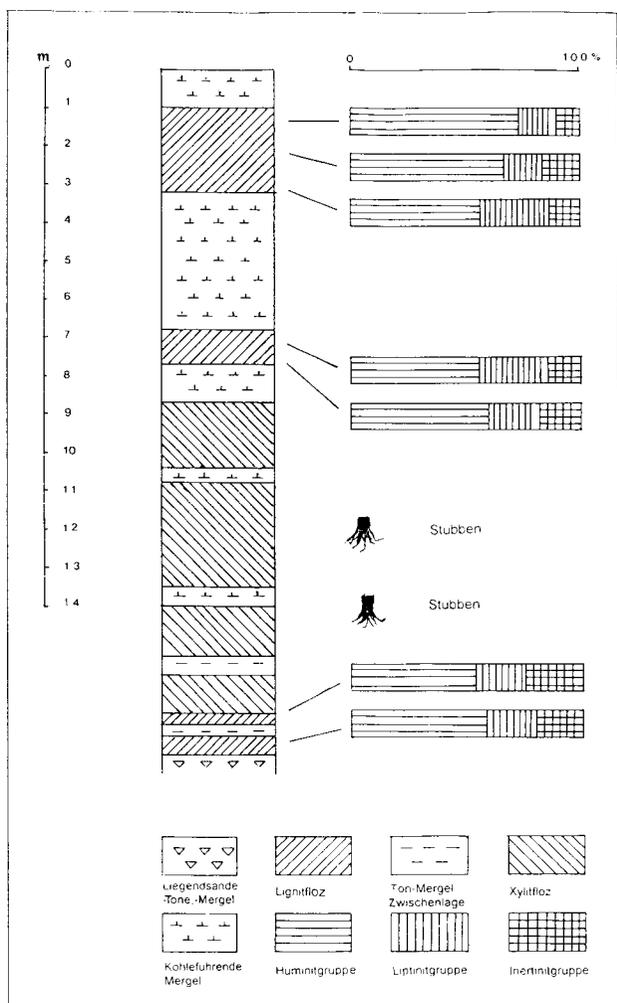


Abb. 4. Säuleprofil der lignitführenden Schichten und Position der Probenabnahme für kohlepetrographischen Zwecke

tungslagen in den Flözen und Kohlegerölle in den Flözzwischenmitteln belegen wiederholte Erosionstätigkeit noch während der Zeit der Kohlebildung.

Manchmal mit bloßen Auge schon erkennbar finden sich in den Xyliten Bänder und dünne Lagen strukturloser Kohle (Vitrit oder Streifenkohle). Aus heutigen Buschmooren (Myricaceen – Cyrillaceen – Moor) kennt man derartige lagige Anreicherungen; Succow und Jeschke (1986) erwähnen aus Sphagnummoor mit Waldbestand von Philippi in Tiefen bis zu 80 m Vitrit- und Xylitbildungen, ebenso aus dem kiefernbestandenen Moor von Padul in Südspanien, dessen Torfmächtigkeit beachtliche 200 m erreicht. Diese Mooregebiete darf man als die einzigen bekannten, größeren Kohlebildungsgebiete Europas (mehrere hundert km²) bezeichnen.

Typisch faserige, metallisch glänzende und deshalb leicht erkennbare Kohleaggregate

(„Faserkohlen“, Fusite) mit gut erhaltenen Zellstrukturen lassen sich in fast allen bekannten Braunkohlevorkommen der Welt nachweisen. Übereinstimmend führt man ihre Entstehung nach Vergleich mit heutigen Ereignissen auf Oberflächenbrände im Moor zurück, wobei Temperaturen von 500 bis 600°C erreicht werden. Durch Einwehung und Einschwemmung (einschließlich der Einwirkung schwefelsaurer Lösungen, Stach et al. (1982) reichern sich die Fusite lagen- und schichtweise an, häufig in Mächtigkeiten von 50 bis 80 cm bei einer nahezu geschlossenen horizontalen Ausdehnung von mehreren tausend Km².

Dies gilt ähnlich für gelblichgraue oder bräunliche Konkretionen, die aus den oberen Flözabschnitten geborgen wurden. Sie enthalten manchmal Samen- und Fruchtreste und sind leicht an der Luft entzündbar. Der dabei freiwerdende, aromatische Duft ist ein Hinweis auf die Konsistenz dieses „Pyropissit“ (Potonie) genannten Kohlelithotyps. Er besteht nahezu ausschließlich aus Wachsen, untergeordnet sind auch Harze an der Zusammensetzung des Pyropissits beteiligt. Nach Verwesung der Blattsubstanz lösen sich die Wachskörnchen von der Epidermis, dem Fruchtgewebe und der Rinde z.B. von *Alnus*, *Fagus*, *Rhus*, *Phragmites*, *Scirpus*, *Typha* neben anderen Arten (die genannten Gattungen sind auch in Lava vertreten) und werden im bewegten Wasser rasch angereichert. Oft begleiten Sandlagen diese hellen Wackkohlen.

An Mazeraltypen haben Anastopoulos und Brousoulis (1973), Anastopoulos und Koukouzas (1983) sowie Antoniadis et al. (1994) drei Hauptgruppen (nach Stach et al. 1982) festgestellt.

HUMINITE, LIPTINITE UND INERTODETRINITE

Die Verteilung und Häufigkeit der Mazerale ergibt sich aus dem Profil der Abb. 4.

Es dominieren Huminite mit einem Anteil von 58, 51 bis 78,71%, gefolgt von Liptiniten mit 12,5 bis 22,72%. Inertinite treten deutlich zurück (9,29 bis 18,77%), wenngleich dichtgepackte Kutikularmassen der Inertinitgruppe – gelegentlich schon makroskopisch feststellbar – beachtlich Schichtdicken im Dezimeter-Bereich erreichen können.

Innerhalb der Huminitgruppe beherrschen

Detritusmassen (Attrinit, Humodetrinit) die „Szene“. In einigen Präparaten konnte man häufig die hoch reflektierenden Gewebekonzentrationen des Textinits von Typ A und B beobachten, entsprechend der Angaben in Stach et al. (1982) ein Hinweis auf geringe Transportweiten des Materials. Mindestens partiell könnte das frühere Moor von Lava waldbedeckt gewesen sein, denn huminitartige Bildungen kommen heute in Waldmooren, Seggenrieden, Gebüschformationen bei teilweiser Wasserbedeckung. Klaus (1987) erwähnt Schilf – Seggenried – *Myrica* – und Nyssagesellschaften der Sumpfbiete Georgias, wo etwa 1,5 bis 2 m unter der Oberfläche körnige, lockere Detritusmassen mit gelegentlich identifizierbaren Pflanzenresten (Blattbruchstücke) als Anzeigen beginnender Huminitbildung anzutreffen sind. Auch sonst eignet sich dieses Gebiet gut als Vergleich für fossile Kohlebildungssträume, denn auch die Sedimente eines „swamps“ mit dem abrupten Wechsel von feinkörniger Beckensedimentation (Tone, Mergel) zu Geröllagen und Sanden einschließlich deutlich unterscheidbarer Aufarbeitungshorizonte (auch im Flöz) entsprechen genau den im Profil der Abb. 3 gezeigten Wechselfolgen Ton, Mergel, Kiese, Sandloben. Selbst ohne Belege durch Pflanzenreste beweisen Sedimente und Huminitvorkommen, daß hohe Grundwasserstände bei langdauernder, gleichmäßiger Wasserzufuhr (siehe folgendes Kapitel) im Becken von Lava vorherrschend waren.

Dies gilt in gleicher Weise für die nicht seltenen Mazerale der Liptinitgruppe, Liptodetrinit, Kutinit, Resinit und Sporinit (Otterjann et al. 1974).

Liptodetrinite, in einigen älteren Werken „Sapropelkohlen“ gannant, sind feinverteilte Verwesungsreste pflanzlicher Substanz in Form von scharfkantigen Körnchen, Splintern und fädigen Aggregaten, die nicht anderen Mazeralkruppen zugeordnet werden können (Stach et al., 1982). Von hoher Reflektivität, ähneln Liptodetrinite bis zu einem gewissen Grad den Wachs- und Harzmassen der Pyropissite, jedoch erscheinen letztere infolge der Strukturauflösung bei den Verwesungsvorgängen bei O₂-Zutritt wesentlich diffuser. Beginnende Liptodetrinitenstehung nimmt man in den heutigen Faulschlammgebieten des Wasserpflanzengürtels an, wo nach Ottenjann, Teichmüller und Wolf (1974) auch einzellige Algen einen Teil des Mazerals ausmachen kön-

nen. Die weiteren in der Oberflözkohlen von Lava nachgewiesenen Mazerale wie Kutinit, Resinit und Sporinit leiten sich wie an ihrer Bezeichnung abzulesen, von wiederum in schwach strömenden Gewässern zur Ablagerung gekommenen Blatt, Sporen und Pollen, sowie Harzmassen ab. Stach et al. (1982) und Teichmüller (1958) nennen als Bildungsraum des Terpenresinit (abgeleitet von Wachsen der Terpengruppe $C_{15}H_{24}$) die Überflutungsgebiete des *Taxodium* – *Glyptostrobus* – *Nyssa* – Swamps, in denen sich die Harzkonkretionen sammeln. Die Fettbestandteile der Pflanzenreste (Lipidresinite) hingegen sind an *Myrica* – *Rhus* – *Alnus* – *Fagus* – Buschwälder im Moor gebunden, woraus je nach prozentualem Anteil des Mazeraltyps Rückschlüsse auf die Verbreitung des ehemaligen Laubbaumvegetation gezogen werden können. In jedem Fall handelt es sich um allochthone Genese dieser Mazeraltypen. Werden aus offenen Mooren (Seggenried, Schilfgürtel) Sporen und Pollen eingeweht und eingeschwemmt, kommt es bei raschem O_2 -Abschluss zur Entstehung dünner Lagen von teilweise stark deformierten oder chemisch angelösten pflanzlichen Resten. Selbst größere Bruchstücke (z.B. von Samen) können gelegentlich eingelagert sein.

Inertinite (Bezeichnung abgeleitet von lat. „iners, -tis = träge“) nennt man Mazeraltypen, die chemisch mehr oder weniger „reaktionslos“ sein sollen. Inwieweit dies wirklich für alle Mazerale dieser Gruppe zutrifft, kann nicht Gegenstand dieser Arbeit sein. In diesem Zusammenhang ist nur von Bedeutung, daß folgende Mazerale in den Kohlen von Lava festzustellen waren: Fusinite, Inertodetrinite und Sklerotinite.

Erstere, als gut unterscheidbare, zelluläre Strukturen in hell-weißlich reflektierendem Restgewebe leicht gelblich verfärbt, zeigen oft noch interzelluläre Hohlräume mit Zellinhaltsstoffen. Durch Sedimentdruck können die Gewebelagen stark deformiert sein. Mineralfüllungen der Zel – Lumina (Pyrit) kommen vor. Allgemein überwiegen in der Kohle Fusinite, die während oder nach Oberflächenbränden von Palm- und Waldmooren in die Kohlesenken gelangt sind. Sie werden demgemäß auch „Pyrofusinite“ genannt, im Gegensatz zum Degradofusinit, der seine Entstehung der Dehydratation und Oxidation an der Torfoberfläche verdankt und in Lava nicht auftritt. Stach et al. (1982) und Klaus (1987)

ziehen zum Rezentvergleich der Pyrofusinitbildung das Gebiet des Okefenokee-Sumpfs in Georgia heran. Dort stößt man immer wieder auf verkohlte Stubben der Sumpfyzypresse, unmittelbar daneben sind im überfluteten Seggenried und Wasserpflanzenmoor enorme Aschenmassen angereichert und als Inertodetrinit – und Fusinitpartikel sedimentiert. Aber auch bei Bränden innerhalb der Mooroberfläche (bis 50 cm Tiefe), sogar tiefer als der Wasserspiegel können Pyrofusinite entstehen. Dort liefern Wurzeln der Sumpfpflanzen das Material dieses Mazeraltyps. Der weitere Transport im Moorgewässer sorgt schließlich für die Bildung der linsenartigen Fusinitkörper im Flözverband.

Sehr kleine, auffallend reflektierende, bis 30 μ m große Körnchen, bestimmt als Fragmente von Fusiniten, Pilzhypen, Sporen und Pollen, fallen in die Kategorie der Zersetzungskohle oder des Inertodetrinit. Die Genese geschieht allochthon unter Beteiligung von Bakterien, Actinomyceten, Echten Pilzen und Insekten im schwach durchbewegten Wasser; die Transportweite war somit äußerst gering. Heute liefert der Humushorizont unterhalb der Torfoberfläche in 30 bis 40 cm Tiefe derartiges Material. Wieder kommt besonders der Waldsumpf im südöstliche Nordamerika als Vergleichsgebiet in Frage (Everglades). Leichter „rekognoszierbar“ wegen der guten Bestimmbarkeit der pflanzlichen Substanz sind Sklerotinite („Pilzkohle“). Ausschließlich Hypen, Myzel, Plectenchym, Sklerotien und Teleutosporen kennzeichnen einen Mazeraltyp, der in den oberen Flözteilen von Lava anzutreffen war.

Die typischen, doppelzelligen Teleutosporen fehlen fast in keiner europäischen Braunkohle, von der jungtertiären Rheinbraunkohle bis zu den schotterüberlagerten Flözen des Hausruck in Oberösterreich. Derartige Anreicherungen dieser Pilzgewebe treffen wir in *Sphagnum*- und waldbedeckten Mooren aller geographischer Breiten an. Stach et al. (1982), Klaus (1987) und Teichmüller (1958) geben als Bildungsraum das Seggenriedmoor an, in dem außerordentliche Pilzhäufigkeiten zu verzeichnen sind.

ZEITDAUER DER KOHLEBILDUNG

Voraussetzung für Aussagen klimatologischer Art ist die Bestimmung der Zeitdauer

Tabelle 1. Zeitdauer der Kohlebildung

Autor, Verfahren	Siedimentationsrate	Bildungszeit eines Flözes	Daten für Lava Flöze von 1 bis 25 m Mächtigkeit
Heer 1865 Kohlenstoffproduktion des Waldes (Schieferkohle von Dürnten)	10 Zentner Kohlenstoff per Jahr	2400 Jahre pro Flöz von 20000 Jahre für ein Flöz von 10 m Mächtigkeit	2000 bis 50000 Jahre
Ashley 1907 Archäologisch datiertes Torfwachstum	30 cm Torf in 100 Jahren	ca. 6700 Jahre für 10 m Flöz	670 bis 16700 Jahre
Lewis 1934 Wachstum von Tropenbäumen	130 Jahre für 1 ft Kohle	ca. 390 Jahre für 3 ft Flöz	427 bis 10675 Jahre
Schwarzbach 1942, 1946 Wachstum von Sphagnumtorf Wachstum von Flachmoortorf	1 bis 2 mm pro Jahr 0,5 bis 1 mm pro Jahr	1000 bis 2000 Im Flöz: Jahre 2000 bis 4000	1000 (2000) bis max. 50000 2000 (4000) bis max. 100000
Fisk 1960 Messung von Riedmoorwachstum in den Küstenswamps von Florida	ca. 1,3 mm pro Jahr 1 mm in den swamps landeinwärts	ca. 1540 Jahre pro 1 m Flöz ca. 2000 Jahre pro 1 m Flöz	1540 bis 38500 Jahre 2000 bis 50000 Jahre
Anderson 1964 Tropisches Waldmoor auf Borneo	3 bis 4 mm pro Jahr	500 bis 670 Jahre für 1 m Flöz	500 (670) bis 12500 (16750) Jahre
Göttlich 1976, 1981 Messungen in Mooren der gemäßigten Breiten	(0,1) 0,5 bis 1,5 mm pro Jahr	1330 bis max. 20000 Jahre pro 1 m Flöz	1330 bis max. 500000 Jahre
Brookes 1985 Angaben für Deckenmoore der Grampion-Highlands	2 bis 3 cm Jahrhundert; max. bis 11 cm	910 bis 5000 Jahre pro 1 m Flöz	910 bis 22750 bzw. 5000 bis 250000 Jahre

der Kohlebildung. Schon vor mehr als 100 Jahren suchte Heer (1863) durch Berechnung der Kohlenstoffproduktion pro Jahr die Ablagerungsdauer der Flöze von Dürnten (Schieferkohle) zu bestimmen (vgl. Tab. 1). Die für unsere Braunkohle bedeutsamere Methode besteht im Messen von Sedimentationsraten in heutigen Wald- und Torfmooren, wie es, Schwarzbach (1961), Fisk (1960), Anderson (1964), Göttlich (1976) und Brookes (1985) vorgenommen haben. Dabei ist anzumerken, daß genannte Autoren die wichtigsten Torfbildungsbiotope vom (sub-) tropischen Waldmoor bis zum subarktischen deckenmoor untersucht haben. Wenn nun, wie Thomson (1956) und Stach et al. (1982) angeben, sich die Setzungsbeträge von Torf zu Weichbraunkohle zu Mattbraunkohle auf Grund des Sackungsmasses bei Stämmen wie 6.3.1 verhalten, dann entspricht einem Flöz von 1 m Mächtigkeit eine Ausgangsmasse von 2 m Torf. Je nach Meßgebiet umfaßt der Meter Flöz einen Zeitraum von 427 bis 2000 Jahren. Das von Göttlich (1976) angegebene, minimale Torfwachstum von 0,1 mm/Jahr nördlichen Breiten dürfte als Referenzwert für die nordgriechische Braunkohle deswegen zu niedrig sein, weil in subarktischen Mooren die Pflanzenproduktion deutlich geringer ist als in subtropischen Gebieten (Succ & Jeschke 1986). Der „tertiärzeitlichen Realität“ am nächsten kommen

wohl die Angaben von Fisk (1960), zumal – wie im folgenden kapitel geschildert wird – die Flora von Lava mit mehreren Gattungen und Arten in großer Individuenzahl (Samen- und Fruchtreste) das Vorhandensein swampartiger Biotope belegt. Zudem stimmen Ablagerungsgeschwindigkeiten von 1 bis 3 mm pro Jahr gut mit der Mehrzahl der angegebenen Daten überein (Tab. 1). Somit wird man wohl in der Annahme nicht fehlgehen, daß das Torfmateriale der Flöze von Lava – Servia während einer Zeit von 5000 bis 18000 Jahren für die minimale, 15000 bis 70000 Jahre für die größte Kohlemächtigkeit ohne Berücksichtigung der Kohlezwischenmittel abgelagert worden sein dürfte. Mit Brookes (1985), der in den Grampian Highlands erhebliche Unterschiede in der Sedimentationstrate gemessen hat, gilt, daß oben angegebene Zahlen als einigermassen verlässlicher Orientierungszeitrahmen angesehen werden sollten.

DER FOSSILINHALT DER KOHLE VON LAVA

Aus insgesamt 9 Horizonten der Unterflözgruppe (Abb. 5) konnten durch Schlämmen große Mengen an Charophyten, Samen, Früchten, Ostracoden, Gastropoden, Fischwirbel und Zähne sowie Säugerreste gewonnen werden. Vorliegende Arbeit behandelt die Pflanzenreste, während Gastropoden- und Säuger-

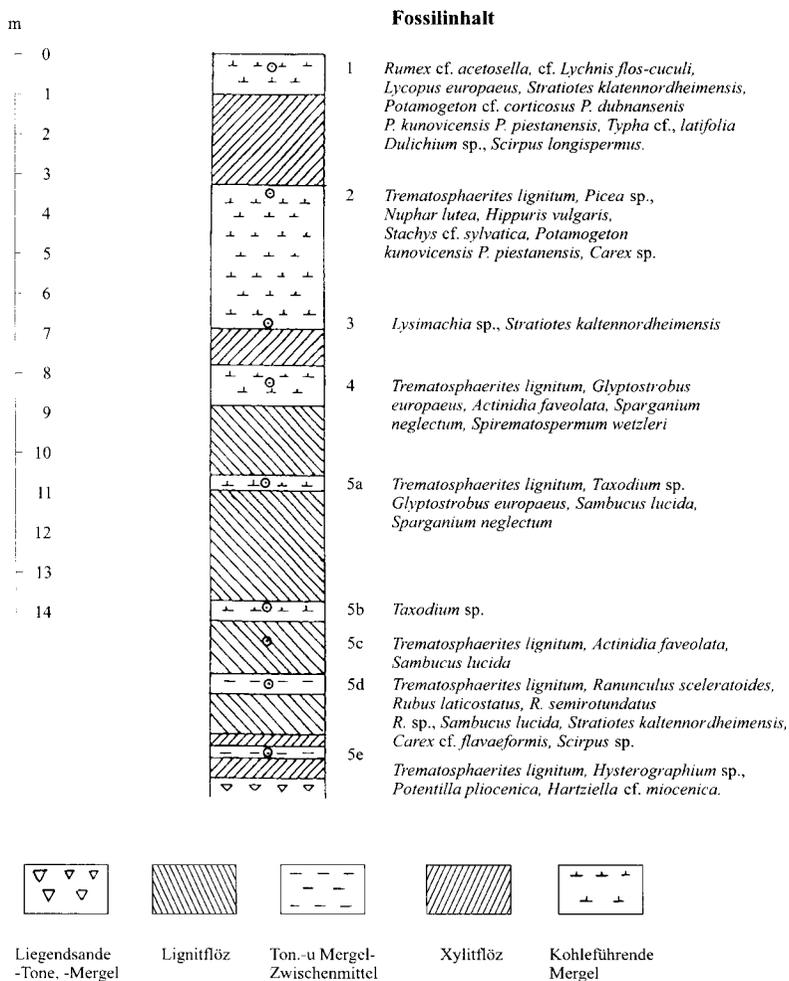


Abb. 5. Säuleprofil der lignitführenden Schichten und Position der Probenabnahme von Fossilien

funde, Ostracoden und Fischreste einer weiteren Publikation vorbehalten bleiben.

KOHLEGENESE – ZUSAMMENFASSUNG

Die Auswertung der Kohlelithotypen und Mazerale gestattet zusammenfassend folgende Feststellungen:

Der größte Teil der Kohle von Lava ist allochthon hier, nicht am Wuchsort der Kohlenpflanzen entstanden (ohne Berücksichtigung der Transportweite). Eine Ausnahme bilden die selten auftretenden Stubben in den Xyliten, die zusammen mit dichtgepackten Samen- und Blattanreicherungen in unmittelbarer Nähe autochthon zur Ablagerung gekommen sein dürften. Aufarbeitungslagen, Kohlegerölle und Sandloben von Flussbettverlagerungen zeigen an, daß immer wieder recht lebhaft Wasserbewegungen die Topographie des Ablagerungsraumes verändert haben. Die Wasserstände im Becken von Lava – Servia

waren stets hoch, offene Wasserflächen mit Tiefen bis zu mehreren Metern nahmen beträchtliche Flächen ein. Die Wasserversorgung erfolgte über lange Zeiträume hinweg bei regelmäßigen Niederschlägen mindestens um 1300 mm im Jahresmittel.

Ohne Berücksichtigung der fossilen Floren liefern die Mazerale klare Hinweise auf die Existenz von Pflanzengemeinschaften des offenen Wassers (anteilmäßig am stärksten vertreten) bis in das relativ „trockenen“, waldbestandenen Moor. Dabei kommen als heutige Kohlenbildungsgebiete nicht nur die klassischen Sumpfareale des südöstlichen Nordamerika und Südchinas in Betracht, auch Südeuropa muß wegen der rezenten Kohlebildung in Padul (Südspanien) und Philippi (Griechenland) mehr als bisher zum Vergleich mit den Kohlevorkommen herangezogen werden.

Verschiedene, namhafte Autoren, die sich mit der Zeitdauer von Kohlebildungen beschäftigt haben, geben nach Messungen 500

bis maximal 20 000 Jahre für die Entstehung von 1 m Flöz an. Für Lava gilt somit ein Mittelwert von etwa 25 000 Jahren bei einer Flözgesamtmächtigkeit von 15 m. Dies bedeutet, daß abweichend von den heutigen Verhältnissen in Nordgriechenland während geräumiger Zeit des Jungtertiärs feuchtere und wärmere Klimabedingungen vorherrschend waren.

DIE FOSSILE FLORA VON LAVA

Wie aus der Tabelle 2 (Profil von Lava mit Angabe der Fossilfunde) zu ersehen ist, wurden insgesamt 9 Proben auf Flözen, Flözzwischenmitteln und kohleführenden Tonen auf die übliche Weise geschlämmt, präpariert und untersucht. Die zahlreichen Pflanzenreste (Tab. 2) gehören zu Gattungen und Arten aus einer Vielzahl von Lebensräumen. Eine stratigraphische Zuordnung der Flora von Lava kann auf Grund des Pflanzenbestandes vorgenommen werden.

Mycophyta

Ascomycetes

Euascomycetidae, Sphaeriales,
– Sphaeriaceae

Trematosphaerites lignitum (Heer) Mesch.

Diese kugeligen Fruchtkörper von ca. 1 mm stammen von saprophytisch lebenden Schlauchpilzen. Man findet sie in nahezu allen europäischen Kohlevorkommen. Interessant bezüglich der Kohlegenese ist ihre fast ausschließliche Verbreitung in Laubwäldern (Auenwäldern).

Loculoascomycetidae, Hysteriales,
– Hysteriaceae

Hysterographium sp.

Kaffeebohnenförmiger Umriss mit Längsspalt bei einer Gesamtgröße von bis zu 2 mm kennzeichnen die Fruchtkörper der Hysteriales. Rezent haben Hysteriales als Wund- oder Schwächeparasiten auf Rinde oder Holz von Laub- und Nadelbäumen. Sie sind fossil aus sehr vielen Kohlevorkommen bekannt.

Charophyta

Characeae

Nitellopsis (Tectochara) meriani (Unger) Grambast & Soulie Marsche

Aus zwei Proben konnten die typischen Gyrogonite mit 7 bis 9 Windungen, plankonvex mit schön entwickelten Knötchen geborgen werden. Die Größe beträgt 1300 bis 1400 × 1200 bis 1240 µm. Kleinere Formen, die aber ebenfalls dieser Art angehören, messen 1100–1200 × 960–1040 µm. Die Ausdünnung zum selten vollständigen Apex ist sehr stark, ebenso die Mittelverengung des Gyrogoniten. An der leicht zugespitzten Basis liegt die Basal-pore (Durchmesser ca. 100 µm.) in einem Trichter (Durchmesser 400 bis 480 µm.). Diese Gyrogonite, die freundlicherweise M. Jean-Pierre Berger aus Fribourg bestimmt hat, spielen, wie später noch gezeigt wird, für die Stratigraphie eine wesentliche Rolle.

Spermatophyta

Gymnospermae

Coniferophytina, Coniferales, Taxodiaceae

Glyptostrobus europaeus (Brongn.) Unger

In zahlreichen Kohlevorkommen, besonders im Hausruck (dort mit Stamm- und Luftwurzeln oder „Atemknie“) muß *Glyptostrobus* als Hauptkohlebilder bezeichnet werden. Auch in Lava könnte dies der Fall gewesen sein, zumal die typischen, falcaten, scharf zugespitzten „Nadeln“ der cupressoiden Beblätterung sowie Samenreste herausgeschlämmt werden konnten. Die Hölzer aus Lava sind leider so stark inkohlt, daß eine Bestimmung als Nadel- oder Laubbaum nicht möglich war. Die heutige Form, *Glyptostrobus lineatus* (Poir.) Druce, wird entlang von Flußläufen nicht selten angepflanzt und zwar hauptsächlich in Südostchina vor allem südlich von 23,5° nördlicher Breite. Grundsätzlich sind für gute Wachsbedingungen hohe Grundwasserstände erforderlich.

Taxodium sp.

Nadelförmige Blätter, flach mit zwei Stoma-bändern (leider oft schlecht erkennbar) gestatten lediglich eine Gattungszuordnung zur

Tabelle 2. Fossilienliste mit Anzahl, Vergleichsformen, Lebensraum u. zeitliche Verbreitung

Abkürzung: Off. Ldsch. – Offene Landschaft, LMW-AW – Laubmischwald-Auenwald, SW-MG – Sumpfwald-Moorgemeinschaften, Gew.-Ufer – Gewässer-Uferregionen, Gem. Breiten – Gemäßigte Breiten

FOSSILBESTAND	ANZAHL	REZENTE VERGLEICHSFORM	LEBENSRAUM	HEUTIGE VORKOMMEN				ZEITLICHE VERBREITUNG								VERTEILUNG % bezogen auf Anzahl			
				Gen. Breiten	Mediterran Subtropen	Tropen	Eger	Ergebnburg	Ottung	Karpat	Baden	Sarmat	Pannon	Pont	Dak	Pleistozän	Off. Ldsch.	Lmw-Aw	Sw-Mg
●Trematosphaerites lignitum (Heer) Mesch.	32	Sphaeriaceae	Waldboden; auf toter Pflanzensubstanz (Saprophyt)	○			—————									9,3			
Hysterographium sp.	1	Hysterographium fraxini Bl.	Laubmischwald; Schwächeparasit auf Bäumen	○													0,3		
Glyptostrobuse uropaeus (Brongn.) Ung.	3	Glyptostrobos lineatus (Poir) Dr.	Moore, Sümpfe; z. T. in stehendem Gewässer			●	—————									0,9			
Picea sp.	1	Picea L.	Laubmischwald-Koniferenwald	○			—————									0,3			
Taxodium sp.	20	Taxodium Rich	Sumpfwald-Montanbiotop		○		—————										5,8		
●Rumex cf. acetocella L.	12	Rumex acetosella L.	Äcker, Gräben, Ufer, Wiesen, Weiden	○													3,5		
●Lychnis cf. flos-cuculi L.	39	Lychnis flos-cuculi L.	Flachmoore, Feuchte-Moorwiesen	○			—————										11,3		
Ranunculus sceleratoides Nik.	1	Ranunculus sceleratus L.	Sumpfige Biotop	○														0,3	
●Nuphar cf. luteum (L.) Sm.	18	Nuphar luteum (L.) Sm.	Stehende-langsamfließende Gewässer	○			—————											5,2	
●Actinidia faveolata Cl. & E.M. Reid	22	Actinidia arguta vel melanandra (Sieb & Zucch.) Pland.	Speizklimmer		○		—————									6,4			
●Rubus laticostatus Kirchh.	2	Rubus idaeus L.	Waldränder, Auenwälder, Heide, Schluchten	○														0,6	
●R. semirobundatus Lañc.-Šrod.	1	“ ”	“ ”	○														0,3	
R. sp.	3	“ ”	“ ”	○			—————									0,9			
Potentilla pliocenica E.M. Reid	6	Potentilla dealbata, multifida nudicaulis, sericea, verticillaris Bge.	Meist offene “Graslandbiotop”	○														1,75	
●Hippuris vulgaris L.	6	Hippuris vulgaris L.	Stehende-langsamfließende, klare Gewässer	○															1,75

Tabelle 2. Kontinuation

FOSSILBESTAND	ANZAHL	REZENTE VERGLEICHSFORM	LEBENSRAUM	HEUTIGE VORKOMMEN			ZEITLICHE VERBREITUNG										VERTEILUNG % bezogen auf Anzahl			
				Gem. Breiten	Mediterran Subtropen	Tropen	Eger	Eggenburg	Ottomány	Karpat	Baden	Sarmat	Pannon	Pont	Dak	Pleistozän	Off. Ldsch.	Lmw-Aw	Sw-Mg	Gew.-Ufer
● <i>Hartziella miocenica</i> Sz.	3	Onagraceae	Feuchte Wiesen, Moore, Gräben	○			—————													0,9
<i>Lysimachia</i> cf. <i>nummularia</i>	1	<i>Lysimachia nummularia</i> L.	Ufer, Wassergräben, Moore	○			—————												0,3	
● <i>Lycopus europaeus</i> L.	5	<i>Lycopus europaeus</i> L.	Ufer, Gräben, Erlenbruchwälder	○			—————												1,5	
<i>Stachys</i> cf. <i>sylvatica</i> L.	1	<i>Stachys sylvatica</i> L.	Gebüsche, Laubwälder	○			—————											0,3		
● <i>Sambucus lucida</i> Dor.	6	<i>Sambucus chinensis</i> Lindl.; <i>S. ebulus</i> L.	Waldränder, Auenwälder mit feuchten Stellen	○			—————											1,5		
● <i>Stratiotes kaltennordheimensis</i> (Zenk.) Keilh	79	<i>Stratiotes aloides</i> L.	Stehende-langsamfließende Gewässer	○			—————													22,9
<i>Potamogeton</i> cf. <i>corticoides</i> Nik.	1	<i>Potamogeton</i> L.	Submers-flutend in stehende-fließenden Gewässer	○			—————													0,3
<i>P. dubnanensis</i> Kn.	1	“ ”	“ ”	○			—————													0,3
<i>P. kunovicensis</i> Kn.	3	“ ”	“ ”	○			—————													0,9
<i>P. piestanensis</i> Kn.	4	“ ”	“ ”	○			—————													0,9
<i>Sparagnum</i> cf. <i>neglectum</i> Beeby	3	<i>Sparagnum neglectum</i> Beeby	Stehende nährstoffreiche Gewässer	○			—————													0,9
● <i>Typha</i> sp.	55	<i>Typha latifolia</i> L.	Stehende Gewässer, Ufer, Sümpfe	○			—————													15,9
<i>Dulichium</i> sp.	1	<i>Dulichium</i> Rich.	Teiche, Gräben, Sümpfe, feuchte Uferregion	○			—————													0,3
● <i>Scirpus longispermus</i> Dor.	11	<i>Scirpus</i> L.	Nasse Wiesen, Auenwälder, Sümpfe	○			—————													3,2
<i>Carex</i> cf. <i>flavaeformis</i> Łańc.-Środ.	2	<i>Carex flava</i> L.	Feuchtgebiete, Wiesen, Moore	○			—————												0,6	
<i>Spirematospermum wetzleri</i> (Heer) Chandl.	2	Zingiberaceae	Häufig an Kohlefazies gebunden (Feuchtbiotop)			●	—————												0,6	
				85,30	12,2	2,4	44,92% Tertiärelemente 55,08% Durchläufer										5,25	19,9	21,2	53,6
							Absolute Anzahl der Reste										Gesamtbestand bez. auf absol. Anz.			
				83,87	6,45	9,68	48,4% 51,6%										6,45	29,03	25,81	38,71
							Gattung und Arten										Gesamtbestand bez. auf Gattung u. Arten			

Sumpfyzypresse. Auch diese ist als Kohlebildner praktisch in allen europäischen Kohlelagerstätten enthalten. Ähnlich wie *Glyptostrobus* findet sie sich in den Kohlen von Lava relativ selten.

Pinaceae

Picea sp.

Die Gattung ist nur durch einen 3 mm langen dreikantigen Samen von tropfenförmigem Umriß vertreten. Die Ansatzstelle des häufigen Flügels kann noch identifiziert werden. Als „Kosmopolit“ ermöglicht *Picea* kaum wesentliche Aussagen über die Verhältnisse zur Zeit der Kohlebildung von Lava.

Angiospermae

Magnoliatae, Polygonales, – Polygonaceae

Rumex cf. *acetosella* L.

Kleine, rundliche, stumpf-dreikantige Pflanzenreste von 0,8 mm Breite und 1,0 mm Länge lassen sich am besten mit den Früchtchen des „Kleinen Sauerampfers“ vergleichen. Ein den heutigen Rumexfrüchtchen für gewöhnlich anhaftendes Perigon konnte jedoch wegen der völligen Inkohlung der Frucht nicht festgestellt werden. Heute wachsen Sauerampfergewächse vorzugsweise an trockenen Stellen wie Äckern, Wiesen oder Magerrasen. Sie besiedeln aber auch Uferränder und feuchte Gräben.

Centrospermae, Ranunculales, – Ranunculaceae

Ranunculus sceleratoides Nik.

1,1 × 0,9 mm große, flache, kreisrunde Nüßchen mit deutlich von Rand abgesetzten Querrunzeln stehen dem heute an Gewässern, Sümpfen und auf Schlammböden lebenden Giflhahnenfuß sehr nahe. Der „Kohlebiotop“ wird sich deshalb kaum von dem heutigen unterscheiden haben.

Centrospermae, Caryophyllaceae

cf. *Lychnis flos-cuculi* L.

Die Hangendmergel von Lave lieferten nicht selten sehr kleine (0,65 mm) nierenförmige bis kreisrunde Samenreste, deren Oberfläche von konzentrischen Reihen kleiner, dicht-

stehender spitzer Höckerchen bedeckt ist. Derartige Fossilien sind schon von mehreren Autoren (z.B. Kirchheimer 1957, Mai 1967, Kats 1971) den Nelkengewächsen zugeordnet worden. Aufgrund der guten Erhaltung darf ein Vergleich mit *Lychnis flos-cuculi* durchaus vorgenommen werden. Die Kuckuchsnelke lebt heute auf Feucht- und Moorwiesen sowie in Flachmooren.

Nymphaeaceae

Nuphar cf. *luteum* (L.) Smith

Glatte, eiförmige Samen von durchschnittlich 4,5 mm Länge und 3,5 mm Breite lassen sich trotz teilweise starker Deformation im Flöz wegen des rundlichen, skulptierten Deckels von 0,2 mm gut mit der Gelben Teichrose vergleichen. Ähnlich der Kohlefazies bilden stehende bis schwach fließende Gewässer mit hohem Nährstoffgehalt die günstigen Lebensräume für *Nuphar*.

Guttiferales, Actinidiaceae

Actinidia foveolata Cl. & E. M. Reid

Die länglichbirnenförmigen, von zahlreichen kleinen Grübchen bedeckten Samen (Länge 3,1 bis 3,4; Breite 2,1 bis 2,4 mm) sind häufig komprimiert, so daß Hilum und Mikropyle meist schlecht zu erkennen sind. Die regulär hexagonalen Grübchen der Oberfläche kennzeichnen selbst bruchstückhafte Reste unschwierig als *Actinidia foveolata*, die große Ähnlichkeit mit der heutigen *A. sinensis* aufweist. Als Klimmerpflanze an trockenen Standorten ist sie in Ostasien weit verbreitet.

Rosales, Rosaceae

Rubus laticostatus Kirchw.

Es handelt sich um 1,9 bis 2,1 mm lange und maximal 1,5 mm breite, auf der Rückseite fast halbkreisförmig gewölbte Samen mit gerader Bauchseite. Die Oberfläche ist mit einem Netzwerk aus rundlichen bis eckigen, häufig quadratischen Gruben bedeckt. Im vorliegenden Fall verwischen sich die Konturen leicht infolge mäßiger Abrollung. Größe, Umriß und Skulptur stimmen gut mit den schon von Kirchheimer (1957) beschriebenen Fossilien überein. Über die Verbreitung der Himbeere erübrigt sich wohl eine ausführliche Erläuterung.

Rubus semirobundatus

Lańcucka-Środoniowa

Die $1,3 \times 1,1$ mm grossen Endokarprien mit stark gewölbtem Rücken und konvexer Ventralseite zeigen äußerlich ein Netzwerk von großen und tiefen unregelmäßig angeordneten Gruben, oft langgestreckt und durch kräftige Wände voneinander getrennt. Das Leitbündel an der gut erhaltenen Ventralseite ist teilweise zu erkennen.

***Rubus* sp.**

Die flachen, abgerundeten Samen mit grubiger Oberfläche variieren außerordentlich in Größe und Umriß bei z.T. starker Abrollung. Ein Teil der aus den Kohlen von Lava geborgenen Reste läßt sich daher lediglich als *Rubus* sp. bestimmen.

***Potentilla pliocenica* E. M. Reid**

Der Umriß der Früchtchen von $1,0 \times 0,8$ mm Größe gleicht mit halbkreisförmigen Rücken und gerader bis leicht konvexer Bauchseite dem der *Rubus*-reste. Die meist glatte Oberfläche der dünnwandigen Früchte kann gelegentlich narbig ausgebildet sein. Als Pflanzen mit heute unterschiedlichsten Standorten von feucht bis trocken wird *P. pliocenica* häufig aus pannonzeitlichen Ablagerungen beschrieben.

Myrtales, Hippuridaceae

***Hippuris vulgaris* L.**

1,3 bis 1,8 mm lange und 0,8 bis 1,1 mm breite, länglich-tönnchenförmige Früchte mit der oft beschriebenen kreisrunden Funiculus-Ansatzstelle gehören nach Vergleich mit Fossilien aus dem Eem-Interglazial sicher zu dieser Gattung und Art. Der Tannenwedel wächst heute in stehenden bis langsam fließenden, kalkreiche Gewässern.

Onagraceae

***Hartziella miocenica* Szafer**

Die Braunkohlezwischenmittel von Lava „lieferten“ mehrere längliche, im Querschnitt dreieckig-rautenförmigen Samen mit glatter Oberfläche. Sie können am besten mit Samenresten von *Hartziella miocenica* verglichen werden, obwohl auch *H. rosenkjaeri* gewisse Ähnlichkeiten aufweist, jedoch in der Größe

deutlich differiert. Die Hauptverbreitung von *H. miocenica* liegt im Miozän bis Pliozän (sensu Berger et al. 1990). Pflanzen dieser Familienzugehörigkeit bevorzugen heute meist Feuchtstandorte.

Primulales, –Primulaceae

***Lysimachia nummularia* L.
vel *vulgaris* L.**

Dreikantige, unregelmäßig eirunde Samenreste mit etwas „eingefallenen“ Seiten passen trotz leichter Deformation gut zu der Beschreibung, wie sie Brouwer und Stählin (1975) von rezente 1 bis $1,4 \times 0,5$ bis $1,0$ mm messenden Samen geben. Eine mattwarzige Oberfläche ist trotz teilweise anhaftenden Gesteinsmaterials deutlich erkennbar, ebenso das an der Kante liegende Hilum. Der heutige Gilbweiderich kommt vorwiegend an feuchten Standorten – Ufer, Moore – vor, wie auch die fossilen Weideriche aus den Kohleflözen selbst geborgen wurden.

Tubiflorae, Labiatae

***Lycopus europaeus* L.**

Schmal dreieckige, 1,3 mm lange, 0,7 bis 0,8 mm breite Reste mit glatter Oberfläche besitzen an der Spitze einen deutlich erhabenen Nabel. Dies ist charakteristisch für die schon von mehreren sowjetischen Autoren aus zahlreichen tertiären und quartären Floren beschriebenen Wolfstrappgewächse, die fast immer an Feuchtstandorten (Ufer, Gräben, Moore) wachsen und sich auch gut in die Gesamtfazies der Lava-Kohlevorkommen einfügen.

***Stachys* cf. *sylvatica* L.**

Auch „Ziest-Fossilien“ sind aus jungtertiären Florengemeinschaften schon des öfteren erwähnt worden. Der vorliegende Rest aus den obersten Teilen des Hangenden Lignitflözes stimmt in seinen Merkmalen ($1,9 \times 1,5$ mm Größe), eiförmig-rundlich, sehr kleines grubchenartiges Hilum am spitzen Ende sehr gut mit der heutigen *Stachys sylvatica* überein. Andere Ziestarten unterscheiden sich durch Gesamtgröße (mehr als 2 mm) und deutlich abgesetztes und größeres Hilum. Der heutige Waldziest siedelt gern in Auenwäldern und Gebüsch in offenen Landschaften.

Dipsacales, Caprifoliaceae

Sambucus lucida Dor.

Ein von Oligozän bis ins Miozän im Paratethysraum recht häufiges Fossil ist *Sambucus lucida* Dor. Die 2 bis 3 mm langen, 1 bis 2 mm breiten, länglich-eiförmigen Samen mit stumpfer Spitze erkennt man ohne weiteres an ihren runden bis gestreckten, warzigen Höckerchen unregelmäßigen Anordnung, welche die gesamte Oberfläche des Samens bedecken. Die Reste aus der Kohle von Lava entsprechen dieser Beschreibung exakt. Heute wie zu vergangenen Zeiten findet der Holunder seine Hauptverbreitung an Waldrändern, in Auenwäldern und an feuchte Stellen und Gräben.

Monocotyledoneae

Helobiae, Hydrocharitaceae

Stratiotes kaltennordheimensis
(Zenk.) Keilhack

Als ein in ganz Europa seit den Alttertiär bis zum Pont (sensu Berger et al. 1990) verbreitetes Fossil hat *S. kaltennordheimensis* zu gelten. Es kann anhand seiner Größe (5 bis 9 mm), der knopfartig abgesetzten Basis, der dicken Sklerotesta mit ihren Höckerchen und vor allem des bei halbschaligen Erhaltung deutlich erkennbaren, der Ventralseite entlanglaufenden Leitbündelkanals leicht identifiziert werden. Dieses typische „Tertiärelement“ (Hauptvorkommen im Jungtertiär) ist verwandt mit der als Schwimmpflanze in stehenden und schwach fließenden Gewässern anzutreffenden Wasseralee.

Potamogetonaceae

Reste von Laichkrautgewächsen gehören praktisch zu jeder Feuchtfazies einschließlich der Kohlelagerstätten. Wegen der großen Ähnlichkeit der Arten untereinander führt oft nur eine statistische Analyse weiter, wie sie z.B. Knobloch (1977) bereits umfassend durchgeführt hat. Die Kohle von Lava „liefert“ folgende Arten:

Potamogeton corticosus Nikitin

2,55 × 2,0 mm messende, elliptische Samenreste; Keimklappe mit Fortsätzen; Seitenflächen leicht konvex, hier durch Deformation konkav eingedrückt; kleines rundes Foramen.

Potamogeton dubnanensis Knobloch

Die besonders während des Sarmat bis Pannons (sensu Berger et al. 1990) überaus häufige Form mißt 1,9 × 1,5 mm, hat länglich-eiförmigen Umriß mit abgerundeter Basis. Die halbkreisförmige, zugespitzte Keimklappe liegt meistens an; ein Foramen findet sich bei *P. dubnanensis* nicht. Der glatte Samenrest zeigt bikonvexen Längsschnitt.

Potamogeton kunovicensis Knobloch

Auch die kleinste Potamogetonart (1,4 × 0,9 mm) ist mit dünnen und flachen Samen von rundlich-eiförmigem Umriß in den Kohlen von Lava vertreten. Die Ventralseite ist leicht gebogen, die Dorsalseite halbkreisförmig gekrümmt. Beide Seitenwände werden von einem tropfenförmigen Foramen durchbrochen.

Potamogeton piestanensis Knobloch

Typisch sind für diese Reste (2,0 × 1,7 mm) der sinusartige Bogen der Ventral- und der Halbkreis der Dorsalseite, ferner der Kiel auf der Keimklappe sowie das sehr kleine, tropfenförmige Foramen.

Die Laichkrautgewächse leben ausnahmslos flutend bis submers in stehenden oder höchstens schwach durchströmten offenen Gewässern hohen Nährstoffgehaltes und geben daher einen guten Faziesindikator ab.

Pandanales, Sparganiaceae

Sparganium* cf. *neglectum Beedy

Spindelartig gestreckte, 3,5 mm lange, 2,1 mm breite Samen mit Längsrippen gleichen am ehesten dem von Knobloch (1981) und Mai (1965) beschriebenen *Sparganium neglectum*. Auch die große Mikropylenöffnung weist auf diese Art hin. Leider ist aber der Fossilrest doch so stark deformiert, daß eine absolute sichere Bestimmung fraglich erscheinen muß. Igelkolbengewächse, von Miozän an in Europa weit verbreitet, leben wiederum in nährstoffreichen, stehenden Gewässern.

Typhaceae

Typha sp.

Der ungünstige Erhaltungszustand erlaubt bei diesen 0,7 mm langen und 0,2 mm breiten spindelförmigen, glatten Resten lediglich eine

Bestimmung zur seit dem Oligozän bekannten Gattung Rohrkolben. Als Faziesanzeiger für offene Wasserflächen (Teiche, Sümpfe, Heide-moore) eignet sich *Typha* jedoch gut.

Cyperales, Cyperaceae

***Dulichium* sp.**

Auch in diesem Fall fehlen dem vorliegenden Rest entscheidende Merkmale zur genauen Artbestimmung, jedoch kann der länglich-lanzettförmige, fein längsgestreifte Fruchtest (2,8 X 0,9 mm) sicher der Gattung zugeordnet werden. Heute auf Nordamerika beschränkt, war *Dulichium* in Europa von Karpat bis ins Pleistozän als Pflanze der Teiche, Moore und feuchten Uferregionen ein häufiges „Element“.

***Scirpus longispermus* Dorofeev**

Längliche-dreikantige, 3,4 × 1,3 mm große, schmale Nüßchen mit lanzettförmigem Umriß stumpfem Ende (z.T. mit Brossten) an der Basis, die Spitze mit deutlicher Schulter bestimmt Dorofeev (1963) als *S. longispermus*. Die Reste aus her Kohle von Lava entsprechen dieser Beschreibung. Seit dem Oligozän sind Simsenreste in Biotopen wie Naßwiesen Auenwäldern und Sümpfen zu finden.

Carex cf. flavaeformis

Łañcucka-Środoniowa

Ein 1,5 × 0,9 mm großes scharf dreikantiges, birnenförmiges Nüßchen mit fein papillater Oberfläche und abgesetztem Schnabel. Mehr und besser erhaltenes Material hätte eine sichere Zuordnung ermöglicht. Seggenwäxse gelten seit dem Oligozän als Feuchtanzeiger (besonders Moorbiotope).

Zingiberales, –Zingiberaceae

Spirematospermum wetzleri

(Heer) Chandler

Außerordentlich weite Verbreitung im europäischen „Braunkohlentertiär“ haben flachgedrückte, bis 10 cm Länge und 3 cm Durchmesser erreichende Fruchstände mit lanzettförmigen Samen, deren kennzeichnendes Merkmal die feine, kurvige Längsstreifung ist. Nur selten birgt man sie vollständig aus dem Sediment, meist werden lediglich Bruchstücke ausgeschlämmt. Ein direkter, heutiger „Nachfahre“ zu *Spirematospermum* konnte bisher

nicht entdeckt werden, jedoch stellt Menzel (1913) *Spirematospermum* wegen der Ähnlichkeit mit großen Fruchständen zu den Ingwerwäxsen. Seit dem Paläozän ist *Spirematospermum* besonders häufig, an Kohleflöze und Tone gebunden, ein Hinweis auf seine Bedeutung als Feuchtigkeitsindikator.

AUSWERTUNG

Die insgesamt 31 Gattungen und Arten mit ihren rezenten Vergleichsformen verteilen sich auf Lebensraum, Klimabreiten und Zeit wie folgt:

Bezogen auf Gattungen und Arten kommen 6,45% der „Kohlepflanzen“ von Lava in offenen Landschaften (Wiesenflächen, feuchtbetonte Graslandschaften) vor, 29,03% entstammen dem Lebensbereich „flußbegleitender Auenwald“ oder „Mixed mesophytic Forest“ sensu Wang (1961), 25,81% der Gattungen und Arten sind heute noch in Sumpfwäldern und Moorgebieten zu finden, während der größte Anteil, nämlich 38,71% auf Gewässer und Uferregionen bezogen ist. Selbst die stark von Zufall (Fundumstände) abhängige absolute Anzahl der pflanzlichen Reste bestätigt, nach ihrer Vorkommen in Aufschlüssen mit 5,25, 19,9, 21,2 und 53,65%, den oben angegebenen Anteilstrend.

In den Ablagerungen von Lava dominiert die Wasserpflanzengesellschaft von Laichkrautgürtel (*Potamogeton*) über Schwimmblattpflanzenzone (*Nuphar* – *Nymphaea*), Röhricht (*Dulichium*, *Scirpus*, *Typha*) bis zum Seggenried (*Carex*). Sumpfwald mit der heute nicht mehr existenten Gemeinschaft von *Taxodium* und *Glyptostrobus* schließt sich an, immer wieder unterbrochen von offenen Moorflächen (Nieder- und Hochmoor) mit *Lychnis* und *Ranunculus*. Auen- und Laubmischwald werden in der Hauptsache von Überresten des ehemaligen Unterwuchses und der Gebüscherepräsentiert, nicht selten trifft man auf Bruchstücke saprophytisch lebender Pilze, wie sie auf feuchtem Fallholz anzutreffen sind.

Da in offenen Landschaften erosive Tätigkeit vorherrscht, bleiben Reste aus diesen Biotopen fast immer selten. Pflanzengeographisch wachsen die meisten der vergleichbaren heutigen Verwandten (Anteil 83,87%) in gemäßigten Breiten, 9,68%, sind in den Tropen angesiedelt, wobei unter „Tropen“ das Gebiet zwischen den Wendekreisen von 23,5° Nord bzw.

Süd einschließlich der Hochgebirge mit ihren z.T. ausgesprochen gemäßigten Pflanzengemeinschaften verstanden wird und die Einschränkung gemacht werden muß, daß es etwa für *Spirematospermum* kein rezentes Gattungsäquivalent gibt und lediglich die Zuordnung zu den Ingwergewächsen diese Pflanze als „tropisches Element“ ausweist. Die 6,45% „subtropischen Elemente“ gehen zurück auf einen Kohlebildner in Lava, der Sumpfpfzypresse (*Taxodium*) sowie *Actinidia foveolata*, einem Spreizklimmer, mit einem Hauptverbreitungsgebiet in südlichen Sumpf- und Laubmischwaldzonen. Freilich können beide Pflanzen durchaus gemäßigte Breiten allerdings in geringerer Individuenzahl besiedeln.

KLIMATISCHE VERHÄLTNISSE

Klimatische oder gar „ökologische Bedingungen“ müssen mit großer Vorsicht betrachtet werden und zwar aus folgenden Gründen:

1) Unvollständigkeit der Überlieferung.

Unterschiedlich Materialproduktion der Pflanzen, „Einbettungsselektion“ (besonders in Kohlebiotopen!), unterschiedliche Erhaltungsfähigkeit (vgl. Kohlemazerale), ausserdem stets wechselnde Bergemöglichkeiten liefern immer nur Ausschnitte der ursprünglichen Pflanzengemeinschaft.

2) Begrenzte Möglichkeit des Rezentvergleichs.

Heutige Verbreitungsgebiete identifizierbarer Reste sind oft Reliktareale; in den seltensten Fällen stimmt das Fossil mit der Rezentpflanze überein. Infolge zahlreicher Eingriffe durch den Menschen reduziert sich der Vergleich auf wenige Rückzugsgebiete tertiärer Floren.

3) Geologisch – topographische Veränderungen.

Orogene Phasen mit Umverteilung der Wassermassen (Trans, – Regressionen), schließlich Glazialzeiten haben die ursprünglichen Biotope völlig verändert und auch die Evolution bestimmter Pflanzengemeinschaften in andere Bahnen laufen lassen. Beispielsweise gibt es heute keinen *Taxodium-Glyptostrobus*-Sumpfwald mehr.

Trotz dieser Einschränkungen ist es aber möglich, zu Ergebnissen zu kommen, die mit großer Wahrscheinlichkeit ein Bild zur Zeit der Lavakohle zuverlässig darstellen: Schon unter Berücksichtigung der kohlepetrographi-

schon Ergebnisse sind für das Gebiet um Lava hohe Grundwasserspiegel und – selbst bei Annahme allochthoner Kohlebildung – hohe Produktion an Biomasse über längere Zeiträume hinweg erwiesen. Es müßte auch bei topogen bedingtem Moorwaldwachstum eine gleichmäßige Wasserzufuhr sichergestellt sein, was bedeutet, daß auch im überregionalen Bereich ausgesprochen humide Klimabedingungen geherrscht haben müssen. Die Untersuchung der Kohlebildner der Lavaflöze (*Glyptostrobus*, *Taxodium*) gestattet eine weitere Differenzierung. Von *Taxodium* „beherrschte“ Sumpfwälder wachsen heute in sehr südlichen Breiten (Florida, Geogria) und zeigen außer den oben angegebenen Merkmalen wie hohe Grundwasser – und Überflutungsspiegel, hohen Niederschlägen und Temperaturen auch noch Kohlemazerale in der Entstehung begriffen (z.B. Wackskohle siehe vorhergehende Kapitel). Die Vergleichsgebiete für *Glyptostrobus* in den „swampy Lowlands“ der „Evergreen broad – leaved Forest Formation“ (Wang 1961) in Südchina stimmen mit den „swamps“ der USA gut überein, so daß Werte zu rahmen für die Bildungsbedingungen zur Zeit der Kohle von Lava abgeben können. Mindestens 1200 mm Jahresmittelniederschlägen 14 bis 15° mittlere Jahrestemperatur.

STRATIGRAPHIE

Obwohl Pflanzengesellschaften auf topographische und klimatische Veränderungen langsamer reagieren als die Tierwelt und damit nur ein gröberes Zeitraster in den tertiären Sedimenten anzulegen erlaubt, sind die festgestellten Pflanzenreste doch von einigem Wert für die stratigraphische Einstufung.

Es fällt auf, dass 14 Gattungen und Arten nur noch bis in das Pont (sensu Berger et al. 1990) vorkommen (siehe Tab. 2). Bei Berücksichtigung des Auftretens dieser Gattungen in anderen europäischen Fundstellen ist ein Häufigkeitsschwerpunkt besonders um den Zeitraum Sarmat – Pannon (Berger et al. 1990) festzustellen. Dorofeev (1988), Nikitin (1965), Knobloch (1975) um nur einige Autoren zu nennen – führen zahlreiche Fundpunkte von Westeuropa über das Don- bis zum Altdanengebiet in Westsibirien miozänen bis pliozänen Alters mit nahezu identischer Pflanzenzusammensetzung (siehe Tab. 2) an. Ähnliches

gilt für die Pflanzenvorkommen des Hausruck, die Rieber z. Z. bearbeitet. Deutliche Hinweise auf ein Alter der Lavakohle von Pannon geben die Vorkommen des Laichkrauts, von Knobloch (1977) ausführlich bearbeitet. Von seinen Arten finden wir *Potamogeton dubnanensis*, *P. kunovicensis* und *P. piestanensis* in den Kohlen von Lava, alle Arten sind zusammen mit der Südrussischen *P. corticosus* (Nikitin 1957) auf den Zeitraum des Unter- bis Mittelpannons beschränkt. Auch *Carex flavaeformis*, besonders häufig im Zeitbereich Sarmat-Pannon, stützt eine Einstufung der Kohle von Lava etwa in das Pannon.

Schließlich hat Dr. Jean-Pierre Berger freundlicherweise die dem obersten Horizont von Lava (siehe Profile!) entnommenen Gyrogonite von Charophyten bestimmt. Sie gehören alle zur Gruppe um *Nitellopsis (Tectochara) meriani* (Ung.) Grambast & Soulie Marsche., bekannt aus Sedimenten des Oligo- bis Miozäns. Besonders interessant erscheint die Tatsache, das die drei stratigraphisch wichtigen Arten dieser Gruppe – *Nitellopsis (Tectochara) meriani* (Ung.) Grambast & Soulie Marsche, *N. (T.) globula* (Maedl.) Grambast & Soulie Marsche und *N. (T.) huangi* (Lu.) Grambast & Soulie Marsche zwischen Mittel- und Obermiozän (sensu Berger et al. 1990) „verschwanden“, ein deutlicher Hinweis auf die zeitliche Obergrenze der Kohlebildung im Raum Lava, sind.

PROBOSCIDENTFUND IM OBERFLÖZ DER HANGENDSERIE VON LAVA

Nach Antoniadis (1992) wurde im Oberflöz der Hangendserie von Lava der Zahnrest eines Probosciden entdeckt, dem eine gewisse stratigraphische Bedeutung zukommt. Es handelt sich um einen Molaren (M₃) von *Tetralophodon longirostris* Kaup. Ein Abguß dieses Stückes befindet sich nach Angaben von Antoniadis in der Bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und Historische Geologie in München.

Neueste Daten zur Säugetierstratigraphie liefern die Einzelarbeiten aus „European Neogene Mammal Chronology“, herausgegeben von Fahlbusch et al. (1989). Hier erwähnt Mein (S. 73 ff., Tab. 1), Mitautor der Säugerzonenstratigraphie (in Fahlbusch et al. 1989) ein Erstauftreten von *Tetralophodon longirostris* ab Zone MN 9. Die jüngsten Vorkommen dieses Probosciden verzeichnet man noch in

der Säugerzone 12, was für Süddeutschland der Zeit des Pannons, im Mediterranraum dem Torton im neuen Sinn entspricht. Eine präzisere Einordnung des Flözes von Lava wäre mit weiteren Säugerfunden möglich; bisher ist aber leider kein derartiger Fund im Untersuchungsgebiet mehr gemacht worden. Somit liefert die Paläobotanik die Mehrzahl der Hinweise auf die zeitliche Stellung der Kohle von Lava.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchung der Kohle von Lava hat zusammenfassend ergeben.

Die ermittelten Pflanzengemeinschaften von Lava gehören überwiegend zu Feuchtfloren, wie man sie aus zahlreichen Fundstellen, z.B. des Hausruck, gerade pannonzeitlichen Alters kennt.

Zusammen mit den Ergebnissen der Kohlepetrographie (Kohlemazerale) weisen sie auf ausgesprochen humide Klimabedingungen mit mehr als 1200 mm Jahresniederschlag bei noch hohen Temperaturen um 14° C ebenfalls im Jahresdurchschnitt hin.

Einige Gattungen und Arten haben eine so eng begrenzte stratigraphische Reichweite bzw. enden im Obermiozän, daß damit ein klarer Hinweis auf die Bildungszeit der Kohleflöze gegeben ist.

Die oben angegebene wohltemperierten Verhältnisse dürften für den Raum der genannten Kohlebecken auf jeden Fall über 10 000 Jahre ohne wesentliche Veränderung vorgeherrscht haben.

LITERATUR VERZEICHNIS

- ANASTOPOULOS J. & KOUKOUZAS K. 1972. Economic geology of the Southern part of the Ptolemais Lignite Basin (Makedonia, Greece). Geol. Geophys. Res., 16: 1–189.
- ANASTOPOULOS J. & BROUSOULIS I. 1973. Das Lignitführende Becken von Kozani-Servia, lagerstättenkundliche Erforschung. I.G.M.E., Report No 1, Athen.
- ANASTOPOULOS J. & KOUKOUZAS K. 1983. Das lignitführende Becken von Prosilion-Trigonikon (Kozani). I.G.E.Y. Rep. No 43, Athen.
- ANDERSON J. A. R. 1964. The structure and development of the peat swamps of Sarawak and Brunei. Journal of Tropical Geography, 18: 1–16.
- ANTONIADIS P. A. 1979. Kurzer Bericht über das

- Lignitvorkommen von Lava (Kozani). Archiv LARCO AG, Athen.
- ANTONIADIS P. A. 1985. Über die Lignitführung des südlichen Teils des Prosilion-Trigonikon-Beckens (Kozani). *Min. Met. Ann.*, 60: 13–24.
- ANTONIADIS P. A. 1992. Über das Lignitvorkommen von Lava (Kozani): Struktur, Bau und Paläogeographie nach sedimentologischen Aspekten. *Min. Met. Ann.* 2: 87–106.
- ANTONIADIS P. A., BLICKWEDE H. & KAOURAS G. 1994. Polleninhalt und petrographischer Aufbau des Flözabschnittes (36,0–51,0 m) eine Tiefbohrung der obermiozänen Braunkohle von Lava bei Kozani NW-Griechenland. *Mineral Wealth*, 91: 7–17.
- ASHLEY D. 1907. Archäologisch datiertes Torfwachstum. In: *Scottish Peat Committee, Second Report*, Edinburgh (1962), 1–222.
- AUBOUIN J. 1957. Sur la Geologie de la bordure Meridionale de la plaine de Trikala. *Ann. Geol. des P. Hellen.*, 8: 1–12.
- BERGER J.-P., ENGESSER B., BARBIN V., BOLIGER Z., KELLER B. & WEIDMANN M. 1990. Correlative Chart of the European Oligocene & Miocene. *Publ. Inst. Geol. Univ., Fribourg*.
- BÖGER H. 1983. Statigraphische und tektonische Verknüpfungen kontinentaler Sedimente des Neogens im Ägäis-Raum. *Geol., Stuttgart*. 72: 771–813.
- BROOKES M. 1985. Subsidence of the North Aegean through an alternative view, by M. Brooks and L. Kiriakidis, Belfast 1986. *Journal of the Geological Society*, 143: 23–27.
- BROUWER W. & STÄHLIN A. 1975. *Handbuch der Samenkunde*. DLG-Verlag, Frankfurt.
- BRUNN J. H. 1956. Contribution a l'etude geologique du Pinde septentrional et d'une partie de la Macedonie occidentale. *Ann. Geol. Pays Hellen.*, 7: 1–358.
- DOROFEEV, P. I., 1963. Über die tertiären Pflanzen Kasachstans. *ANSSSR Bot. J. Moskau-Leningrad*, 48: 171–181
- DOROFEEV P. I. 1988. Miozäne Floren des Gebietes von Tamov. *Nauka. Leningrad*.
- FAHLBUSCH V., LINDSAY E. H. & MEIN P. 1989. European Neogene Mammal Chronology. *NATO ASI Series Ser. A. Life Sciences*, 180: 1–658.
- FISK H. N. 1960. Recent Mississippi river sedimentation and peat accumulation. *C. R. 4, Congr. Internat. Strat. Geol. Carbonifere 1, Maastricht*.
- GÖTTLICH K. J. (Hrsg.) 1976. *Moor- und Torfkunde*. 1. Aufl. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart.
- GÖTTLICH K. J. (Hrsg.) 1981. *Moor und Torfkunde*, 2. Aufl. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart.
- GREGOR H.-J. 1982. Die jungtertiären Floren Süddeutschlands. *Enke-Verlag, Stuttgart*.
- GREGOR H.-J. 1983. A Miocene fruit- and seedflora from the browncoal of Aliveri (Island of Evia, Greece). *Doc. Nat., München*, 6: 1–26.
- GREGOR H.-J. & VELITZELOS E. 1984. Preliminary comparisons of Neogene floras in the Mediterranean (Spain, France, Italy, Turkey and especially Greece) with those of Paratethys areas. *Rapp. Comm. Int. Medit., Monaco* 29: 1–2.
- HEER O. 1863. On the fossil flora of Bovey Tracey. *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, 152: 1039–1086.
- HEER O. 1865. *Die Umwelt der Schweiz*. 1. Aufl., Zürich.
- I.H.C.P. 1971. *International handbook of coal petrology*. Edition 1971, Paris.
- KARAGEORGIU E. 1951. Die lignitführenden Becken von Kozani, Servia, Sarantaporos und Ellassona. *Geol. Erk. Rep.*, 11: 1–9.
- KATS N. J. 1971. *Moore der Erde*. Nauka, Moskwa, (russisch).
- KLAUS W. 1987. *Einführung in die Paläobotanik* Band 1 & 2. Deuticke-Verlag, Wien.
- KIRCHHEIMER F. 1957. *Die Laubgewächse der Braunkohlezeit*. Veb. Wilhelm Knapp Verlag, Haale (Saale).
- KNOBLOCH E. 1975. Paläobotanische Daten zur Entwicklung des Klimas im Neogen des zentralen Paratethys und der angrenzenden Gebiete. *Rep. Vith Congr. Reg. Comm. Medit. Neogene Stratigr., Bratislava*, 387–390.
- KNOBLOCH E. 1977. Fossile Potamogetonfunde aus dem tschechoslowakischen Jungtertiär und Altquartär. *Čas. Pro Min. Geol. Prag.*, 29–42.
- KNOBLOCH E. 1981. Megasporen Samen und Früchte aus dem österreichischen Tertiär. *Vestn. Ustr. Ust. Geol., Praha*, 56(2): 87–97.
- LANG R. 1921. *Bildungszeiten der Braunkohlenflöze*. Braunkohle 20. Halle.
- LEWIS B. 1934. Wachstum von Tropenbäumen. In: *Scottish Peat Committee, Second Report*, Edinburgh (1962): 1–222.
- MAI D. H. 1965. Eine pliozäne Flora von Kranichfeld in Thüringen. *Abh. Zentr. Geol. Inst.*, 1: 37–64
- MAI D. H. 1967. Die Florenzonen der Florenwechsel und die Vorstellungen über den Klimaablauf der Deutschen Demokratischen Republik. *Abh. Zentr. Geol. Inst.*, 10: 55–81.
- MENZEL P. 1913. Beitrag zur Flora der Niederrheinischen Braunkohlenformation. *Jb. K. Preuss. Geol. Landesanst.*, 34, (1): 1–98.
- NIKITIN P. A. 1965. Die Samenflora aus den quartären Ablagerungen der westsibirischen Niederungen. *ANSSSR, Sibirische Abteilung, Inst. f. Geologie u. Geophysik. Die Grundprobleme zur Erforschung des Quartärs*, 328–341, Nauka, Moskau.
- OTTENJANN K., TEICHMÜLLER M. & WOLF M., 1974. Spektrale Fluoreszenz-Messungen an Sporiniten mit Auflicht-Anregung, eine mikroskopische Methode zur Bestimmung des Inkohlungsgrades gering Inkohlter Kohlen. *Fortchr. Geol. Rheinland Westf.*, 24: 1–36.
- POTONIE R., 1924. *Einführung in die allgemeine Kohlenpetrographie*. Bornträger-Verlag, Berlin.
- SCHWARZBACH M. 1942. „Wachstum von Sphag-

- numtorf" in Schwarzbach M. (1949): Die Sedimentationsrate mächtiger Braunkohlenflöze. „Braunkohle“, 3/4: 57–59.
- SCHWARZBACH M. 1946: "Wachstum von Tropenbäumen". in Schwarzbach M. (1974). Das Klima der Vorzeit. Enke-Verlag, Stuttgart.
- SCHWARZBACH M. 1974. Das Klima der Vorzeit. Enke-Verlag, Stuttgart.
- STACH E., TAYLOR G. H., MACKOWSKY M.-TH., GHANDRA D., TEICHMÜLLER M., & TEICHMÜLLER R., (TRANSLATION BY MURCHISON D. G., TAYLOR G. H., & ZIERKE, F), 1982. Stachs textbook of coal petrology. Gebrüder Bornträger, Stuttgart.
- STOPES M. C. 1919. On the four visible ingredients in banded bituminous coals. Proc. R. Soc., 90B: 470–487.
- SUCCOW M. & JESCHKE L. 1986. Moore in der Landschaft. Urania Verlag, Leipzig.
- TEICHMÜLLER M. 1958. Rekonstruktion verschiedener Moortypen des Hauptflözes der niederrheinischen Braunkohle. Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., 2: 599–612.
- TEICHMÜLLER M. 1961. Beobachtungen bei einem Torfbrand. Geol. Jb., 78 Hannover.
- THOMSON P. W. 1956. Die Braunkohlenmoore des jüngeren Tertiärs und ihre Ablagerungen. Geol. Rdsch., 45: 62–70.
- VELITZELOS E. & SCHNEIDER H. E. 1979. Jungtertiäre Pflanzenfunde aus dem Becken von Vegora in West-Mazedonien. 3. Mitteilung: Eine Fächerpalme (*Chamaerops humilis* L.). Ann. Geol. Pays Hellen., 29: 796–799.
- VELITZELOS E., PETRESCU I. & SYMEONIDIS N. 1981. Tertiäre Pflanzenreste aus des Ägäis. Die Makroflora der Insel Lesbos (Griechenland). Ann. Geol. Pays Hellen., 30: 500–514.
- WANG C. W. 1961. The Forests of China. Maria Moors Cabot Foundation Publ. Ser. No 5, Cambr./Mass.
- WHITE D. 1913. Climates of coal forming periods. In: White C.D. & Theissen R. (eds). The origin of coal. U.S. Bureau of Mines Bulletin, 38: 68–79.
- WHITE D. 1925. Environmental conditions of deposition of coal. American Institute of Mining and Metallurgical Engineers transactions, 71: 3–34.