

Der erste Fund von Kieselgur in Schleswig-Holstein bei Brokenlande, südlich von Neumünster

(Mit einem Beitrag zur Biostratigraphie des „Saale-Spätglazials“)

Von BURCHARD MENKE und PETER-HELMUT ROSS, Kiel

Mit 5 Abbildungen und 2 Tafeln

Zusammenfassung. Pollenanalytische Untersuchungen einer zum ersten Mal in Schleswig-Holstein südlich von Neumünster entdeckten Kieselgur ergaben ein sicheres eemzeitliches Alter. Das kleine Lager entstand im südlichen Drittel eines saalezeitlichen Stauwasserbeckens und zwar in einer früh angelegten rinnenförmigen Vertiefung des Beckenuntergrundes. Dieser besteht hauptsächlich aus gestauchten Tonen, damit verschuppten Sanden und zuunterst aus Geschiebemergel, der in einem Fall nach geschiebekundlicher Analyse Drenthe-Alter besitzt. Die Beckenfüllung wird aus gut geschichteten schluffigen Tonen bis tonigen Schluffen aufgebaut. Im unteren Teil der Beckensedimente lassen sich pollenanalytisch keine Hinweise auf eine derzeitige nennenswerte Vegetationsbedeckung der Umgebung erkennen. Es dürfte sich um echte Glazialsedimente handeln. Der obere Teil wurde im „Saale-Spätglazial“ sedimentiert. Darüber folgt im Bereich des Kieselgurlagers früheemzeitliche Tonmudde, danach eemzeitliche Kieselgur. Kompressionsversuche lassen erkennen, daß die Beckensedimente nicht durch Gletscherauflast vorbelastet sind. Die Überdeckung bilden weichselzeitliche Sande des Neumünsteraner Sanders.

Vegetationsgeschichtlich wird das Lager vor allem dadurch interessant, daß hier anscheinend das vollständige „Saale-Spätglazial“ erfaßt wurde. Floristisch bestanden anscheinend zwar große Ähnlichkeiten zur Älteren Dryaszeit des Weichsel-Spätglazials, jedoch verlief die Vegetationsentwicklung offenbar gleichmäßig ohne Rückschläge und ohne Einschaltung von Interstadialen.

Es können drei Abschnitte unterschieden werden:

- A) Älteste waldlose Zeit, die wahrscheinlich in das „Pleniglazial“ zu stellen ist,
- B) Zeit der Sanddorn-Gebüsche, in der auch die lichtbedürftigen Taxa der Bodenvegetation ihre Hauptverbreitung fanden,
- C) Zeit der Sanddorn-Wacholder-Gebüsche.

An die letzte schließt sich die Birken-Zeit (Abschnitt I) des Eem-Interglazials an.

Das Eem-Interglazial fügt sich vegetationsgeschichtlich in den für Nordwestdeutschland geläufigen Rahmen ein.

Mit den vorliegenden Untersuchungen ist — in Verbindung mit den übrigen, in den letzten Jahren vom Geologischen Landesamt Schleswig-Holstein durchgeführten Untersuchungen — die vegetationsgeschichtliche Entwicklung vom „Saale-Spätglazial“ bis in das Weichsel-Frühglazial für Schleswig-Holstein in den Hauptzügen lückenlos bekannt.

Summary. Pollenanalytical studies of diatomaceous earth (Kieselgur) discovered for the first time in Schleswig-Holstein (south of Neumünster) indicate a firm Eemian Interglacial date. The small layer of earth was deposited in an early-formed, groove-like bottom depression of the southern third of a glacial basin during the Saale Glacial. The bottom of the basin consists mainly of ice-folded clays, with dislodged slices of sand, underlain by boulder-clay. In one case analysis of boulders from this clay suggested the Drenthe Glacial. The basin is filled up with well-bedded silty clays and clayey silts.

Pollenanalysis of the lower basin sediments under the “Kieselgur“ does not indicate the presence of any significant vegetation cover at that time. They could be true glacial sediments. Higher layers were deposited during the “Late Saale Glacial“ and covered by the Early Eemian muds which preceded the sedimentation of the Eemian diatomaceous earth. Overlying beds are Weichsel Age sands of the “Neumünster Sander“.

The interest and value of this section lies in the apparent complete representation of the Late Saale Glacial, a fact which allows the succession of different vegetation covers to be traced.

From the floristic point of view, there seems to have been considerable analogy with the Older Dryas Age of the later Weichsel Glacial. In spite of this it is clear that the development of the vegetation proceeded without significant reverses or interstadial pauses.

Three periods may be distinguished:

- A) An oldest, treeless period probably belonging to the “Pleniglazial“.

- B) An interval when copses of sea-buckthorn flourished in association with a low, light-needing vegetation cover.
- C) A second period of copses of sea-buckthorn but this time with juniper in addition.

This last period was followed by a stage in which the birchtree flourished representing the first part of the Eemian Interglacial.

The present studies, linked to those that have been made by the Geologisches Landesamt in Schleswig-Holstein over the past few years, have led to a comprehensive knowledge of the main characteristics of the historical development of the vegetation in the area from the Late Saale to the Early Weichsel Glacial.

1. Einleitung

Im Rahmen geologischer Gutachtentätigkeit für die geplante Bundesautobahn Hamburg—Flensburg durch das Geologische Landesamt Schleswig-Holstein wurde bei der Bearbeitung tieferer Bauwerksbohrungen zum ersten Mal Kieselgur im Untergrund Schleswig-Holsteins festgestellt. Das kleine Lager wurde knapp westlich des Ortes Brokenlande, südlich von Neumünster (Abb. 1) durch zwei 25,50 m bzw. 30,00 m tiefe Untersuchungsbohrungen angeschnitten. Der Baugrund wurde darauf in seiner näheren Umgebung durch 7 weitere gezielt angesetzte Untersuchungsbohrungen mit laufender Kernung abgebohrt, einmal, um eine eventuell zu erwartende Lagerstätte näher abzugrenzen, zum anderen, um die Auswirkungen der kompressiblen Erdstoffe auf die vorgesehenen Bauwerke genauer zu untersuchen. Dadurch wurde die Konstruktion zweier Profilschnitte in ungefährer Nord—Süd- und West—Ost-Richtung ermöglicht (Abb. 2 und 3). Die fortlaufende Gewinnung des Bohrgutes in Kernmärschen brachte den Vorteil genauer petrographischer Abgrenzungen sowie die Möglichkeit einer sauberen pollenanalytischen Untersuchung.

2. Morphologischer Überblick

Der Fundpunkt liegt im Mittelteil Schleswig-Holsteins im Gebiet der weichselzeitlichen Sander- und Abflussebenen zwischen der weichselzeitlichen Jungmoräne im Norden und Osten, deren ältere Rاندlagen hier die Grenze der Jungmoränenlandschaft gegen die Neumünsteraner Schmelzwasserebene bilden, und den saalezeitlichen Altmoränen im Westen und Süden (GRIPP, 1964 u. dort zit. Lit.). Saalezeitliche Moräneninseln ragen aus der flachen Schmelzwasserebene heraus, z. B. bei Gnutz, Wasbek und Boostedt (Abb. 1).

Die Schmelzwasserebene weist ein sehr geringes Nord—Süd-Gefälle von etwa 1:500 auf, von Einfeld (33 m NN) über eine Entfernung von 5 km bis Neumünster (23 m NN). Von Neumünster in SW-Richtung ergibt sich sogar über eine Entfernung von 25 km nur ein Gefälle von 1:1200.

Eine von Prehnfeld (südl. Krogaspe) mit Unterbrechungen bis südlich Arpsdorf zu verfolgende schmale Saale-Moräne teilt den nördlichen Teil der Neumünsteraner Schmelzwasserebene in einen westlichen und einen östlichen Abflußbereich. Terrassen und Entwässerungstäler sind nach HÖLTING (1958) in der Ebene nicht ausgebildet.

3. Stratigraphie

In der tiefsten Untersuchungsbohrung (B I, Abb. 2 u. 4) wurde ab 28,30 m ein steifer bis halbfester Geschiebemergel angeschnitten, der nach freundlicher Mitteilung von Dr. LÜTTIG, Hannover, drenthezeitliches Alter besitzt. Darüber folgen gemischtkörnige, z. T. kiesige, kalkige, graubunte Sande. Sie wurden wahrscheinlich zusammen mit der Grundmoräne verschuppt. Die Oberfläche dieser Sande wurde in verschiedenen Tiefenlagen erbohrt. Während in den meisten Bohrungen der Sand in einer Tiefe von etwa 19,50 m angetroffen wurde, haben die beiden Bohrungen B I und B VII (Abb. 3 u. 4) eine rinnenförmige Vertiefung in diesen Sanden erschlossen, deren Oberfläche hier bei 25 bis 26 m unter Gelände liegt.

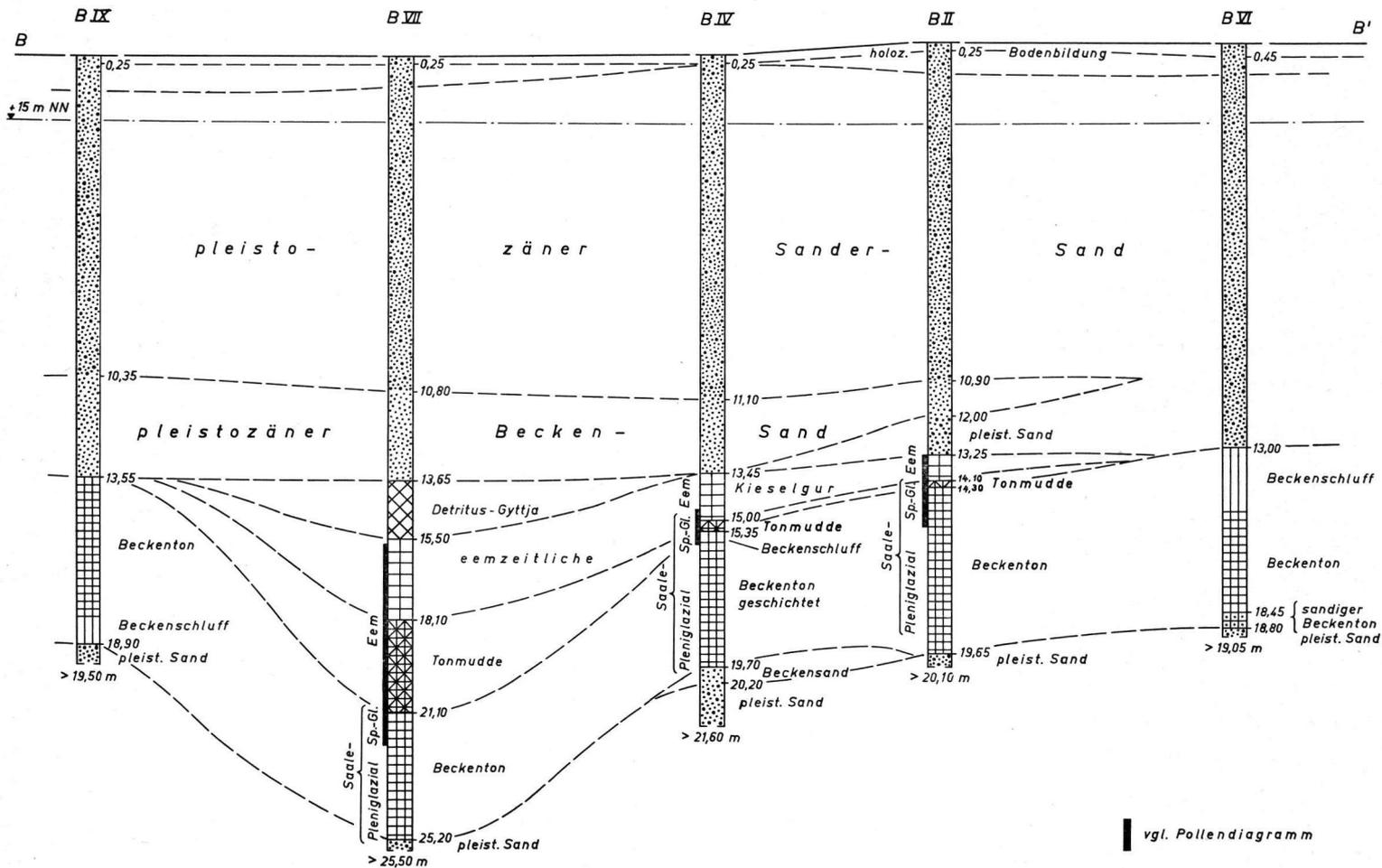


Abb. 3. Schnitt B-B' durch das Kieselgurlager von Brockenlande. Zur Lage vgl. Abb. 4.

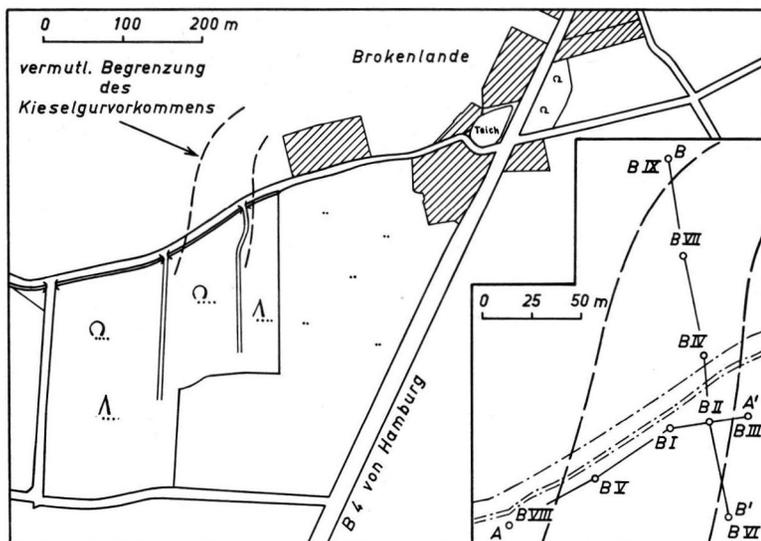


Abb. 4. Vermutliche Begrenzung des Kieselgur-lagers von Brockenlande sowie Lage der Untersuchungsbohrungen und der Schnitte A-A' (Abb. 2) und B-B' (Abb. 3).

rung VII mit 2,60 m festgestellt; in der Bohrung I ist sie rund 2,45 m stark. Das Lager keilt zu den Rinnenrändern hin rasch aus. Die Kieselgur stellt also ihrerseits ebenfalls die Ausfüllung einer rinnenartigen Vertiefung in der Oberfläche der tonigen Beckensedimente dar. Diese Vertiefung ist anscheinend nicht durch Erosion entstanden; allerdings existiert ein Hiatus an der Grenze zwischen Tonmudde und Kieselgur. Dieser Hiatus wurde in allen pollenanalytisch untersuchten Bohrungen nachgewiesen und dürfte in allen Fällen ungefähr die gleiche Zeitspanne umfassen. Es kann demnach eine echte Sedimentationslücke vorhanden sein.

In der Bohrung VII liegt über der Kieselgur eine gut geschichtete, 1,85 m mächtige dunkelolivgraue Detritus-Gyttja, die neben Schluff- und Feinsandbeimengungen einzelne Schalenreste enthält und durch dünne, etwa 1 cm starke Feinsandlagen unterbrochen wird. Die Detritus-Mudde wurde nur in dieser Bohrung angetroffen.

Die beschriebenen Beckensedimente und die Kieselgur haben hier somit ein ehemaliges Relief bis in eine Höhe von +4 m NN mehr oder minder eingeebnet.

Den Abschluß der Schichtenfolge nach oben bilden im ganzen untersuchten Gebiet gemischtkörnige, meist schwach kiesige weichselzeitliche Sande des Neumünsteraner Sanders mit einer Mächtigkeit von 13,5 bis 14,0 m. Kornverteilungsuntersuchungen dieser Sande ergaben, daß bei weitem die Mittelsandfraktion überwiegt. Der gesamte Sandanteil beträgt 72 bis 100%. Die Schluffkomponente ist mit 0 bis 8%, der Kiesanteil mit 0 bis 28% (in einem Fall 45%) vertreten. Der Ungleichförmigkeitsgrad wurde im Durchschnitt zu 2,5 bestimmt. In die untere Partie des Sanders, der Kieselgur aufliegend, sind z. T. feinkörnige Sande bis zur reinen Feinsandfraktion eingeschaltet. Aus Kompressionsversuchen mit Kieselgur und Beckentonen aus 14,3 bzw. 17,0 m Tiefe konnte die geologische Vorbelastung annähernd bestimmt werden. Die Versuchswerte von 2,4 kg/cm² bzw. 3,2 kg/cm² entsprechen dabei annähernd einer rechnerischen Bodenauftrieb ohne Auftrieb. Somit ist wahrscheinlich, daß während der Weichselzeit kein Auftrieb wirksam war; auf keinen Fall hat aber auf diese Schichten eine bedeutende Zusatzlast eingewirkt. Alle organogenen Beckenablagerungen (wie die Kieselgur) und auch die Beckentone und -schluffe sind also nicht durch Gletscherauflast vorbelastet. Dieses Kriterium ist in diesem

Gebiet wichtig zur Unterscheidung älterer, saaleiszeitlich gestauchter Tone mit brecciöser Struktur und jüngerer, unvorbelasteter, gegen Ende des Saale-Glazials sedimentierter Beckentone. Im Bohrkern ist oft keine gut ausgebildete Horizontalschichtung als primäres Merkmal eines nicht vorbelasteten Beckentones oder -schluffes zu erkennen.

Ein Profilschnitt entlang der BAB-Trasse an Hand der tieferen Bauwerksbohrungen zeigt, daß das Kieselgurlager im (südlichen) Drittel eines flachen, weitgespannten Stauwasserbeckens wohl aus der Endphase des Drenthe-Vorstosßes entstand.

Der Beckenboden besteht zum größten Teil aus gestauchten Beckentonen oder damit verschuppten Sanden. Darunter wurde überall Geschiebemergel erbohrt. Die Ausdehnung des Beckens mißt in Profilrichtung etwa 3,9 km. Die Beckenränder oder Schwellen werden dadurch markiert, daß hier über gestauchten Grundmoränenaufwölbungen (Geschiebemergel oder gestauchte ältere Beckentone) feingeschichtete Beckenabsätze fehlen oder (bei Schwellen) geringmächtiger entwickelt sind. Diese Beobachtungen wurden auch auf dem Meßtischblatt Nortorf (Nr. 1825) gemacht.

Bemerkenswert ist die relative Niveaunkonstanz der unvorbelasteten schluffig-tonigen Sedimente innerhalb des gesamten Stauwasserbeckens: Ihre Oberkante wurde zwischen +2,0 und +6,0 m NN angetroffen. Darüber liegen Beckensande. Sie sind nicht durchgehend und mit unterschiedlicher Mächtigkeit erbohrt worden. Z. T. sind sie der Erosion weichselzeitlicher Schmelzwässer zum Opfer gefallen. Da die Beckensande z. T. ohne scharfe Grenze in die Schmelzwassersande übergehen, fällt die Entscheidung ob wirklich Beckensedimente vorliegen oder nicht, oft schwer. Es ist somit sicherer, die Beckensedimente mit der schluffig-tonigen Fraktion beginnen zu lassen, wobei anzunehmen ist, daß dort, wo Beckensande noch erhalten sind, keine bedeutende Erosion der tonig-schluffigen Sedimente stattgefunden hat. Der Versuch, den weiteren Verlauf des Kieselgurlagers bei Brokenlande mittelst Sondierbohrungen zu verfolgen, mißlang, so daß es sich nur um eine kleine, lokale Entwicklung handeln wird. Es ist jedoch zu vermuten, daß einige Kieselgurvorkommen im Untergrund Schleswig-Holsteins besonders bei geringmächtiger Entwicklung von Bohrfirmen als „Schluffe“ bezeichnet wurden und somit einer besonderen Erwähnung entgangen sind.

Archivbohrungen des Geologischen Landesamtes und neuere Bohrungen für die BAB weisen weitere limnische Eem-Vorkommen (Torfe) im Raum Bad Bramstedt und auf dem Blatt Nortorf (Mtbl. 1825) auf. Das Bohrprogramm ist noch nicht abgeschlossen, zur Zeit können daher noch keine Angaben über ihre räumliche Verbreitung gemacht werden.

4. Vegetations- und Florengeschichte

4.1. Vorbemerkungen.

Drei Kernungen (B II, B IV und B VII) wurden pollenanalytisch vollständig untersucht, sowie eine weitere (B V) übersichtsmäßig. Die Pollendiagramme (Tafel 1-2 und Abb. 5) stimmen untereinander so weitgehend überein, daß ihre Konnektierung ohne weiteres möglich ist. Es zeigte sich, daß die petrographischen Einheiten (Beckenton, Tonmudde, Kieselgur) auch gleichzeitig biostratigraphische Einheiten sind.

Der Darstellung wurde die BP- (Baumpollen-) Summe (einschließlich *Salix*, *Hippophae*, *Juniperus*, *Taxus*, jedoch ohne *Corylus*) zugrunde gelegt. Für die ältesten Abschnitte mit überwiegend umgelagerten Pollen war eine Trennung zwischen Pollen auf primärer und Pollen auf sekundärer Lagerstätte im Einzelfall natürlich nicht sicher möglich. Es wurden daher auch für diese Zeiten alle Pollen in die Grundsumme einbezogen, die sie auch späterhin bilden. „*Pinus*“ umfaßt im Beckenton möglicherweise auch andere (präquartäre) Gattungen.

Alle übrigen Pollen wurden auf die Grundsumme bezogen. Das gilt ebenfalls für die „präquartären Pollen“, zu denen im Beckenton auch der größte Teil der „Varia“ gehören dürfte.

Nicht dargestellt wurden die pollenanalytisch völlig unergiebigen unteren Teile der Beckentone (vgl. Abb. 2-3).

Die Kieselgur ist zweifellos eemzeitlich. Die pollenfloristische Gliederung der Diagramme folgt im Bereich der eigentlichen Warmzeit dem Vorschlag von BEHRE (1962). Seine Gliederung ist auf unser Gebiet ohne weiteres übertragbar und wurde in ähnlicher Form auch von ANDERSEN (1965) benutzt. Sie schließt im Prinzip an die Gliederung von JESSEN & MILTHERS (1928) an (vgl. Diagramm B II, Tafel I). JESSEN & MILTHERS ließen ihre Gliederung mit dem Beginn des „Saale-Spätglazials“ einsetzen, wobei diese Abschnitte allerdings mehr theoretisch gefordert werden mußten, als daß sie tatsächlich genügend belegt werden konnten. Die übrigen Autoren, die sich mit Gliederungsfragen befaßten, ließen ihre Gliederungen meist mit der Birken-Zeit (als Abschnitt I) beginnen. Dabei mag mitgespielt haben, daß das „Saale-Spätglazial“ in Nordwesteuropa praktisch unbekannt blieb. Andererseits kann man aber auch diskutieren, ab wann ein Interglazial beginnen soll. Das ist in erster Linie eine Frage der Übereinkunft; welcher Lesart man auch zuneigt, die einzelnen Abschnitte behalten deswegen natürlich ihren klar definierten vegetationsgeschichtlichen Inhalt.

Leider gibt es für das Eem trotz der sehr klaren vegetationsgeschichtlichen Entwicklung eine erhebliche Anzahl verschiedener Gliederungsvorschläge. Auf sie im einzelnen einzugehen, würde zu weit führen.

4.2. Saale-Spätglazial

Das Lager von Brokenlande wird vegetationsgeschichtlich vor allem dadurch interessant, daß das bisher in Schleswig-Holstein unbekannte „Saale-Spätglazial“ anscheinend vollständig erfaßt wurde. Die vegetationsgeschichtliche Entwicklung erscheint lokal gesichert. Eine regionale Gliederung kann erst dann erfolgen, wenn noch mehr Material vorhanden ist.

4.2.1. Älteste waldlose Zeit (Abschnitt A)

Der größte Teil des Beckentones (ca. 70—80% seiner Mächtigkeit) war pollenanalytisch ganz unergiebig und wurde in den Diagrammen nicht dargestellt. Bei einer sehr geringen Pollendichte dürfte er zweifellos weitaus überwiegend Pollen auf sekundärer Lagerstätte führen. Es handelt sich um einen typischen Glazialton, wie er z. B. ähnlich auch im Liegenden des marinen Holstein-Interglazials von Wacken (MENKE, im Druck) gefunden wurde. Anhaltspunkte für eine nennenswerte Vegetationsbedeckung der Umgebung sind noch nicht vorhanden. Der starke Sekundärpollen-Gehalt stammt möglicherweise aus den gestauchten Tonen unbekanntes Alters, die weithin den Beckenboden bilden.

Das Pollenspektrum am Grunde (ca. 25 m) des nicht gestauchten Beckentones in der Bohrung VII hat etwa folgende Zusammensetzung:

74% „ <i>Pinus</i> “	7% <i>Betula</i>
2% <i>Picea</i>	3% <i>Juniperus</i> -Typ
7% <i>Alnus</i>	in Spuren:
3% cf. <i>Quercus</i>	<i>Carpinus</i> u. a.
3% <i>Tilia</i>	
(Grundsumme: 140 BP)	
Bezogen auf die Grundsumme außerdem:	
4% myricoiden Pollen	6% <i>Gramineae</i>
2% <i>Ericales</i>	2% <i>Filices</i>
3% <i>Sphagnum</i>	24% <i>Varia</i>
	24% „präquartäre Pollen“

in Spuren: *Chenopodiaceae*, *Caryophyllaceae*, *Cyperaceae* u. a.

Die BP-Zusammensetzung ist etwa die gleiche, wie sie auch jeweils im unteren Teil der Pollendiagramme verzeichnet ist. Sie bleibt während des ganzen Abschnittes A im wesentlichen die gleiche.

Lagerungsmäßig kann man theoretisch drei Pollengruppen unterscheiden:

- a) Sekundärpollen. Darunter werden Pollen verstanden, die durch Aufarbeitung wesentlich älterer Schichten umgelagert wurden;
- b) Die Pollen auf primärer Lagerstätte, die gleichaltrig mit Ablagerung sind, können auf Weit- und Fernflug zurückgehen oder dem Lokal- und Umgebungsniederschlag angehören.

Im Einzelfall ist die praktische Entscheidung, zu welcher Gruppe ein Pollenkorn gehört, freilich oft unmöglich. Wohl aber sind Wahrscheinlichkeitsaussagen möglich, bei denen die gesamte Zusammensetzung der Spektren, deren Verlauf, die Ablagerungssituation, die Erfahrungen über Pollenerzeugung und -verbreitung der einzelnen Taxa etc. zu berücksichtigen sind.

So wäre es völlig absurd, für den Abschnitt A etwa ein reales Vorkommen thermophiler Taxa in der Umgebung annehmen zu wollen. Ihre Pollenkurven haben im ältesten Teil den gleichen Verlauf, wie die Kurven der präquartären Pollen. Mit zunehmender tatsächlicher Vegetationsbedeckung der Umgebung (vgl. z. B. $\Sigma BP/cm^2$) sinken ihre Anteile auf ein Minimum ab, zusammen mit den präquartären Pollen.

Zum Sekundärpollen kann anfangs auch *Betula* gehören, doch zeigen die (im folgenden Abschnitt) langsam zunehmenden Werte, daß der *Betula*-Pollen auf primärer Lagerstätte allmählich eine immer größere Rolle spielt. Das gleiche gilt für den Pollen vom *Juniperus*-Typ.

Die im Abschnitt A mit geringen Anteilen sporadisch schon vorhandenen *Artemisia*-Pollen befinden sich wohl überwiegend auf primärer Lagerstätte. Damit ist allerdings noch nicht gesagt, daß *Artemisia* in der Umgebung zunächst auch schon tatsächlich vorhanden war, denn ihr Pollen wird erheblich verweht (wie z. B. auch bei *Betula* und *Juniperus*). Bei der geringen Pollendichte muß sich schon ein geringer Anflug im Pollenspektrum ausprägen.

Mit der tatsächlichen Vegetationsbedeckung der Umgebung muß man aber mit dem Auftreten von Pollen rechnen, die nur in geringen Mengen erzeugt werden und wenig Aussicht haben, vom Wind vertragen zu werden. Das ist erst gegen Ende des Abschnittes A der Fall (vgl. z. B. *Gypsophila* in der Bohrung IV (Abb. 5), 15,70 m Tiefe). Der weitaus überwiegende Teil des Abschnittes A muß also wohl dem „Pleniglazial“ zugeordnet werden.

4. 2. 2. Zeit der Sanddorn-Gebüsche (Abschnitt B)

Die Grenze zum Abschnitt B wurde etwa an den Beginn der Sanddorn-Kurve gelegt. Der Sekundärpollen dominiert innerhalb des Baumpollens zwar auch hier noch völlig, und die BP-Dichte (BP/cm^2) bleibt unverändert niedrig, gegenüber dem vorigen Abschnitt treten aber doch nicht übersehbare Veränderungen ein: Einmal ist der Abschnitt B durch die Sanddorn-Kurve charakterisiert, sodann treten im Laufe der Zeit (vereinzelt, wie gesagt, schon im oberen Teil des vorigen Abschnittes) Pollen und Sporen vieler Taxa neu hinzu oder werden doch deutlich häufiger; vor allem sind dies: *Helianthemum*, *Selaginella selaginoides*, *Botrychium*, *Gypsophila*, *Empetrum*, *Rumex*, *Thalictrum*. Die Kurven von *Artemisia*, *Gramineae*, *Cyperaceae* durchlaufen im oberen Teil des Abschnittes ein deutliches Maximum.

Mit dem Anfang dieses Abschnittes ist der späteste Zeitpunkt für den Beginn einer dichteren Vegetationsbedeckung der Umgebung gegeben, in der jüngeren Hälfte lag wahrscheinlich die Hauptverbreitung von Sanddorn, Kräutern und Stauden. Der Sanddorn ist außerordentlich lichtbedürftig und verträgt keine nennenswerte Beschattung durch eine Baum- oder hohe Strauchschicht. Er selbst bildet daher im wesentlichen die höchste Schicht, eventuell zusammen mit Weiden und Wacholder. Seine Pollenverbreitung ist

recht gering. So ist mit einer wesentlich stärkeren Beteiligung an der Vegetation zu rechnen, als es den Pollenanteilen (die durch den dominierenden Sekundärpollen stark gedrückt werden) nach scheinen mag. Der Sanddorn besiedelt vor allem basenreiche Rohböden, ist aber in Bezug auf die Bodenart weniger wählerisch.

Ausgesprochene (meist basiphile) Pionierarten umfaßt auch die Gattung *Gypsophila*, während *Helianthemum*, *Selaginella*, *Botrychium* u.a. vor allem schon in mehr oder minder geschlossenen Rasen wachsen. Aber auch sie sind sehr lichtbedürftig. Es handelt sich um niedrige Bodenkräuter, deren Pollen bzw. Sporen wenig Aussicht haben, vom Wind in größerem Maße vertragen zu werden.

Man wird sich die Umgebung während dieses Abschnittes wohl als ein von lichten Weiden- und Sanddorn-Gebüsch beherrschtes Terrain vorzustellen haben, wobei die Gebüsche noch genügend Raum für sehr lichtbedürftige Rasen- und Stauden-Gesellschaften ließen.

Für eine eingehende vegetationsgeschichtliche „Bestandesaufnahme“ ist zwar das Material wegen des starken Sekundärpollengehaltes wenig geeignet; es ist aber dennoch verlockend, die Pollenflora des Saale-Spätglazials mit der des Weichsel-Spätglazials zu vergleichen, auch wenn dieser Vergleich zunächst noch sehr lückenhaft bleiben muß:

1. Pollen und Sporen charakteristischer Stauden und Kräuter des Saale-Spätglazials sind auch für das Weichsel-Spätglazial bezeichnend. Vor allem sind dies: *Helianthemum*, *Selaginella selaginoides*, *Gypsophila*, *Empetrum*, *Ephedra* (*distachya*-Typ) ist ebenfalls auffallend in beiden Spätglazialen verbreitet.
2. Auffallend ist die Regelmäßigkeit der *Hippophae*-Pollenfunde im Abschnitt B. Sie erreichen (vor allem, wenn man den Sekundärpollengehalt mit berücksichtigt) ähnliche Anteile wie vielerorts im Weichsel-Spätglazial, vor allem gegen Ende der Älteren Dryaszeit (vgl. FIRBAS, 1949, S. 297).
3. Weiden-Bestände müssen in beiden Spätglazialen sehr verbreitet gewesen sein.
4. Unter den Nichtbaumpollen spielt im Saale-Spätglazial neben Pollen von Gramineen und Cyperaceen der *Artemisia*-Pollen mengenmäßig die Hauptrolle. Im Weichsel-Spätglazial war *Artemisia* ebenfalls sehr verbreitet.

Es zeigen sich also zweifellos sehr auffallende floristische Parallelen zwischen beiden Spätglazialen.

4. 2. 3. Zeit der Sanddorn-Wacholder-Gebüsche (Abschnitt C)

Im Laufe des vorigen Abschnittes stieg bereits langsam die *Juniperus*-Pollenkurve an. Mit ihrem weiteren Anstieg im Abschnitt C nimmt die Beteiligung der Stauden und Kräuter allmählich wieder ab. Das dürfte vor allem eine Frage der stärker werdenden Beschattung sein. Der Wacholder wurde wohl auch zum Hauptkonkurrenten für den Sanddorn, dessen Pollenkurve ebenfalls rasch abfällt. Die übrigen Baumpollen dürften sich mit Ausnahme von *Salix* und *Betula* auch weiterhin überwiegend auf sekundärer Lagerstätte befinden.

Insgesamt nimmt die Baumpollendichte (BP/cm²) langsam zu, der relative Anteil der Sekundärpollen dagegen langsam ab.

In den letzten Jahren hat es sich gezeigt, daß der Wacholder sich auch im Weichsel-Spätglazial nicht selten jeweils zu Beginn der Bewaldungen ausbreiten konnte (vgl. IVERSEN, 1954, BEHRE, 1966 u. dort zit. Lit.). Ganz entsprechend hat sich der Wacholder wahrscheinlich auch zu Beginn des Holstein-Interglazials verhalten (MENKE, im Druck). Im Laufe des Abschnittes C steigt die Birken-Kurve deutlich an. Mit der Hauptphase der Birken-Ausbreitung beginnt das eigentliche Eem-Interglazial. Der Abschnitt C stellt also den Übergang von der saale-spätglazialen subarktischen Vegetation zur früh-eemzeitlichen Bewaldung dar.

Im Beginn der Bewaldung sind zwischen dem Weichsel-Spätglazial und dem Saale-Spätglazial ebenfalls Parallelen vorhanden: „Sehr rasch sind wahrscheinlich — bis auf wenige Reste — die *Hippophae*-Gebüsche verschwunden. Auffällig lange müssen sich, wenigstens stellenweise, die *Artemisia*-reichen Gesellschaften erhalten haben“, so schreibt FIRBAS (1949, S. 299) über das Weichsel-Spätglazial; das könnte auch über das Saale-Spätglazial gesagt sein.

4. 2. 4. Rückblick

Trotz offensichtlicher floristischer Ähnlichkeit verlief die Vegetationsentwicklung im Saale-Spätglazial nach unseren Ergebnissen jedoch völlig anders als im Weichsel-Spätglazial: Hier kam es bekanntlich zu Rückschlägen in der Entwicklung und dadurch zu den Interstadialen Bölling und Alleröd. Die Vegetationsentwicklung scheint dagegen im Saale-Spätglazial (in Mittelholstein) ganz stetig ohne derartige Rückschläge verlaufen zu sein. Interstadiale hätten bei der geringen Pollendichte z. B. durch Änderungen der BP-Zusammensetzung leicht nachweisbar sein müssen. Schichtlücken sind nicht erkennbar.

Ob man die Vegetation des Abschnittes B, bei aller wahrscheinlichen floristischen Ähnlichkeit mit der Älteren Dryaszeit des Weichsel-Spätglazials, als „Tundren“-Vegetation bezeichnen darf, ist sehr fraglich. Besser wird man von einer „Pionier“-Vegetation sprechen. *Hippophae* erreicht heute (jedenfalls blühend) nirgends die Waldgrenze (IVERSEN, 1954 u. dort zit. Lit.). Die starke Verbreitung lichtbedürftiger Arten kann eine reine Frage der Wandlungsvorgänge sein (insofern, als ein Wald deswegen nicht entstehen konnte, weil die Bäume noch nicht eingewandert waren).

Wegen dieser Unsicherheit läßt sich auch die Grenze Saale-Spätglazial/Eem nicht klimatisch begründen, sondern vorerst nur regional nach biostratigraphischen Gesichtspunkten ziehen. Als Leithorizont wird man dabei wohl am zweckmäßigsten den Beginn der endgültigen Bewaldung wählen, der in verschiedenen Landschaften aber zeitlich durchaus verschieden sein kann.

Die auch unter Berücksichtigung einer anfangs wohl großen Zuwachsrates des Sedimentes wahrscheinlich lange Zeit der Waldfreiheit mag aber angesichts der großen Wander- und Ausbreitungsgeschwindigkeit der Baumbirken doch dafür sprechen, daß zunächst (im Abschnitt A) der Wald noch aus klimatischen Gründen fehlte. Im Abschnitt B können die klimatischen Bedingungen dagegen nicht mehr sehr ungünstig gewesen sein. Der allmähliche Anstieg der Birken-Kurve beginnt etwa ab Mitte dieses Abschnittes. Freilich braucht die Birke zu dieser Zeit im Gebiet noch nicht vorhanden gewesen zu sein. Ihr Pollen wird in großem Maße weit verweht, und bei der geringen BP-Dichte muß sich schon ein etwas stärkerer Anflug deutlich im Pollenspektrum ausprägen.

4. 3. Eem-Warmzeit

4. 3. 1. Birken-Zeit (Abschnitt I)

Mit der Hauptphase der Birken-Ausbreitung wurden besonders lichtbedürftige Arten, wie *Helianthemum*, *Selaginella*, *Hippophae*, rasch weitgehend verdrängt, während andere, etwas mehr Schatten vertragende Taxa, wie *Empetrum*, *Thalictrum*, *Artemisia*, sich noch bis zum Ende der Birken-Zeit oder darüber hinaus halten konnten. Ebenso wurde der Wacholder nur sehr langsam verdrängt. Er bildete wohl einen Unterwuchs in den lichten Birken-Wäldern.

In der Birken-Zeit durchläuft die Kiefern-Kurve ein ausgeprägtes Minimum. Die hohen Kiefern-Anteile im Liegenden lassen sich zwanglos zur Hauptsache auf Sekundärpollen (vgl. „präquartäre Pollen“) und Fernflug zurückführen. Das gleiche Phänomen (einer vorgetäuschten stärkeren Kiefern-Beteiligung) ist auch aus dem Weichsel-Spätglazial geläufig, ebenso tritt es in rezenten Proben aus Skandinavien jenseits der Waldgrenze

auf (vgl. FIRBAS, 1949, S. 25 ff.). In dem Maße, wie die Baumpollendichte (BP/cm²) zunimmt, nehmen diese Kiefernpollenwerte ab, zusammen mit den Werten der anderen Sekundärpollen.

Der Anstieg der Kiefernkurve zum Hangenden hin ist dagegen zweifellos Ausdruck einer tatsächlichen Kiefernausbreitung in der Umgebung; der Anteil des Sekundärpollens ist hier nur noch minimal. Mit dem Beginn der Birken-Zeit trat ein Sedimentwechsel ein: Die Beckenton-Ablagerung wurde (ohne Hiatus) von einer Tonmudde-Bildung abgelöst.

4.3.2. Die übrigen Abschnitte

Die Beschreibung der übrigen waldgeschichtlichen Entwicklung kann kurz gefaßt werden, da sie nicht aus dem für Nordwestdeutschland geläufigen Rahmen herausfällt. Die pollenfloristischen Kriterien lassen sich ohne weiteres an den Pollendiagrammen ablesen. In der Birken-Kiefern-Zeit (Abschnitt II) dominieren *Pinus*- und *Betula*-Pollen. Pollen thermophiler Taxa sind bereits vorhanden (*Quercus*, *Ulmus* vom Beginn an wahrscheinlich auf primärer Lagerstätte), bzw. erscheinen im Laufe der Zeit (*Hedera*, *Viscum*, *Cladium*, cf. *Humulus*). In diesem Abschnitt endet die Bildung der Tonmudde. Mit deutlichem Hiatus setzt gegen Ende der Kiefern-Eichen-Zeit (Abschnitt III) die Kieselgurbildung ein. Die Wälder bestanden jetzt wohl zur Hauptsache aus Eichen und Kiefern mit beigemischten Ulmen, Eschen und Ahornen. Im Unterwuchs war auch *Pteridium* vorhanden. Die Hasel-Eichen-Zeit (Abschnitt IV A) ist pollenfloristisch durch die rasche Ausbreitung von Hasel und Erle ausgezeichnet. Im Laufe der Zeit setzte etwa gleichzeitig die Ausbreitung von Eibe und Linde ein. Kennzeichnend für die Eiben-Linden-Zeit (Abschnitt IV B) sind die kulminierenden Kurven von Eibe und Linde, sowie die deutlich abgefallenen Hasel-Werte. Die Eibe scheint ein regelmäßiger Bestandteil der Wälder gewesen zu sein (vgl. auch AVERDIECK, 1965, BEHRE, 1962, MENKE, 1965). Pollen von Ahorn ist auffallend häufig. Etwa mit Beginn des Abschnittes setzen in den meisten nordwestdeutschen Diagrammen auch die Pollenvorkommen von *Ilex* ein (die älteren Funde in unseren Diagrammen dürfen als Sekundärpollen angesehen werden, zumal *Ilex*-Pollen in tertiären Ablagerungen z. T. sehr verbreitet sind). Im Laufe des Abschnittes setzt allmählich die Ausbreitung von Fichte und Hainbuche ein. Mit der Hauptausbreitung von *Carpinus* beginnt die Hainbuchen-Fichten-Zeit (Abschnitt V), die sich in einen Hainbuchen-reicheren älteren Teil und einen Fichten-reicheren jüngeren Teil gliedern läßt. Mit BEHRE (1962) halten wir die Fichten-Ausbreitung für kein gutes regional brauchbares Leitniveau zur Abtrennung einer eigenen „Fichten-Zeit“, da sie zu sehr örtlich (Bruchwaldbildung) beeinflusst wurde. Die Tendenz einer allmählich zunehmenden allgemeinen Fichten-Ausbreitung ist freilich unverkennbar. Bald nach Beginn des Abschnittes setzen die regelmäßigen Pollenfunde von *Abies* ein.

Die Detritus-Mudde im Profil VII wurde pollenanalytisch nicht ausgewertet, da ein starker Verdacht bestand, daß ein erheblicher Teil der Pollen aus älteren eemzeitlichen Ablagerungen umgelagert war.

5. Zitierte Literatur

- ANDERSEN, Sv. Th.: Interglacialer og interstadialer i Danmarks Kvartaer. Medd. dansk geol. Foren. **15**, 486-506, Kopenhagen 1965.
- AVERDIECK, F.-R.: Die Vegetationsentwicklung des Eem-Interglazials und der Frühwürm-Interstadiale von Odderade/Schleswig-Holstein. Fundamenta B/2, 1965, im Druck.
- BEHRE, K.-E.: Pollen- und diatomeenanalytische Untersuchungen an letztinterglazialen Kieselgurlagern der Lüneburger Heide. Flora **152**, 325-370, Jena 1962. - - Untersuchungen zur spätglazialen und frühpostglazialen Vegetationsgeschichte (mit einem Beitrag zur Gliederung des Präboreals). Eiszeitalt. u. Gegenw. **17**, 69-84, Öhringen 1966.

- FIRBAS, F.: Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. **1**, Jena 1949.
- GRIPP, K.: Erdgeschichte von Schleswig-Holstein. Neumünster 1964.
- HÖLTING, B.: Die Entwässerung des würmeiszeitlichen Eisrandes in Mittelholstein. *Meyniana* **7**, 61-98, Kiel 1958.
- IVERSEN, J.: The Late-Glacial Flora of Denmark and its Relation to Climate and Soil. *Danm. geol. Unders. (II)* **80**, 87-119, Kopenhagen 1954.
- JESSEN, K. & MILTHERS, V.: Stratigraphical and paleontological Studies of Interglacial fresh-water Deposits in Jutland and Northwest Germany. *Danm. Geol. Unders. (II)* **48**, Kopenhagen 1928.
- MENKE, B.: Ein Beitrag zur eemzeitlichen Vegetations- und Klimageschichte nach dem Profil Ostrohe/Schleswig-Holstein. *Fundamenta B/2*, 1965, im Druck. - - Pollenanalytische Untersuchungen an mittelpleistozänen Ablagerungen aus Wacken (Westholstein). *Geol. Jb.*, im Druck.

Manusk. eingeg. 1. 2. 1967.

Anschrift der Verf.: Dr. Burchard Menke, Dr. Peter-Helmut Ross, 23 Kiel-Wik, Geologisches Landesamt Schleswig-Holstein, Mecklenburger Straße 22/24.