

GEOLOGISCH-PALÄOBOTANISCHE UNTERSUCHUNG DER MIOZÄNEN BRAUN- KOHLEN BEI FASTERHOLT IN JÜTLAND, DÄNEMARK

Ein vorläufige Mitteilung aus der Phytopaläontologischen Abteilung
des Geologischen Institutes, Aarhus Universität

B. ESKE KOCH UND WALTER L. FRIEDRICH

KOCH, B. E. & FRIEDRICH, W. L.: Geologisch-Paläobotanische Untersuchung der miozänen Braunkohlen bei Fasterholt in Jütland, Dänemark. *Bull. geol. Soc. Denmark*, vol. 20, pp. 169–191. Copenhagen, November, 13th, 1970.

In 1968 the authors began to investigate the browncoal pits of the Soeby-area south of Herning, Jutland. Suitable conditions for the study of a browncoal-building environment were found in the mine of Carl Nielsen Ltd. at Fasterholt: Systematical collection of geological information, palynological samples and a large quantity of small fruits and seeds was possible along the wide front of the browncoal mining pit.

A preliminary view over the records of profiles of the pit shows primary structures which give information about the position of the pit in relation to the sedimentary basin in question: It seems to be lateral. At the end of the browncoal sedimentation a separation in smaller basins seems indicated.

The evolution of the filling of the basin, presumably during discontinuous sinking, seems recorded by the rhythm of the sedimentary sequence.

The study of facies furnishes good clues for lacustrine to fluvial environment. Support comes from the sedimentary sequence as well as from the fossil flora.

The fossil fruit and seed dominants derive from both swamp dwellers (*Taxodium*, *Glyptostrobus*, *Aracistrobus*, *Stratiotes*, *Nyssa*) and genera which prefer less moist conditions (*Sequoia*, *Pinus*, *Pterocarya*, *Carya*). The preservation of the fossil fruits and seeds is normally excellent, even fungal attack has not yet been observed. 51 genera all being dominants have been determined. The total number of species is estimated to about 150.

The generic determinations show an obvious dominance of Arcto-Tertiary genera (in the sense of Mai, 1967) supporting the Miocene age (younger Miocene). The detailed study of the fossil flora must be done before further evaluation of the stratigraphic problems can be made. Hence, the cited representation by Rasmussen (1966), demonstrated in fig. 2, is not affected by our preliminary study.

The sequence shows secondary structures. Two SE-NW trending shallow synclines with small reverse faults along the flanks have been observed and mapped. The uppermost Tertiary sands are affected by this deformation, that proves older than the overlying Quaternary, glaciofluviatile sands. The Quaternary sands are separated from the Tertiary by a disconformity involving wind deflation. The Quaternary rests on a beautiful pavement of wind faceted stones and pebbles.

Die Verfasser begannen 1968 eine geologisch-paläobotanische Untersuchung des Braunkohlen-Gebietes bei Søby-Fasterholt in Jütland. Besonders günstig für eine palökologische Untersuchung erwies sich hierbei der Tagebau der Firma A/S Carl Nielsen bei Fasterholt, da hier ein größeres paläontologisches Beobachtungsmaterial gesammelt werden konnte. Wir fanden eine große Anzahl gut erhaltener Früchte, Samen und Blätter. Die vorläufige Untersuchung der systematisch aufgenommenen Profile und Proben läßt eine rhythmische Sedimentationsfolge erkennen. Die untersuchte Braunkohleserie liegt im lateralen Bereich eines Sedimentationsbeckens, dessen Zentrum in westlicher Richtung zu suchen ist. Das obere Braunkohlenflöz wurde in einem kleineren Teilbecken abgelagert. Eine marine Beeinflussung der Schichtenfolge konnte nicht festgestellt werden. Viele Kriterien weisen auf einen mehrmaligen Wechsel von lakustrischen zu fluviatilen Ablagerungsbedingungen hin.

Eine vorläufige Bestimmung der Fossilfunde ergibt 51 Genera; die Artenanzahl schätzen wir auf ca. 150. Die bereits erkennbare Dominanz des arktotertiären Elementes in der Zusammensetzung der Flora weist auf ein miozänes Alter der Braunkohlen hin.

Einführung

Die Verfasser haben 1968 eine orientierende Untersuchung der Braunkohlenvorkommen zwischen Fasterholt und Kølkær im Søby-Gebiet südlich von Herning durchgeführt. 1968 waren dort drei Tagebaue in Betrieb: A/S Carl Nielsen's Tagebau bei Fasterholt und zwei Tagebaue der Firma A/S Hoffmann & Sønner bei Søbylund und Kølkær; außerdem ein kleinerer Tagebau in Klynholt bei Fasterholtgaard (Abb. 1).

Die Einsammlungen des Jahres 1968 lieferten eine große Anzahl fossiler Früchte und Samen sowie einzelne Funde von Blättern und Hölzern. Wir fanden den Tagebau der Firma A/S Carl Nielsen für eine palökologische Analyse besonders gut geeignet.

Dank einer finanziellen Unterstützung durch den Forschungsrat konnte im Frühjahr 1969 eine systematische Aufsammlung von Pflanzenfossilien, Pollen- und Sedimentproben begonnen werden. Profile wurden ebenfalls systematisch mit Fortschreiten der Abbaufrent aufgenommen.

Die erste paläobotanische Untersuchung der Braunkohle in Jütland wurde

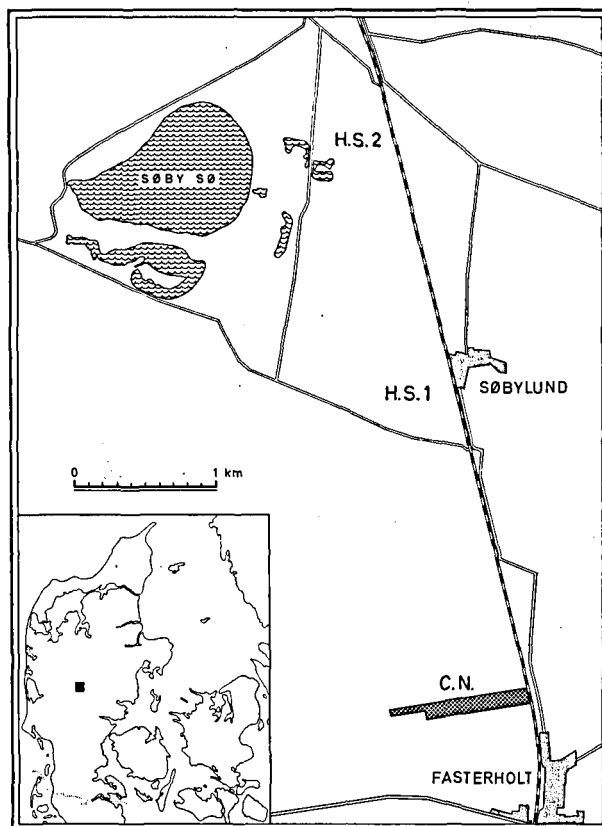


Abb. 1. Lage der drei Tagebaue der Firmen A/S Carl Nielsen (C. N.) und A/S Hoffmann & Sønner (H. S. 1 und H. S. 2) bei Fasterholt, Dänemark.

von Hartz (1909) durchgeführt. Sie basierte auf wenigen Aufschlüssen und Bohrungen. Eine kurze Revision einiger von Hartz beschriebener Früchte und Samen bringt Kirchheimer (1938).

Der steigende Verbrauch an Braunkohle während des ersten Weltkrieges vergrößerte die Anzahl der Aufschlüsse. Die älteren Fundstellen sind in der Beschreibung des Kartenblattes Brande durch V. Milthers (1939) sowie in einer Untersuchung der Tertiärflora aus Moselund bei Engesvang, Silkeborg, durch Mathiesen (1965) angegeben. Von der Fundstelle Moselund sind bisher die Pteridophyta und Gymnospermae bearbeitet (Mathiesen 1965 und 1970).

Während und nach dem zweiten Weltkrieg wurden umfassende Braunkohlenbohrungen unter Leitung von »Danmarks Geologiske Undersøgelse« durchgeführt. Gleichzeitig boten die zahlreichen Tagebaue Möglichkeit zur direkten Untersuchung. Ein umfassendes Beobachtungsmaterial wurde gesammelt. Die Leitung der Untersuchungen hatte K. Milthers. Nach seinem

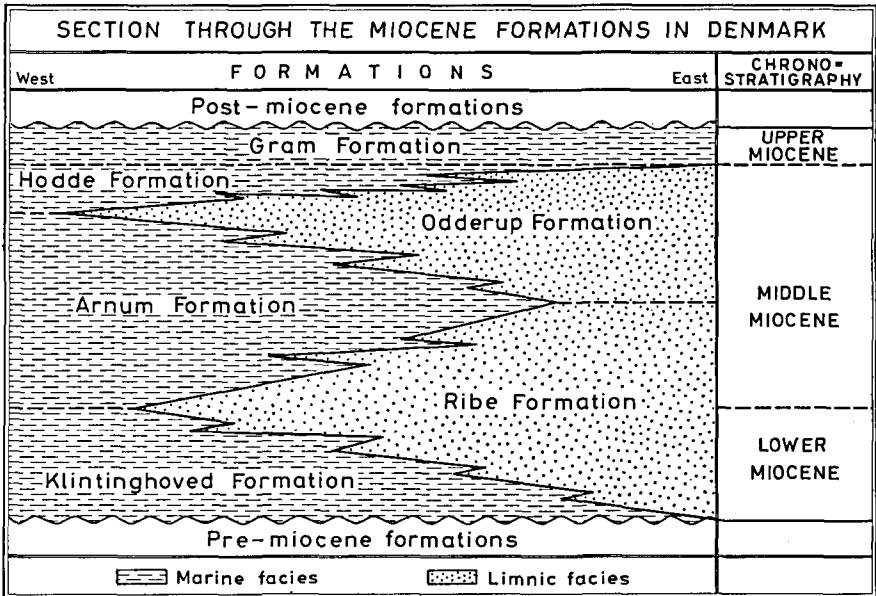


Abb. 2. Schematischer Schnitt durch das Miozän Jütlands. Aus Rasmussen (1966, Fig. 1).

Tode im Jahre 1960 wurden sie von Heller fortgesetzt. Aus dieser Untersuchungsperiode liegen Veröffentlichungen von K. Milthers (1941, 1942, 1943, 1944, 1949) und Heller (1961 a, b) vor. Ein umfassendes paläobotanisch-geologisches Beobachtungsmaterial wurde von Ingwersen gesammelt, wovon ein Teil bereits publiziert vorliegt (Ingwersen, 1949 und 1954). Einen vermutlich neogenen *Pinus* - Zapfen aus einem erratischen Sandsteinblock von West-Jütland beschreibt Koch (1959).

Über die marinen Schichten des westdänischen Neogens und deren Fauna liegen eine Reihe Publikationen vor (z. B. Nørregaard, 1916 b; Sorgenfrei, 1940, 1958; Rasmussen, 1961, 1966 u. 1968). Hierzu ist auch die Beschreibung des Blattes Brande zu rechnen (V. Milthers, 1939). Auf Grund dieser Untersuchungen kommt Rasmussen (1966) zu der in Abb. 2 dargestellten Auffassung über die faziellen und stratigraphischen Verhältnisse im Miozän Jütlands. Die von uns untersuchte Schichtenfolge des Søby-Fasterholt-Gebietes gehört vermutlich der »Odderup formation« an, die in das obere Mitelmiozän gestellt wird. Während die obengenannten, paläontologischen Arbeiten hauptsächlich biostratigraphische Ziele haben, planen die Verfasser eine detaillierte Untersuchung eines begrenzten Gebietes, nämlich den Tagebau der Firma A/S Carl Nielsen genau zu studieren. Die Untersuchung befaßt sich mit der Entstehungsfrage der jütländischen Braunkohle. Eine palökologische Aussage wird angestrebt. Sie soll auf einer quantitativen

Analyse eines großen Fossilmaterials sowie auf pollenanalytischen und kohlenpetrographischen Untersuchungen basieren.

In der vorliegenden, vorläufigen Veröffentlichung wird ein Teil des Beobachtungsmaterials unserer Geländearbeit aus den Jahren 1968 und 1969 vorgelegt.

Beschreibung der Fundstellen

Aus Abb. 1 ist die geographische Lage der erwähnten Tagebaue ersichtlich.

Es handelt sich um längliche Gruben, deren Längsachsen in E-W Richtung verlaufen. Sie sind 500–1000 m lang, 60–100 m breit und ca. 30 m tief.

Südlicher Tagebau der Firma Hoffmann & Sønner bei Søbylund (H. S. 1)

Technische Daten

Im Jahre 1968 hatte die Grube eine Länge von ca. 500 m. Sie wurde im Herbst des gleichen Jahres verkürzt und im Mai 1969 stillgelegt. Wir führten nur sporadische Untersuchungen der Schichtenfolge durch. Fossilien wurden in diesem Tagebau nicht gefunden. Das Profil trägt jedoch zur Schicht-Korrelation zwischen dem Tagebau der Firmen A/S C. Nielsen und dem nördlichen von A/S Hoffmann & Sønner bei.

Profilbeschreibung

- ca. 11 m Deckschichten: quartärer und tertiärer Sand
 - ca. 1 m Xylit, schwarz
 - ca. 1 m Grobsand, bräunlich mit dunklen Schlieren
 - 1 m Ton, zum Liegenden hin in Kohle übergehend
 - 2 m Braunkohle
 - 0,5 m Sand, hell
 - 0,5 m Ton, grau-schwarz
 - 1,5 m Ton
 - 2 m Braunkohle, braun, homogen
- Liegendes: Ton

Nördlicher Tagebau der Firma Hoffmann & Sønner bei Søbylund (H. S. 2)

Technische Daten

Der Tagebau war bis zum 1. August 1969 in Betrieb. Er war rechteckig, im Jahre 1968 ca. 500 m lang und erstreckte sich in E-W Richtung.

Profilbeschreibung

- ca.10 m Quartärsand
 - 1–3 m Tertiärsand (1 m Sand, braun mit Schlieren aus Silt und Ton)
 - 4 m heller tertiärer Quarzsand in einer schräggeschichteten Bank
 - 1,3 m xylotische Braunkohle, schwarz, sehr holzreich, in einer spröden schwarzen Matrix
 - 1,4 m Sand, braun mit Glimmer. Zum Liegenden hin in braunen lamellierte Silt übergehend
 - 1,9–2,2 m Braunkohle, dicht, homogen
 - ca.2,5 m Ton, glimmerhaltig mit fossilen Blättern
- Liegendes nicht aufgeschlossen.

Im östlichen Teil des Tagebaues wurde unter dem oben beschriebenen Profil im Sommer 1968 bei einer tieferen Grabung ein drittes Braunkohlenflöz angetroffen. Gleichzeitig konnte man damals eine fossilreiche Partie in einem glimmerhaltigen Ton feststellen. Es wurden hier Blätter von verschiedenen Angiospermen-Arten gesammelt. Aus der gleichen Schicht wurden später auch im westlichen Teil des Tagebaues Fossilien gefunden. Eine Korrelation dieser fossilführenden Schicht ist mit Hilfe des Profiles im südlichen Tagebau von A/S Hoffmann & Sønner (H. S. 1), ergänzt mit Braunkohlenbohrungen von Danmarks Geologiske Undersøgelse, bis in den Tagebau der Firma A/S Carl Nielsen bei Fasterholt möglich.

Das obere Kohlenflöz läßt sich vom Tagebau A/S Carl Nielsen bis in das Gebiet westlich von Søby Sø verfolgen. Es variiert in der Mächtigkeit nur wenig und wird überlagert von tertiären und quartären Sanden. Unter dem oberen Flöz folgen klastische Mittel, mittlere Braunkohle, klastische Mittel- besonders Ton- sowie das untere Flöz. Abgesehen von einer geringen Variation in Mächtigkeit und Fazies stimmen die Flöze und ihre klastischen Mittel in den drei Tagebauen überein.

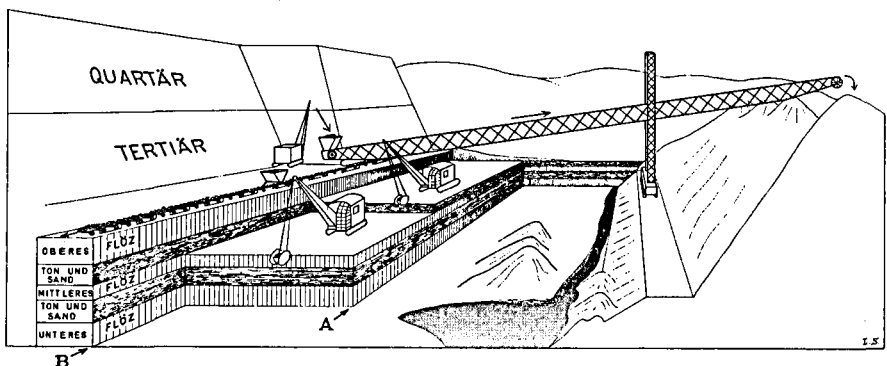


Abb. 3. Schematische Darstellung der Fördertechnik sowie Bezeichnung der untersuchten Längsprofile (A – B). Tagebau der Firma A/S Carl Nielsen, Fasterholt.

Tagebau der Firma A/S Carl Nielsen (C. N.), Fasterholt

Technische Daten

Der Tagebau hat eine rechteckige Form, wobei die Längsachse in E-W Richtung verläuft. 1968 war er ca. 1 km lang und ca. 90 m breit. Im Sommer 1969 wurde er auf 750 m verkürzt. Die Kohleförderung wird mittels Transportbänder und Bagger durchgeführt. Durch diese Fördertechnik werden in regelmässigen Zeitabschnitten immer wieder neue Profilwände zugänglich, die fortlaufend aufgenommen werden (Abb. 3).

Die Profillinie A wurde im Sommer 1968 freigelegt, das Gebiet zwischen B und E wurde im Winter 1968–69 abgegraben. Aus dem letztgenannten Gebiet konnten wegen der starken Vereisung der Profilwände weder Proben entnommen noch Fossilien eingesammelt werden.

Da die beiden Tagebaue der Firma A/S Hoffmann & Sønner im Laufe des Jahres 1969 stillgelegt wurden, befaßt sich die weitere Untersuchung überwiegend mit dem Tagebau der Firma A/S Carl Nielsen bei Fasterholt.

Profilbeschreibung (siehe Tabelle 1).

Geologie

Primäre Strukturen

Wie aus den beiden Profilen in Tabelle 1 (Ost und West) sowie aus dem Blockbild (Abb. 4) hervorgeht, sind im westlichen Teil des Tagebaues drei Braunkohlenflöze im Abbau. Die Lagerung der Flöze und ihrer Begleitschichten ist leicht wellig. Deshalb kann das untere Flöz entwässerungstechnischen Gründen nur in einer kurzen Erstreckung abgebaut werden.

Das Idealprofil (Tabelle 1) basiert auf den Profilen A – F, die in den Jahren 1968–69 aufgenommen wurden. Es lassen sich daraus Schlüsse auf die Variation der einzelnen Schichten sowie deren Ablagerungsraum ziehen.

Betrachtet man die sandigen und tonigen Mittel zwischen dem obersten und mittleren Kohleflöz (Abb. 4), so zeigt sich deutlich, daß die sandigen Schichten nach Westen auskeilen und die tonigen nach Westen zunehmen.

Aus dieser Beobachtung kann man schließen, daß die Einschüttung dieser Sedimente aus östlicher Richtung erfolgte. Diese Auffassung wird auch durch die Feststellung gestützt, daß die Schrägschichtung in den oben genannten, sandigen Schichten stets nach Westen geneigt ist. Demnach befand sich in diesem stratigraphischen Niveau der Rand des lokalen Sedimentationsbeckens im Osten und dessen Mitte westlich des Tagebaues. Auch andere Kriterien stützen diese Annahme. So ist der Xylithorizont über dem mittleren Braunkohlenflöz mit seinen zahlreichen horizontalliegenden Baumstämmen im östlichen Teil des Tagebaues 0,7 m mächtig, während seine Mächtigkeit

Tabelle 1. Profilbeschreibung, Tagebau der Firma A/S Carl Nielsen, Fæsterholt

Mächtigkeit (m)	Bezeichnung	Fossilinhalt	Bemerkungen	Alter
E	W			
0,8	Flugsand: Podsol, braun			Postglazial
0,05	Löß			Würm
1	Sand und Kies, rostfarben		Kryoturbaionshorizont	
12	Sand und Kies, rostfarben	Anhäufungen von Braunkohleröllern (mit Zapfen) in einzelnen Linsen	Kreuzgeschichtete in Linsen, glaziofluviatil	Quartär
0,1	Windkanterlage		Steinpflaster aus meist faustgroßen Windkantern	
DISKORDANZ				
ca. 10	ca. Sand und Feinkies, hellgrau, überwiegend Quarz	verkiebelte Fragmente ordovizischer Fossilien (Korallen, Brachiopoden)	tafelige Schrägschichtung, fluviatil	Neogen
1,8	1,8 Braunkohle, dunkelbraun, fest, homogen, dicht, Detrituskohle		limnisch, auf Spaltflächen Überzüge von Glimmer	
0,2	0,2 Feinsand, braun, glimmerhaltig, mit schwarzen Kohle-Detritus-Lamellen			
0,7	1,2 Ton, grau, sand- und glimmerhaltig	vereinzelt Blätter, Stengel und Früchte führend	limnisch; nach W dicker werdend	
0,5	0,02 Quarzsand, fast weiß, feinkörnig, mit dunklen bituminösen Schlieren aus Feinsand-Silt	sehr gut erhaltene Früchte, Samen, Stengel und Zapfen, keine Fossilien im Westen	fluviatil; nach W auskeilend, Schrägschichtung nach W einfallend, Fossilführung nur in einer ca. 20 m langen Zone des Längsprofils	

0,4	0,2	Feinsand, dunkelbraun, schlecht sortiert, bituminös	Früchte, Samen, Stengel und Zapfen im Osten; keine Funde im Westen	nach Westen hin auskeilend Braunfärbung sekundär von humosen Bestandteilen (Grundwasereinfluß?)	
0,7	0,2	Braunkohle, schwarzbraun, überwiegend Xylit, Grundmasse schwarz, amorph, gagatartig mit muscheligen Bruch	flachgedrückte Baumstämme horizontal liegend, oft mehrere Meter lang	allochthon, geringmächtiger im Westen	
1,2	2,0	Braunkohle, dunkelbraun, fest, dicht, homogen, Detrituskohle	auf Spaltflächen einzelne Pflanzenreste, meist Stengel	im Westen ist das obere halbe Meter Dy-artig. Im oberen Teil der Braunkohle Überzüge von Glimmer auf Spaltflächen, limnisch	Miozän
Lie-	0,8	Feinsand, braun, mit Glimmer und schwarzen Lamellen von Kohledetritus			
gendes					
nicht					
aufge-					
schlos-					
sen					
	0,8	Ton, grau, glimmerhaltig		zum Liegenden in Silt übergehend	
	0,3	Sand, hellgrau			
	0,3	Braunkohle, dunkelbraun mit Sandlinsen	In Profil F von braunem Dy mit Wurzeln ersetzt	Wurzelhorizont in Dy	
	0,5-0,05	Feinsand, hell mit dunklen Schlieren			
	1,2	Braunkohle, rot-dunkel-braun, fest, dicht	reich an Holzstücken		
	0,5	Sand, dunkel, stark kohlehaltig	viel Holzstücke, vereinzelt Stubben	allochthon	
	0,3	Sand, hellgrau mit Wurzelhorizont	Gewebe feiner Wurzeln, vereinzelt Stubben	Sand, autochthon Schrägschichtung nach NE einfallend	
			Liegendes (heller Quarzsand)		

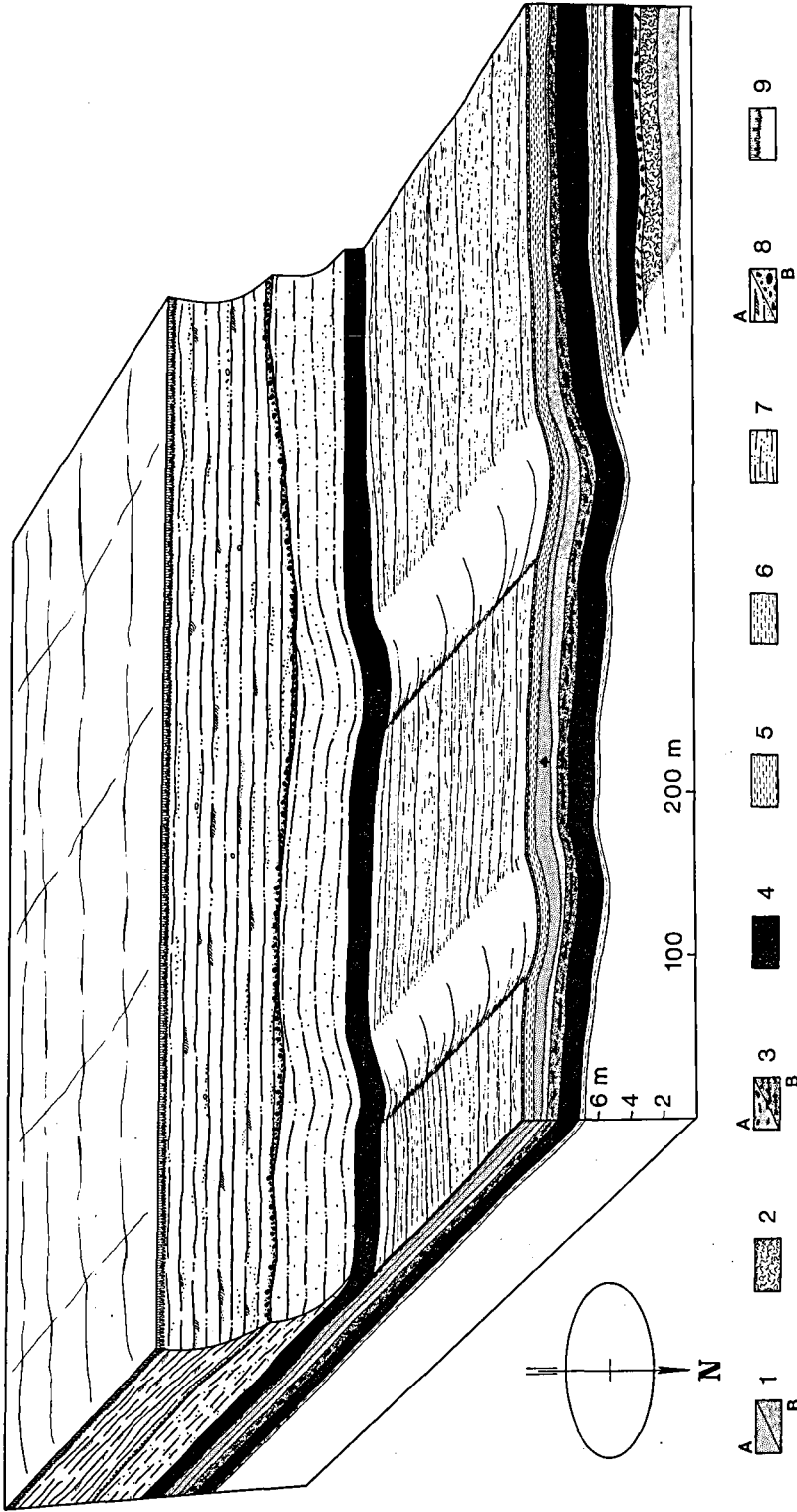


Abb. 4. Blockbild des Tagesbaues der Firma A/S Carl Nielsen, Fæstherholt. Zeichenerklärung: 1. Feinsand (A. hell, B. dunkel). 2. Wurzelboden. 3. Xylit (A. in Sand, B. in Kohle). 4. Braunkohle. 5. Ton. 6. Silt und Feinsand. 7. Tertiärsand. 8. Quartär (A. Sand und Kies, B. Windkanterlage). 9. Podsol und Kryoturbationshorizont.

im Westen nur noch 0,2 m beträgt. Umgekehrt verhält es sich mit der Detrituskohle des mittleren Flözes, die in Profil E von einer Mächtigkeit von 1,2 m im Osten auf 2,0 m im Westen steigt.

Generell haben wir im östlichen Teil des Tagebaues größere Mächtigkeiten der sandigen und groben, allochthonen Bestandteile (Treibhölzer), während im westlichen Teil die tonigen Sedimente und die feintexturierte, allochthone Detrituskohle an Mächtigkeit zunehmen. Dies spricht dafür, daß die Ablagerungsbedingungen im westlichen Abschnitt ruhiger waren als im östlichen. Das obere Braunkohlenflöz ist im östlichen und westlichen



Abb. 5. Tagebau der Firma A/S Carl Nielsen, Fæstervold, Blickrichtung nach SE. Die Deckschichten aus quartären (Q) und tertiären Sanden (T) sowie das obere Braunkohlenflöz (B) sind erkennbar. In der Mitte des Bildes sieht man die östliche Mulde; rechts die Fossilfundstelle (F).

Ende des Tagebaues 1,8 m mächtig, während es westlich der Mitte 2,5 m erreicht. Es liegt hier eine kleinere Struktur vor als in den darunterliegenden Flözen. Offenbar entstanden bei Abschluß der Sedimentation der Braunkohlenserie kleinere Teilbecken.

Fazies

Bei einer Bohrung bei Fasterholt plantage, nur 4 km vom Untersuchungsgebiet entfernt, traf man in einer Tiefe von 16–21 m Schichten an, die vermutlich einer marinen Serie (»Hodde formation«) – Rasmussen (1966) – angehören (Abb. 2). Es lag daher nahe, nach Kriterien einer eventuellen, marinen Beeinflussung der Braunkohlenschichten im Untersuchungsgebiet zu suchen. Wir fanden jedoch nur Hinweise auf fluviatil-lakustrine Faziesverhältnisse. Es fehlen marine Fossilien sowie angebohrte Hölzer (*Teredo*), obwohl Treibhölzer in großer Zahl im Xylit-Horizont über dem mittleren Flöz gefunden wurden.

Um jedoch weitere Anzeichen für oder gegen eine marine Beeinflussung der Schichtenfolge zu erbringen, wurden Proben zur Bestimmung des Ca/Mg-Verhältnisses analysiert. Die Ergebnisse dieser, mit Erfolg von Werner (1958) für eine Schichtenserie in der Niederrheinischen Bucht angewandten Methode, geben uns keine Hinweise auf eine marine Beeinflussung des tertiären Deckgebirges.

Der tertiäre Sand und Feinkies über der Braunkohle besteht fast ausschließlich aus Quarz. Er zeigt hauptsächlich tafelige Schrägschichtung. Sande dieser Art könnten fluviatiler Herkunft sein, aber auch im litoralen oder neritischen Bereich entstanden sein. Es fehlen aber Fossilien, die auf eventuelle Ablagerung im marinen Bereich hinweisen. Die schlechte Sortierung der Sandkörner, die zudem relativ kantig sind, spricht eher für fluviatilen Transport. Man findet verkieselte, blaugraue Fossilien, (Korallen, Crinoiden und Brachiopoden) die stark abgerollt sind und vereinzelt kleine, entkalkte Fragmente von Bryozoenkalk sowie kleine Gerölle von Dan-Feuerstein und Schreibkreide.

Prof. N. Spjeldnæs, Aarhus, bestimmte freundlicherweise einige dieser verkieselten Fossilien:

Korallen: 1 Fragment einer heliolithiden Koralle

Bryozoen:

Diplotrypa petropolitana Nich.

Mesotrypa sp.

Dianulites cf. *fastigatus* Eichw.

Hallopora sp.

Nematotrypa sp.

ceramoporoiden Form

Es handelt sich um Formen, die ins mittlere bis obere Ordovizium, eventuell auch ins u. Silur zu stellen sind. Das Material ist typisch baltisch und gleicht dem, welches man vom Grund der Ostsee kennt.

Nach der heutigen Kenntnis über die Paläogeographie im Miozän, deuten diese stark abgerollten Verkieselungen auf einen Transport aus östlicher Richtung hin. In diesem Zusammenhang ist es bemerkenswert, daß diese Sande in den Profilen E bis F, hauptsächlich nach Osten einfallende Schrägschichtung zeigen. Diese offenbar widersprüchliche Beobachtung läßt sich jedoch deuten, wenn man annimmt, daß die tertiären Sande über der Braunkohle als Flußablagerungen in einem Delta entstanden sind.

Anzeichen für lakustrisch -fluviale Bedingungen eines Deltas lassen sich in allen kohleführenden Schichten des Untersuchungsgebietes feststellen. Für lakustrische Bedingungen spricht der allochthone Charakter des oberen und mittleren Flözes. Auch ein braunes Dy-Gyttjen-artiges Sediment mit durchgehendem Wurzelhorizont zwischen diesen Flözen bestätigt diese Feststellung. Für fluviale Episoden sprechen die eingeschalteten, schrägschichteten sandigen Mittel.

Unter dem untersten Flöz beobachtet man eine meterdicke Sandschicht mit einem dichten Wurzelnetz und zahlreichen Baumwurzeln, die bis 25 cm Durchmesser erreichen (Abb. 6). Das Gebiet muß also vor Ablagerung des

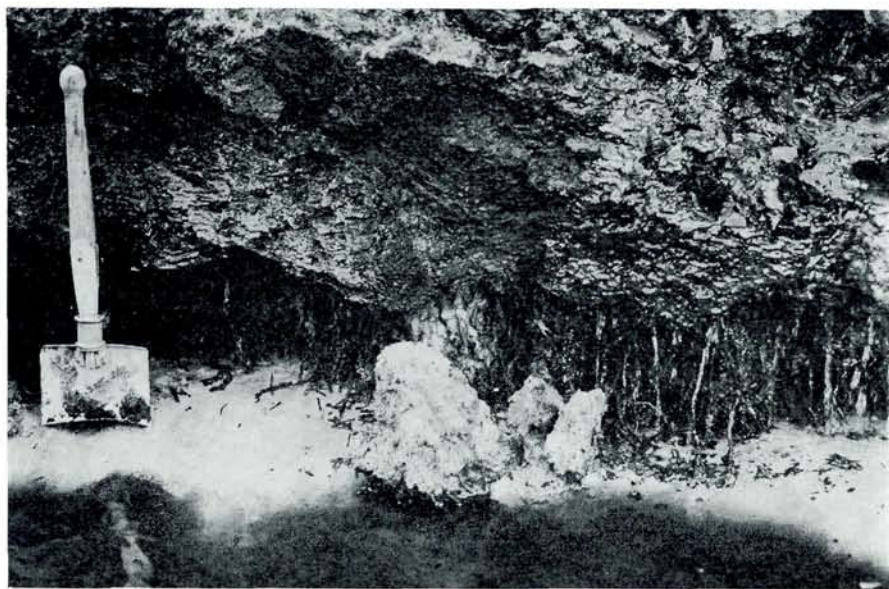


Abb. 6. Wurzelhorizont im Liegendsand des untersten Braunkohlen-flözes; freigespült in einem Entwässerungsgraben. Der Spaten ist etwa 60 cm lang. Tagebau der Firma A/S Carl Nielsen, Fæsterholt.

darüberfolgenden Kohleflözes zeitweilig ganz oder teilweise trocken gelegen haben.

Ein Teil der Fossilien ist ganz ausgezeichnet erhalten. So findet man z. B. Früchte und Zapfen, die noch die Samen enthalten. Bei einigen *Paliurus*-Früchten sind sogar die Flügel noch bewahrt. Befall durch Pilze konnte bei keinem der bisherigen Präparate festgestellt werden. Dies spricht für einen kurzen fluviatilen Transport und schließt eine äolische Ablagerung dieses Sandes aus. Eine gattungsmäßige Bestimmung der Funde ergibt, daß hier Pflanzen aus feuchteren Standorten (z. B. *Nyssa*, *Taxodium*, *Glyptostrobus*, *Aracistrobus* und *Stratiotes*) und solche von trockeneren (*Sequoia*, *Pinus*, *Pterocarya* und *Carya*) zusammengeschwemmt wurden.

Einen Reihe Kriterien weist somit auf lakustrin-fluviatile Ablagerungs-



Abb. 7. Kleine Verwerfungen im fossilführenden, hellen Feinsand zwischen dem oberen und mittleren Braunkohlenflöz. Tagebau der Firma A/S Carl Nielsen, Fæsterholt.

bedingungen der Braunkohlenschichten im Untersuchungsgebiet hin. Sehr wahrscheinlich entstanden sie in einem Deltagebiet in der Nähe der Küste.

Eine Voraussetzung für die Entstehung und Erhaltung von Kohle ist unter anderem die Absenkung des Ablagerungsraumes. Bei der Analyse der Pflanzengemeinschaften in der Braunkohlenserie der Niederrheinischen Bucht fand Teichmüller (1958) Kriterien für schnellere und langsamere Absenkung des Untergrundes. So deutete sie Stubbenhorizonte als Hinweis auf ruckartige, Waldmoorkohlen auf langsame, aber stetige und Riedmoorkohlen auf schnelle Absenkung. Absenkungen im küstennahen Bereich stehen bekanntlich in Wechselwirkung mit Oszillationen der Küstenlinie. Rasmussen (1966), deutet in seinem Schema an (Abb. 2), daß die Küstenlinie Jütlands im Miozän Schwankungen unterworfen war. Sicherlich haben sie sich auf den Ablagerungsraum des Untersuchungsgebietes ausgewirkt. Es wird eine interessante Aufgabe sein, den augenfälligen Wechsel in unseren Profilen von ruhigeren (Ton, Torf) und unruhigeren Ablagerungsbedingungen (Sand, Treibhölzer) unter diesen Aspekten zu untersuchen.

Sekundäre Strukturen

Die tertiären Schichten im Tagebau Carl Nielsen sind ursprünglich horizontal abgelagert worden. Die Profile zeigen jedoch deutliche, sekundäre Strukturen. Aus dem Blockbild (Abb. 4 u. 5) sind zwei Mulden in der Schichtenfolge ersichtlich. Es handelt sich um zwei schmale Synklinale, die in SE-NW Richtung verlaufen. Beim Vorrücken der Abbaufont konnte man beobachten, daß sie nach SE schmaler wurden und allmählich abflachten.

In den sandigen Schichten zwischen dem oberen und dem mittleren Braunkohleflöz sind kleine, reverse Verwerfungen an den Flanken der Mulden sichtbar (Abb. 7). Sie durchziehen auch den tertiären, fluviatilen Sand über den Braunkohlen. An der W-Flanke der westlich gelegenen Mulde konnte man im Sommer 1969 eine mit 45° W geneigte Verwerfung beobachten, die den fluviatilen Sand um 0,5–1 m versetzte. Da die Mulden sich unter die Sohle des Tagebaus fortsetzen, ließ sich das Verhalten der einzelnen Schichten in den selben nur aus den aufgeschlossenen Flanken rekonstruieren. Dagegen kann man im tertiären Sand über der Braunkohle den Verlauf der Schichten in den Mulden studieren. Man findet hier keine Anzeichen dafür, daß sie prä- oder syngenetisch, z. B. als Flußbett, angelegt wurden. Unsere Beobachtungen zeigen vielmehr, daß sie epigenetischer Art sind.

Die Entstehung der Mulden kann auf verschiedene Faktoren zurückgeführt werden. Die unterschiedliche Setzung der Schichten im Untergrund könnte eine Ursache sein, eine andere die Auflast des Eises in den Prä-Würm-Eiszeiten. Die Achsen der beiden Mulden verlaufen in gleicher Richtung wie



Abb. 8. Kleine überkippte Falte im Tertiärsand im Hangenden der Kohleserie, aufgeschlossen an der Ostflanke der westlich gelegenen Mulde. Die Diskordanz zu den darüberliegenden, glaziofluviatilen Sanden ist durch die Pfeile gekennzeichnet. Unter dem Podsol (P) ist ein Kryoturbationshorizont (K) erkennbar. Tagebau der Firma A/S Carl Nielsen, Fæstherholt.

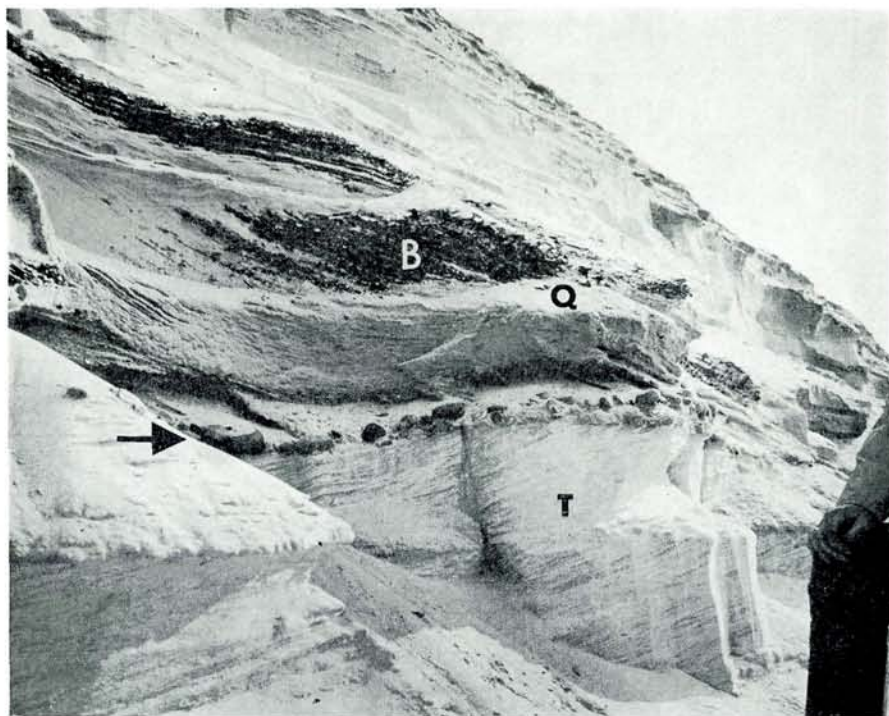


Abb. 9. Diskordante Auflagerung von glaziofluviatilen Sand und Kies auf hellen, tertiären Sanden. Die quartäre Folge beginnt mit einem Windkanterhorizont (Pfeil); sie enthält zuweilen Einschaltungen von umgelagertem Braunkohlenmaterial (B). Südwand des Tagebaues der Firma A/S Carl Nielsen, Fæsteholt.

der Jütländisch-Fyn'sche Rücken, der bekanntlich einen Einfluß auf die Großstruktur der Tertiärschichten sowie auf die Küstenlinie bis ins Neogen hatte.

Beim jetzigen Stand der Untersuchungen läßt sich noch nicht entscheiden, in welchem Ausmaß diese Faktoren an der Entstehung dieser Mulden beteiligt waren. Die Mulden setzen sich nicht in die glaziofluviatilen Sande fort. Ein Windkanterhorizont an der Basis dieser Serie überlagert diskordant die tertiären Sande. Die Mulden müssen daher älter als der Windkanterhorizont und jünger als die fluviatilen Tertiärsande über der Braunkohle sein (Abb. 9).

Paläontologie

Die Braunkohlenschichten, speziell die klastischen und semiklastischen Mittel, enthalten Pflanzenfossilien verschiedener Organtypen.

1. Der glimmerhaltige Ton im Liegenden des oberen Flöztes führt spärlich Blätter, Früchte und Samen.
2. Die unmittelbar darunter folgenden, fluviatilen Sande enthalten eine stark variierende Menge organischer Reste, wie Stengelstücke oder abgerollte Zweige, Samen, Früchte und anderes.
3. Das Hangende des mittleren Kohleflöztes besteht aus einer allochthonen Xylitlage mit vielen Treibhölzern, die horizontal lagern und flachgedrückt sind.
4. Wurzelboden findet man unter dem untersten Braunkohlenflöz. Hier beobachtet man einen ca. 1 m mächtigen Sandhorizont mit einem dichten Filz feiner Wurzeln. Zuweilen findet man hier auch Baumwurzeln, die bis 25 cm Durchmesser erreichen. Auch über dem unteren Kohleflöz wurden dicht beieinanderliegende, vertikal gerichtete Wurzeln in einem Dy-artigen Sediment beobachtet.

Bisher untersuchten wir näher nur die Fossilien aus dem Sandhorizont zwischen dem oberen und dem mittleren Flöz. Es handelt sich um ein beträchtliches Material, das fortlaufend im Laboratorium fixiert und sortiert wird. Hauptsächlich sind es kleine Früchte und Samen, Zapfen, Zapfenschuppen, benadelte Zweige, Dornen, Stacheln, Stengel, abgerollte Zweigstücke, Holzkohle und Bernsteinstückchen (Abb. 10).

Eine endgültige Bestimmung des umfangreichen Materiales liegt noch nicht vor, aber folgende Genera konnten bereits bestimmt werden:

Thallophyta:

Fungi	Perithecia
-------	------------

Articulatae:

<i>Equisetum</i>	Stengel
------------------	---------

Filicinae:

<i>Azolla</i>	Blattreste
---------------	------------

Coniferae:

cupressoide Zapfen	Zapfen und Zapfenschuppen
<i>Glyptostrobus</i>	Zapfen, Samen, Zweige
<i>Juniperus?</i>	Frucht
<i>Pinus</i>	Zapfen
<i>Sequoia</i>	Zapfen, Samen, Zweige
<i>Taxodium</i>	Zapfen, Samen, Zweige
<i>Tetraclinis</i>	Zapfen
<i>Thuja?</i>	Zapfen



Abb. 10. Auswahl von Früchten und Samen aus dem sandigen Mittel zwischen dem oberen und mittleren Kohleflöz. Tagebau der Firma A/S Carl Nielsen, Fæsteholt. 1 X, Foto: J. Sommer.

Angiospermae: Monocotyledones:

<i>Aracispermum</i>	Samen
<i>Aracistrobus</i>	Spadix
<i>Brasenia</i>	Samen
<i>Epipremnum</i>	Samen
<i>Pistia</i>	Samen
<i>Potamogeton</i>	Samen
<i>Scirpus</i>	Samen
<i>Sparganium</i>	Samen
<i>Spirematospermum</i>	Früchte, Samen
<i>Stratiotes</i>	Samen

Angiospermae: Dicotyledones:

<i>Alnus</i>	Samen
<i>Aralia</i>	Samen

<i>Arctostaphyloides</i>	Früchte
<i>Carya</i>	Nüsse
<i>Comptonia</i>	Samen
<i>Cupuliferae</i>	Cupulae
<i>Cyclocarya</i>	Nüsse
<i>Decodon</i>	Samen
<i>Eurya</i>	Samen
<i>Ganitrocera</i>	Steinkerne
<i>Icacinaceae</i>	Samen
<i>Leguminosae</i>	Schoten
<i>Liriodendron</i>	Samen
<i>Liquidambar</i>	Fruchtstände, Samen
<i>Magnolia</i>	Samen
<i>Mastixia</i>	Steinkerne
<i>Microdiptera</i>	Samen
<i>Myrica</i>	Samen, Blätter
<i>Nyssa</i>	Steinkerne
<i>Paliurus</i>	Früchte, dornige Zweige
<i>Planera?</i>	Früchte
<i>Platanus</i>	Samen
<i>Prunus</i>	Steinkerne
<i>Pterocarya</i>	Nüsse
<i>Rubus</i>	Samen
<i>Sphenotheca</i>	Steinkerne
<i>Spondiaecarpum</i>	Früchte
<i>Symplocos</i>	Früchte
<i>Tetrastigma</i>	Samen
<i>Vitis</i>	Samen

Die hier angeführte Liste umfaßt ungefähr alle Genera, die in unserer Aufsammlung dominieren sowie einzelne, die mehr sporadisch vorkommen. Darüber hinaus enthält unsere Sammlung ein großes Material, das noch nicht näher bestimmt ist. Das Gesamtmaterial wird etwa 150 Arten umfassen.

Da der größte Teil der Dominanten des Materiales bereits gattungsmäßig bestimmt ist, lassen sich hieraus einige Schlüsse ziehen.

Die meisten Dominanten kennt man aus der Arcto-Tertiären-Geoflora, speziell aus dem arcto-tertiären Element der mitteleuropäischen Braunkohlenflora (Mai, 1967). Unsere Flora enthält aber auch paläotropische Elemente, wie z. B. *Mastixia*, *Symplocos* und *Spirematospermum*. Das Verhältnis dieser beiden Elemente zueinander wird für die genauere Altersbestimmung unserer Funde eine wichtige Rolle spielen.

Die rezenten Verwandten unserer fossilen Flora kommen heute haupt-

sächlich in Nordamerika sowie in Südost-Asien vor. Für die geplante Rekonstruktion des Biotopes wird der Vergleich mit verwandten, rezenten Pflanzengesellschaften – ähnlich wie Teichmüller (1958) die Braunkohlenflora der Niederrheinischen Bucht mit heutigen Pflanzengesellschaften Nordamerikas verglichen hat – wichtige Erkenntnisse bringen.

Die vorläufige Untersuchung der fossilen Früchte und Samen von FASTERHOLT gibt uns im Augenblick noch keine Möglichkeit, das Alter der Schichten genauer als Miozän festzulegen.

Dank

Die Durchführung unseres Projektes war nur dank der bereitwilligen Unterstützung von mehreren Seiten möglich.

Die finanzielle Grundlage unserer Untersuchung war eine bedeutende Summe, die uns der Naturwissenschaftliche Forschungsrat zur Verfügung stellte. Auch die früheren Bewilligungen zur Anschaffung von Geräten trugen wesentlich zur Durchführung unseres Vorhabens bei.

Desgleichen hat der Carlsbergfond der Phytopaläontologischen Abteilung mehrfach Mittel zur Anschaffung von Apparatur und Literatur bewilligt, die auch unserem Projekt zu Gute kamen.

Wir möchten mit dieser vorläufigen Veröffentlichung bereits den oben genannten Fonds danken.

Die Firmen A/S Carl Nielsen, Odense, und A/S Hoffmann & Sønner, Århus, gaben uns freundlicherweise Erlaubnis, unsere Untersuchungen in ihren Tagebauen durchzuführen. Insbesondere möchten wir ihren Mitarbeitern formand J. Solgaard (A/S Carl Nielsen) und civ.ing. Madsen (A/S Hoffmann & Sønner) für ihre bereitwillige Unterstützung im Gelände danken.

Danmarks Geologiske Undersøgelse stellte uns freundlicherweise einen Laborwagen zur Verfügung und ermöglichte uns die Einsicht in Archivmaterial. Hierfür sind wir besonders den Herren statsgeolog L. Banke Rasmussen, afdelingsgeolog E. Heller und afdelingsgeolog P. Ingwersen zu Dank verpflichtet.

Dr. F. Holý (Prag) und Dr. D. H. Mai (Berlin) gaben uns wichtige Hinweise für die Bestimmung der Fossilien.

Lektor, cand. pharm S. Fregerslev verdanken wir die Analyse einiger Proben und stud. scient. E. Fjeldsø Christensen die Profilaufnahme im Jahre 1969. Danken möchten wir auch den Mitarbeitern des Geologischen Institutes K. Geer, I. Skou und R. Mariager und insbesondere folgenden der Phytopaläontologischen Abteilung: S. R. Jacobsen, I. Hammerich, E. Jakobsen, N. Nørgaard und J. Sommer.

Nicht zuletzt möchten wir auch Frau E. Koch und folgenden Studenten für ihren tatkräftigen Einsatz bei Gelände- und Laborarbeiten danken: E. Langer Andersen, S. Fuglsbjerg, Else Marie Grevy, P. Dollerup Grevy, T. Fischer Holm, R. Møbjerg Kristensen, O. Bjørnslev Nielsen, K. Pedersen, E. Thomsen und F. Tuxen-Petersen.

Dansk sammendrag

I 1968 begyndte forfatterne en undersøgelse i Søbyområdet med formålet at foretage en geologisk-palæobotanisk miljøundersøgelse af et brunkulsområde. A/S Carl Niensens brunkulgrav ved FASTERHOLT viste sig velegnet: den kontinuerlige gravning frem-

bragte meget lange profiler, som stadig flyttedes frem gennem området. Der kunne herved indsamles et stort systematisk lokaliseret geologisk og palæontologisk iagttagelsesmateriale. Især var de rige fund af fossile fruktifikationer (nøddfrugter, frø, bælg, kogler, samfrugter), grene, kviste, torne samt bladfossiler, værdifulde for et palækologisk studium.

De foreløbige resultater af profilundersøgelserne viser en rytmisk tendens i lagserien, som antyder sedimentation under diskontinuerlig indsynkning af bassinet. Den af lagtykkelserne følgende primære struktur viser, at graven ved Fasterholt under aflejringen af brunkulslagsserien lå lateralt i et aflejningsbassin med randen beliggende forholdsvis nær mod øst, mens dets centrale del skal søges mod vest. Sidste brunkulslag synes som en følge af bassinets opfyldning aflejret i et underordnet delbassin, som for størstedelen rummes indenfor gravens 1 km lange profil.

Studiet af de facielle forhold viser ingen tegn på marine forudsætninger for nogen del af lagserien. Derimod er der kriterier for vekslende limnisk og fluvialt miljø. Dette støttes bl. a. af fossilfundene, hvor forbavsende velbevarede frø og frugter og manglende tegn på svampeforrådnelse af disses skaller tyder på, at en del af materialet hurtigt er nået til aflejring i anaerobt miljø. Endvidere viser de bestemte slægter, at der dels har været sumpvegetation (*Taxodium*, *Glyptostrobus*, *Stratiotes* og *Nyssa*) i området. Der er endvidere slægter (*Pinus*, *Sequoia*, *Pterocarya* og *Carya*), der viser hen til mindre fugtige biotoper.

Fossil materialet er under bearbejdelse, men i det væsentlige endnu kun foreløbigt bestemt. Der anslås at være ca. 150 arter repræsenteret. 51 er slægtsbestemt. Blandt disse findes de udprægede dominanter. Det arktotertiære element er både kvalitativt og kvantitativt stærkt dominerende.

Dette taler for aflejringens miocæne alder og peger i retning af yngre miocæn. Det fig. 2 citerede stratigrafiske skema efter Rasmussen (1966) er ikke anfægtet af vort foreløbige studium.

Lagserien er svagt deformeret, idet der er iagttaget 2 flade synklinaler, som viser reverse småforkastninger i flankerne. Disse deformationer ses også i det overlejrende tertiære sand, men afskæres af kvartæret. Det kvartære sand har basalt en brolægning af vindslebne, facetterede sten og ligger diskordant aflejret på tertiæret (erosionsdiskordans som følge af deflation).

Geologisk Institut
Aarhus Universitet
DK - 8000 Aarhus C, Dänemark
am 23. Februar, 1970

Literaturverzeichnis

- Hartz, N. 1909: Bidrag til Danmarks tertiære og diluviale Flora. *Danm. geol. Unders. Række 2*, 20, 292 pp. (Tekst + Atlas.)
- Heller, E. 1961: Iagttagelser over tertiære og kvartære forhold i Tarm-Brande-Grindsted-området. *Meddr dansk geol. Foren.* 14 (4), 374-385.
- Heller, E. 1961: Keld Milthers' arbejde med brunkulseftersøgningen. *Meddr dansk geol. Foren.* 14 (4), 447-453.
- Ingwersen, P. 1949: Iagttagelser i de jyske brunkulgrave. *Meddr dansk geol. Foren.* 11 (4), 486-488.
- Ingwersen, P. 1954: Some Microfossils from Danish Late-Tertiary Lignites. *Danm. geol. Unders. Række 2*, 80, 31-64.
- Koch, B. Eske 1959: Fossil *Pinus*-cone in Late-Tertiary Erratic from Western Jutland (Denmark). *Meddr dansk geol. Foren.* 14 (2), 69-75.

- Mai, D. H. 1967: Die Florenzonen, der Florenwechsel und die Vorstellungen über den Klimaablauf im Jungtertiär der Deutschen Demokratischen Republik. *Abh. zentr. geol. Inst. Berlin* 10, 55–81.
- Mathiesen, F. J. 1965: Palaeobotanical Investigations into some Cormophytic Macrofossils from the Neogene Tertiary Lignites of Central Jutland. Part I: Introduction and Pteridophytes. *Biol. Skr. Dan. Vid. Selsk.* 14 (6), 46 pp.
- Mathiesen, F. J. (im Druck): Paleobotanical Investigations into some Cormophytic Macrofossils from the Neogene Tertiary Lignites of Central Jutland. Part II: Gymnosperms. *Biol. Skr. Dan. Vid. Selsk.*
- Milthers, K. 1941: Systematiske Eftersøgninger efter Brunkul i Jylland. *Geogr. Tidsskr.* 44, 100–117.
- Milthers, K. 1942: Erosionsformer i Midtjyllands Tertiæroverflade. *Meddr dansk geol. Foren.* 10 (2), 103–107.
- Milthers, K. 1943: Brændstofferne i Danmarks Undergrund med særligt Henblik på Brunkul. *Tidsskr. for Landøkonomi* 1943, 225–232.
- Milthers, K. 1944: Det danske Brunkulseventyr. *Tidsskr. for Industri* 1944, 185–190.
- Milthers, K. 1949: Nogle hovedlinier i brunkullenes lejringsforhold. *Meddr dansk geol. Foren.* 11 (4), p. 486.
- Milthers, V. (med Bidrag af Knud Jessen) 1939: Kortbladet Brande. *Danm. geol. Unders. Række 1*, 18, 162 pp.
- Nørregaard, E. M. 1916 a: Mellem-miocæne Blokke fra Esbjerg. *Danm. geol. Unders. Række 4*, 1 (5).
- Nørregaard, E. M. 1916 b: Mellem-Miocænet i Danmark. *Det 16. Skand. Naturforsker-møde 1916, Forhdl. – Kristiania 1918*, 429–432.
- Rasmussen, L. Banke 1961: De miocæne Formationer i Danmark. *Danm. geol. Unders. Række 4*, 4 (5), 45 pp.
- Rasmussen, L. Banke 1966: Biostratigraphical Studies on the Marine Younger Miocene of Denmark. *Danm. geol. Unders. Række 2*, 88, 358 pp.
- Rasmussen, L. Banke 1968: Molluscan Faunas and Biostratigraphy of the Marine Younger Miocene Formations in Denmark. Part II: Palaeontology. *Danm. geol. Unders. Række 2*, 92, 265 pp.
- Sorgenfrei, T. 1940: Marint Nedre-Miocæn i Klintinghoved på Als. *Danm. geol. Unders. Række 2*, 65, 143 pp.
- Sorgenfrei, T. 1958: Molluscan Assemblages from the Marine Middle Miocene of South Jutland and their Environments. Vol. I–II. *Danm. geol. Unders. Række 2*, 79, 503 pp.
- Teichmüller, M. 1958: Rekonstruktionen verschiedener Moortypen des Hauptflözes der niederrheinischen Braunkohle. *Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf.* 1, 599–612. Krefeld.
- Werner, H. 1958: Der Nachweis mariner Beeinflussung von niederrheinischen Braunkohlen mit Hilfe des Ca/Mg-Verhältnisses. *Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf.* 1, 95–99. Krefeld.