

Das Quartär im Untergrund der Deutschen Bucht (Nordsee)

VON KARL-HEINZ SINDOWSKI, HANNOVER

Mit 8 Abbildungen und 8 Tabellen

Zusammenfassung. Die im deutschen Nordseegebiet abgeteuften Flachbohrungen erbrachten eine Schichtfolge, die vom Holozän bis ins Elster-Glazial reicht.

Aus dem Verlauf der Basis-Isobathen der einzelnen Quartär-Schichten wird eine „Nordwestsenke“ ersichtlich, die sich von der Elbmündung — südlich an Helgoland vorbeilaufend — nach NW erstreckt. Diese herzynisch verlaufende Senke ist ein epirogener Senkungsraum, dessen Senkungstendenz sich bis ins Quartär fortsetzte.

Abstract. In the German part of the North Sea the following deposits have been found by borings: marine sands of the Holocene, organic muds and fluvial sands of the Weichselian, marine sands of the Eemian, boulder clay of the Saalian glaciation, marine sands of the Holsteinian and clays of the Elsterian. Fluvioglacial sands underlie the boulder clay and the Elsterian clay.

The bases of all Quaternary deposits slopes gently from the German coasts into the north-western depression. This hercynian depression is a trough of epirogenetic origin, sinking during the Tertiary.

1. Einleitung

Aus dem Gebiet der Deutschen Bucht südöstlich der Doggerbank, also aus dem Gebiet des deutschen Nordsee-Anteiles, lagen bisher nur wenige, meist lokale geologische Angaben vor, so daß über den Aufbau des Quartärs im Untergrund dieses Teiles der Nordsee nichts bekannt war. Die bisherigen Untersuchungen basierten vorwiegend auf hypothetischen Kombinationen von Morphologie und Oberflächenbedeckung des Nordseebodens (z. B. PRATJE 1951, VALENTIN 1957).

Einen Fortschritt in der Kenntnis des Nordsee-Quartärs brachte die Auswertung von 23 gekernteten Flachbohrungen, die im Rahmen der Erdölaufschlußstätigkeit im Gebiet des deutschen Nordsee-Anteiles abgeteuft wurden. Die Bohrungen, sehr weiträumig angeordnet, liegen in einem etwa rechteckigen Gebiet zwischen dem 6. östlichen Längengrad, dem 55. nördlichen Breitengrad und der deutschen Nordseeküste (Abb. 1). Von ihnen erreichen 11 eine Endteufe von 30 m und 6 eine von 10—20 m (Tab. 1). Je nach der Tiefenlage des Meeresbodens am Ansatzpunkt wurden Endteufen von 50—75 m unter NN erreicht.

Den westlichen Anschluß an unser Untersuchungsgebiet, also den niederländischen Nordsee-Anteil, hat OELE (1969) geologisch untersucht. Seine relativ eng gesetzten, aber flachen Bohrungen wurden mit dem Stechrührgerät „Vibracorer“ durchgeführt. Die dabei erschlossene Schichtfolge zeigt weitgehende Übereinstimmung mit der des deutschen Nordsee-Anteiles, jedoch auch spezifische Besonderheiten. So ist hier das Fehlen von Ablagerungen der holstein- und eemzeitlichen Nordsee wie das Auftreten von rötlich gefärbtem drenthestadialem Geschiebelehm und rötlichen Äquivalenten des nordwestdeutschen Lauenburger Tones bemerkenswert.

Im einzelnen werden ausgeschieden (OELE 1969):

- Düнкirchen: junge gelblich-braune Seesande
- Calais : Ablagerungen fehlen
- Boreal : Elbow-Ablagerungen: oben graue schluffige Sande
unten Klei mit Sandbändern
- Präboreal : Torfe, mit dünner Decke von Süßwasserton
- Weichsel : Twente-Formation: fluviatile Tone, Decksande
- Eem : Ablagerungen fehlen
- Drenthe : rötlicher Geschiebemergel, teils britischer, teils skandinavischer Herkunft

Holstein : Ablagerungen fehlen
 Elster : Peelo-Formation: rötliche glazifluviale Tone.

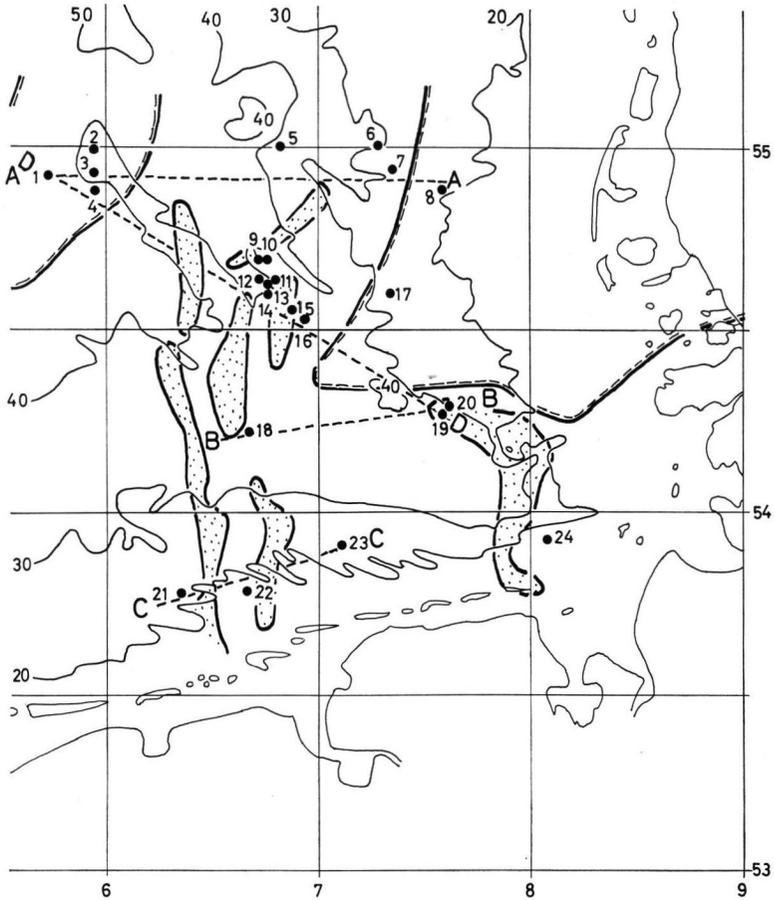


Abb. 1. Lagepunkte der Nordsee-Bohrungen und Lage der Profillinien A, B, C und D. Wichtigste Salzstrukturen und Salzstrukturfreien Gebiete im Untergrund (nach HINZ 1968).

Das Auftreten altholozäner, borealer Ingressionsschichten der holozänen Nordsee (Elbow-Ablagerungen) ist auch aus dem deutschen Küstengebiet bekannt, wo diese Ablagerungen als „Accum-Schicht“ zum untersten Calais gestellt werden.

Die im Nordsee-Konsortium zusammengeschlossenen Erdölgesellschaften stellten die Bohrkerne für eine wissenschaftliche Bearbeitung zur Verfügung und willigten in die Veröffentlichung der Ergebnisse ein. Dafür danke ich verbindlichst.

Vorliegende Arbeit ist nur ein vorläufiger kurzer Ergebnis-Bericht. Es ist geplant, die endgültigen Ergebnisse in einer Gemeinschaftsarbeit (VON STACKELBERG, SINDOWSKI u. a.) niederzulegen.

2. Schichten-Aufbau

Die in den Flachbohrungen angetroffenen Sedimentfolgen wurden mit im deutschen Nordseeküstengebiet bekannten quartären Schichtfolgen verglichen. Ebenso waren die Untersuchungen im benachbarten niederländischen Nordsee-Anteil (OELE 1969) eine wertvolle Hilfe. Trotzdem können die stratigraphischen Eingliederungsversuche als nicht völlig gesichert angesehen werden, da nur wenige Datierungsmöglichkeiten zur Verfügung

standen. Die in den Bohrkernen vorhandenen Geschiebe, Gerölle und Molluskenreste reichten meist mengenmäßig für eine exakte Altersansprache nicht aus. Ebenso erbrachten die Pollenanalysen (H. MÜLLER 1969) keineswegs immer eindeutige Altersangaben, weil das Pollenmaterial z. T. umgelagert war.

Durch die Flachbohrungen mit ihren vorgeplanten Bohrtiefen wurden 8 verschiedene Sedimentfolgen durchteuft bzw. angegritzt:

- 1) Obere marine Schichten: 1—15 m mächtige Feinsande mit Schill
- 2) Limnisch-fluviatile Schichten: bis 17 m mächtige feinsandige Mittelsande
- 3) Mittlere marine Schichten: 4—20 m mächtige schillführende Fein- bis Grobsande
- 4) Glaziäre Schicht: bis 10 m mächtiger sandiger geschiebearmer Geschiebemergel
- 5) Obere glazifluviatile Schicht: Fein- bis Mittelsande
- 6) Untere marine Schichten: schillführende Fein- bis Mittelsande
- 7) Beckenablagerungen: bis 30 m mächtige schluffige Tone und stark schluffige Feinsande
- 8) Untere glazifluviatile Schicht: Fein- bis Mittelsande.

Ausbildung und Altersstellung der einzelnen angetroffenen Schichten werden im folgenden diskutiert.

Tabelle 1
Angaben über die Flachbohrungen

alte Nr.	neue Nr.	Ansatzpunkt m unter SKN	Endteufe m unter SKN	erbohrte Sediment- mächtigkeit in m
C 35	1	42	71,5	29,5
K 35/1	2	34	39,0	5,0
Q 1	3	38	76,1	38,1
K 35/4	4	37	40,7	3,7
C All 1	5	37	52,0	15,0
C 37/3	6	31	61,0	30,0
C 37/2	7	27	58,0	31,0
C 37/1	8	21	50,0	29,0
K 36/1	9	39	42,6	3,6
K 36/2	10	37	41,0	4,0
K 36/3	11	36	39,9	3,9
K 36/4	12	36	39,2	3,2
CN-1-A	13	39	55,0	16,0
N-1-A	14	39	53,0	14,0
C R2	15	38	57,0	19,0
C R3	16	37,5	54,0	16,5
C 39	17	28	58,0	30,0
C 25	18	38	68,0	30,0
C 17/2	19	38	68,0	30,0
C 17/1	20	32	61,0	29,0
C 6	21	28	59,0	31,0
2/A 1	22	20	65,0	45,0
C R4	23	23,5	35,0	11,5

SKN Seekarten-Null = NN —1,50 m

2.1 Obere marine Schichten

Die oberen marinen Schichten treten meist nur als schleierförmige Bedeckung des Pleistozäns auf (Abb. 3) und sind eine Ablagerung der holozänen Nordsee. Nur im Bereich der Sandbewegungsbahnen und in Küstennähe erlangen sie Mächtigkeiten von 20—30 m. Ihre lithostratigraphische Unterteilung im Sinne von BRAND-HAGEMAN-JELGERSMA-SINDOWSKI (1966) ist nicht möglich, weil datierbare humose Einschaltungen

fehlen. Folglich ist auch nicht exakt klärbar, ob die Schichten nur dem Dünkirchen entsprechen (= junge Seesande von OELE 1969) oder ob in ihnen auch das Calais vertreten ist (= Elbow-Ablagerung von OELE 1969).

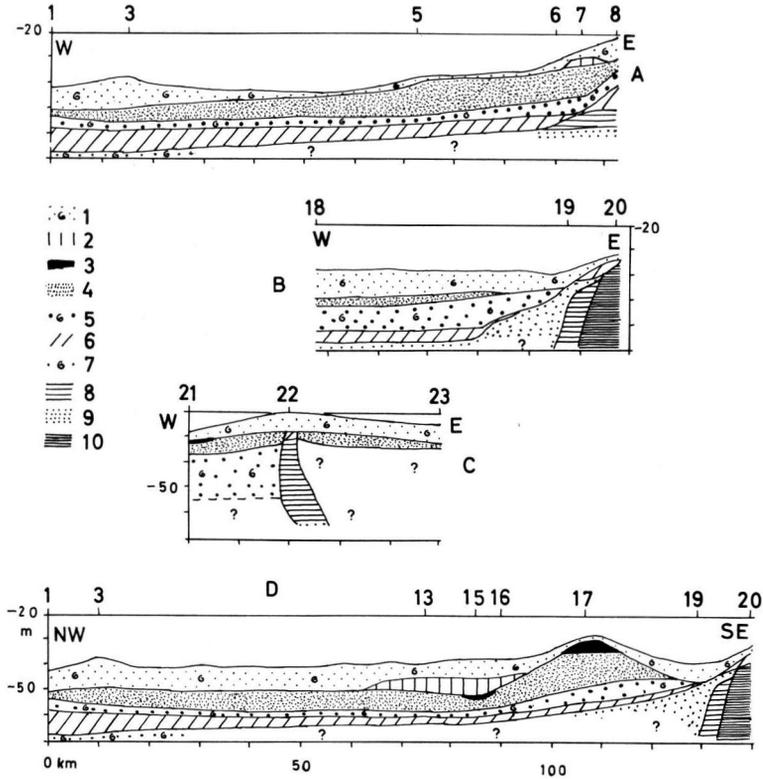


Abb. 2. Geologische Schnitte A bis D (Lage auf Abb. 1). 1 = sandiges marines Holozän, 2 = toniges marines Holozän, 3 = weichselzeitliche Torfe und Gytjen, 4 = weichselzeitliche Sande, 5 = marines Eem, 6 = Geschiebelehm, 7 = marines Holstein, 8 = Lauenburger Ton, 9 = glazifluviale Sande, 10 = Tertiärton.

Die Sedimente der oberen marinen Schichten sind meist graue Feinsande und schluffige Feinsande (Schlicksande), in denen neben Molluskenresten häufig einzelne Mittelkieskörner (Quarz, schwarzer Feuerstein) auftreten. Sie sind stark kalkhaltig.

In Bohrung 7 wurden folgende holozänen Sedimente angetroffen (in m unter SKN):

27,0—32,0 m Feinsand, schluffig, bläulichgrau, kalkhaltig (Dünkirchen)

—32,25 m Mittel- bis Grobsand, graubraun, kalkfrei

—32,50 m Feinsand, braungrau, kalkfrei

—32,75 m Feinsand, schluffig, hellgrau, kalkhaltig

(? Calais)

—33,0 m Mittel- bis Grobsand, mittelgrau, kalkhaltig

—33,25 m Feinsand, graubraun, kalkfrei, Wurzelfasern

(Weichsel)

Der unterste Meter dieses Profils Nr. 7, in seinem oberen Teil entkalkt und eine Sedimentationsunterbrechung andeutend, ist möglicherweise ins Calais zu stellen.

In einzelnen Bohrungen liegen Feinsande über Ton (Klei), der mutmaßlich älter als Dünkirchen ist. Z. B. liegen in Bohrg. 3 (in 38—49 m unter SKN) 5 m graubrauner Feinsand über dunkelgrauem Klei mit *Cardium edule*, in Bhrg. 9 (in 39—43 m unter SKN) 2 m bräunlich-grauer Feinsand über dunkelgrauem Klei mit *Cardium edule* und in Bhrg. 13 (in 39—51 m unter SKN) 4 m grauer Feinsand über 7 m mittelgrauem Klei mit *Cardium edule*.

Einen differenzierteren Aufbau zeigt Bhrg. 15 (in m unter SKN):

38,0—41,0 m	Feinsand, schluffig, dunkelgrau, viel Schill	(Dünkirchen)
—46,50 m	Klei, dunkelgrau, kalkhaltig	
—49,0 m	Feinsand, dunkelgrau, kalkhaltig, Schill	
—50,0 m	Klei, dunkelgrau, kalkhaltig	(? Calais)
—54,0 m	Feinsand, mittelgrau, kalkhaltig, zur Basis hin gröber werdend	
—55,0 m	Feinsand, hellgrau, kalkfrei, Pflanzenreste, humoses Band eingeschaltet	(Weichsel)

Hier scheinen die Sedimente ab 41 m unter SKN dem Calais anzugehören, führen allerdings eine Molluskenfauna des tieferen Wassers.

Wahrscheinlich ließe sich bei dichterem Abbohren im deutschen Nordsee-Anteil eine spezifiziertere Gliederung des Nordsee-Holozäns erarbeiten, mindestens aber die von OELE (1969) vorgeschlagene Gliederung durchführen.

Die in den Bohrkernen gefundene holozäne Molluskenfauna setzt sich aus psammo- und pelophilen Formen zusammen, die an einen gewissen Tiefenbereich ihres Biotops gebunden sind.

Tabelle 2

Holozäne Muscheln und Schnecken

Muscheln	Häufigkeit	Sand < 15 m	Sand > 15 m	Schlick > 25 m
<i>Abra alba</i> S. WOOD	+			+
" <i>nitida</i> MÜLLER	+			+
" <i>prismatica</i> MONTAGU	+			+
<i>Aloidis gibba</i> OLIVI	+			+
<i>Angulus fabula</i> MEUSCHEN	+++		+	
" <i>tenuis</i> DA COSTA	+++		+	
<i>Arctica islandica</i> LINNE	+++			+
<i>Cardium echinatum</i> LINNE	+++			+
" <i>edule</i> LINNE	+++	+		
<i>Divaricella divaricata</i> LINNE	+			+
<i>Donax vittatus</i> DA COSTA	+	+		
<i>Dosinia exoleta</i> LINNE	++			+
<i>Ensis ensis</i> LINNE	++		+	
<i>Macoma baltica</i> LINNE	++	+	+	+
<i>Mactra corallina cinera</i> MONTAGU	+			+
<i>Modiolus modiolus</i> LINNE	+		+	
<i>Mya truncata</i> LINNE	+			+
<i>Nucula nucleus</i> LINNE	+			+
<i>Ostrea edulis</i> LINNE	+	+	+	
<i>Solen marginatus</i> PULTENEY	+		+	
<i>Spisula solida</i> LINNE	+		+	
" <i>subtruncata</i> DA COSTA	+++		+	
<i>Venerupis pullastra</i> MONTAGU	+	+		
<i>Venus gallina</i> LINNE	+++		+	
" <i>ovata</i> PENNANT	+			+
Schnecken				
<i>Acteon tornatilis</i> LINNE	+		+	
<i>Aporrhais pes pelecani</i> LINNE	+			+
<i>Littorina littorea</i> LINNE	+	+		
<i>Lunatia catena</i> DA COSTA	++			+
" <i>montagui</i> FORBES	+			+
" <i>nitida</i> DONOVAN	+			+
<i>Nassarius reticulatus</i> LINNE	+	+		
<i>Turritella communis</i> LAMARCK	+++			+

In Tab. 2 sind die gefundenen Mollusken nach Häufigkeit, Wohnsediment und Wassertiefe aufgeführt. Unterschieden werden nach heutigen Verhältnissen die küstennahen Sandgebiete der „*Macoma-baltica*-Gesellschaft“ bis 15 m Wassertiefe hinunter, die küstenferneren Sandgebiete der „*Venus-gallina*-Gesellschaft“ in 15—50 m Wassertiefe und die eingestreuten Schlicksand- und Schlickgebiete in 25—50 m Wassertiefe.

Insgesamt stellt die in den Bohrkernen gefundene holozäne Molluskenfauna eine Gesellschaft des tieferen Wassers dar, die auf Sand-, Schlicksand- und Schlickboden siedelte. Sofern überhaupt aus dieser Faunenvergesellschaftung eine Folgerung gezogen werden darf, dann diese, daß die Fauna kaum älter als Dünkirchen sein kann. Da nämlich während des Calais der Nordseespiegel erst zügig anstieg, scheint die notwendige Wassertiefe über den genannten Siedlungsräumen der Mollusken erst mit Beginn des Dünkirchen vorhanden gewesen zu sein.

Die Isobathen der Holozän-Basis (Abb. 4) zeigen, daß zu Beginn der holozänen Sedimentation im Nordseeraum südlich von Helgoland eine NW-SE-gestreckte, nach NW abtauchende Senke vorhanden war, deren Anlage bereits präquartär ist, wie später gezeigt wird.

2.2 Limnisch-fluviatile Schichten

An der schleswig-holsteinischen Westküste liegen zwischen den Schichten des marinen Holozän und des marinen Eem die „weichselzeitlichen Talsande“. An der niedersächsischen Nordseeküste dagegen fehlt diese weichselzeitliche Flußsand-Schicht weitgehend und ist meist durch äolische Bildungen (Brauner Sand) vertreten. Dagegen wurde in nahezu allen Bohrungen des deutschen Nordsee-Anteiles unter dem marinen Holozän eine Schicht aus kalkfreien hellen Fein- bis Mittelsanden mit einer charakteristischen „Schwarz-Weiß“-Geröllkomponente aus hellen Quarzen und Quarziten und schwarzem Feuerstein gefunden.

In den Bohrungen 15, 17 und 21 tritt im Top dieser Sandschicht eine humose, meist tonige Lage auf, die in Bhrg. 17 als 5,7 m mächtige Folge von Mudden mit Feinsand-Zwischenlagen ausgebildet ist. Pollenanalysen dieses Mudde-Profiles (Tab. 3) deuten auf Spätbrörup- bis Postbrörup-Alter hin. Demnach ist die liegende Sand-Schicht wohl als weichselzeitlich anzusehen.

Profil der weichselzeitlichen Mudde in Bhrg. 17 (m unter SKN)

30,05—30,18 m	Schluff, stark sandig, braun geflammt, kalkfrei
—30,5 m	Torfmu-dde, sandig, braun, geschichtet (Probe 1)
—31,04 m	Torfmu-dde, tonig, braun, geschichtet (Probe 2)
—31,25 m	Feinsand, stark schluffig, olivgrau, humusgebändert, kalkfrei
—31,75 m	Torfmu-dde, tonig, braun, geschichtet (Probe 3)
—34,0 m	Feinsand, schluffig, olivgrau, humusgebändert, kalkfrei (Probe 4)
—34,75 m	Torfmu-dde, stark sandig, graubraun, gebändert
—36,25 m	Feinsand, olivgrau (Probe 5)

Offenbar sind diese weichselzeitlichen Sande nicht nur Flußsande, sondern stellenweise auch Beckensedimente; denn in den Bohrungen 5 und 15 treten tonstreifige Fein- und Mehlsande, in Bhrg. 19 sogar sandstreifige Tone mit Zwischenlagen von tonigem Feinsand auf.

Die Mächtigkeit dieser weichselzeitlichen Sandschicht ist im nördlichen Teil der Deutschen Bucht am größten, und zwar in einem NW-SE-gestreckten keilförmigen Streifen, dessen Spitze auf die Elbmündung zeigt. Demnach scheint es sich hier im wesentlichen um Talsande des „Elbe-Urstromtales“ zu handeln. Am Südrand dieses Streifens, wo die „Weser-Talsande“ zu vermuten wären, scheint der Sand durch die holozäne Nordsee erodiert zu sein. Die Vermutung, daß die umgelagerten weichselzeitlichen Sande einen wesentlichen Teil des holozänen Nordseesandes geliefert haben, liegt also nahe.

Die Basis-Isobathen der weichselzeitlichen Sand-Schicht zeichnen eine NW-SE-gestreckte Senke mit NW-Gefälle nach (Abb. 5). Diese herzynisch streichende Senke war bereits im Holozän erwähnt.

Tabelle 3

Pollenanalysen des Mudde-Profiles von Bohrung 17
(anal. H. MÜLLER 1969)

<i>Pinus</i>	48	71	53	55	65
<i>Picea</i>	3	2	1	4	7
<i>Abies</i>	1	1	2	1	3
<i>Tsuga</i>	1	—	—	2	2
cf. <i>Taxus</i>	—	1	—	—	—
cf. <i>Sequoia</i>	2	—	—	—	—
<i>Fagus</i>	—	1	—	1	—
<i>Carpinus</i>	2	1	2	2	1
<i>Carya</i>	—	—	1	1	—
<i>Quercus</i>	23	8	28	16	11
<i>Ulmus</i>	—	—	2	1	—
<i>Tilia</i>	—	—	—	1	1
<i>Fraxinus</i>	—	—	1	—	1
<i>Alnus</i>	9	6	5	7	3
<i>Betula</i>	10	8	4	9	5
<i>Salix</i>	1	1	—	—	1
cf. <i>Rhus</i>	—	—	1	—	—
<i>Corylus</i>	7	3	6	9	6
cf. <i>Hammamelis</i>	1	—	—	1	—
cf. <i>Ilex</i>	—	1	1	—	—
<i>Hedera</i>	—	—	1	—	—
<i>Calluna</i>	1	3	2	—	—
<i>Empetrum</i>	—	1	—	—	1
cf. <i>Vaccinium</i>	1	—	—	—	—
Gramineae	4	3	4	6	7
Cyperaceae	6	4	6	2	4
<i>Thalictrum</i>	—	—	—	—	1
Tubuliflorae	—	—	1	—	—
cf. <i>Sparganium</i>	—	—	—	—	1
Varia	6	4	4	7	6
Polypodiaceae	6	3	1	1	3
<i>Sphagnum</i>	5	10	9	3	2
<i>Pediastrum boryanum</i>	—	1	1	5	1
<i>Pediastrum kawaraiskii</i>	2	—	—	4	1
<i>Hystrichosphaerideae</i>	3	5	3	9	16
Probe Nr.	1	2	3	4	5

Probe 1: 30,25—30,5 m unter SKN; 2: 30,75—31,0 m; 3: 31,25—31,5 m; 4: 33,0—33,25 m; 5: 34,75—35,0 m.

Befund nach H. MÜLLER: stark humoser, z. T. deutlich geschichteter Feinsand aus einer Zeit mit arktischem bis subarktischem Klima, vermutlich aus dem Zeitabschnitt zwischen dem Ausgang des Brörup-Interstadiales und dem Beginn des Spätglazials der Weichsel-Kaltzeit.

Die Pollenspektren stellen ohne Zweifel Mischspektren dar, die einen hohen Anteil von Pollenkörnern auf sekundärer Lagerstätte des Eem-Interglazials und aus den kühleren Teilen des Quartärs aufweisen. Daneben enthalten sie Pollenkörner von „Tertiärelementen“ wie *Tsuga*, cf. *Sequoia*, *Carya* und cf. *Rhus* sowie *Hystrichosphaerideen* und vereinzelte mesozoische Sporomorphen.

2.3 Mittlere marine Schichten

Unter den fluviatilen weichselzeitlichen Schichten liegen wiederum marine Schichten. Diese bestehen aus recht grobkörnigen Sedimenten, im unteren Teil aus Kiesen und Grobsanden, im oberen Teil aus Feinsanden und tonigen Sedimenten. Häufig ist ein Basalkies aus Quarz, Quarzit und schwarzem Feuerstein vorhanden.

Molluskenreste kommen in den Sanden nur in Form von Bruchschill vor, da die Schalen und Gehäuse durch Transport und Umlagerung abgerieben, zerbrochen und bei Dünnschaligkeit auch völlig verschwunden sind. Die Bestimmung der Bruchstücke war daher schwierig.

Die in den Bohrkernen gefundene Mollusken-Fauna besteht aus psammo- und pelophilen Formen des tieferen Wassers, unter Vorherrschen von *Arctica islandica*. Gefunden wurden im einzelnen:

<i>Angulus fabula</i> MEUSCHEN	<i>Macoma baltica</i> LINNE
<i>Arctica islandica</i> LINNE	<i>Mactra corallina cinera</i> MONTAGU
<i>Cardium echinatum</i> LINNE	<i>Ostrea edulis</i> LINNE
„ <i>edule</i> LINNE	<i>Spisula subtruncata</i> DA COSTA
<i>Donax vittatus</i> DA COSTA	<i>Venus gallina</i> LINNE

Die Leitformen des eemzeitlichen Flachwasserbereiches *Venerupis senescens* COCCONI und *Bittium reticulatum* DA COSTA wurden nicht identifiziert. Trotzdem scheint die Ansprache dieser mittleren marinen Schichten als marines Eem in Hochsee-Ausbildung be-rechtigt.

Auffällig ist die große Tiefenlage des marinen Eem im Nordseegebiet. Die Eem-Basis liegt hier zwischen 37—62 m unter NN und die Eem-Oberkante zwischen 33—54 m. Im ostfriesischen Küstengebiet dagegen liegt die Basis des Watt-Eem bei ca. 17 m unter NN und seine Oberkante bei 8—9 m unter NN.

Paläogeographisch gesehen zeichnen sich im marinen Eem anscheinend 3 Faziesbereiche ab: 1) grobsandige Hochsee-Ausbildung mit *Arctica islandica*, 2) feinsandige Flachwasser-Ausbildung mit *Venerupis senescens* und *Bittium reticulatum* als Leitformen, 3) sandig-tonige Watt-Ausbildung mit Basaltorf und Verzahnungen mit dem eem-zeitlichen Küstenrandmoor und den eemzeitlichen Flußablagerungen.

2.4 Glaziäre Schicht

Im nordwestdeutschen Küstengebiet ist das Saale-Glazial nur durch Ablagerungen des Drenthe-Stadiums vertreten. Die Drenthe-Grundmoräne führt einheitlich Geschiebe-Inventar mittelschwedischer Herkunft.

Im deutschen Nordsee-Anteil sind drenthestadiale Vorschütt-sande, Geschiebemergel und geringmächtige Beckentone erbohrt worden. Der in einigen Bohrungen des niederländischen Nordsee-Anteiles angetroffene rote Geschiebelehm (OELE 1969) wurde im deutschen Nordsee-Anteil nicht gefunden.

Die mittleren marinen Schichten werden von einem typischen Geschiebemergel bzw. Geschiebelehm unterlagert, in einer Ausbildung, wie er aus dem ostfriesischen Küstengebiet bekannt ist.

Die Grundmoräne besteht aus grauem bis graugrünlichem geschiefeführenden Geschiebemergel mit mittel- bis grobsandigen Einschaltungen. Er enthält stellenweise etwas marinen Bruchschill, von dem nicht eindeutig feststeht, ob er holozänen oder eemzeitlichen Nachfall von oben oder aus dem liegenden marinen Holstein aufgenommenes Material darstellt.

Eine Leitgeschiebe-Analyse des Geschiebemergels war nicht durchführbar, weil z. B. aus Bhrg. 20 nur 80 Geschiebe vorlagen. Da diese Probe jedoch weder Rhombenporphyre noch Rapakiwi enthält, ist ihr bereits aus der Lage im Profil vermutetes, drenthestadiales Alter am wahrscheinlichsten.

Tabelle 4

Geschiebe-Analyse, Bohrung 20, 32,7—34,0 m unter SKN

brauner Feuerstein	20,3 Stück-%
weißgerindeter Feuerstein	11,0
Summe Feuersteine	31,3
roter Dala-Sandstein	1,2
helle Sandsteine	12,5
helle Quarzite	16,5
Summe Sedimente	30,2
Quarz	5,0
rotes Kristallin	12,5
graues Kristallin	10,0
grünes Kristallin	5,0
Porphyre	2,5
Summe Kristallin	30,0
unbestimmt	3,5

Die Basis des Geschiebemergels fällt von der ostfriesischen Küste nach N hin ab — aus dem Raum Krummhörn—Borkum—Juist war dies Nordeinfallen seit langem bekannt — dagegen von der schleswig-holsteinischen Küste nach W hin ab. Das Abtauchen der Geschiebemergel-Basis markiert wieder die NW-SE-streichende Senke, die sich bereits in der Morphologie der holozänen und weichselzeitlichen Basis widerspiegelt.

Beziehungen zwischen anstehendem Geschiebemergel und dem „Rauhen Grund“ oder den „Steingründen“ des Nordseebodens scheinen nicht zu bestehen. Die Steingründe, die z. B. PRATJE (1951) zur Rekonstruktion seiner saalezeitlichen Endmoränenzüge am Grunde der Nordsee benutzte, sind wohl kaum saalezeitlich, denn der drenthestadiales Geschiebemergel liegt im Bereich der Bohrungen 7, 17 und 20 erheblich tiefer, bedeckt von eem- und weichselzeitlichen Ablagerungen.

2.5 Untere marine Schichten

Auffällig ist, daß marine holsteinzeitliche Ablagerungen im deutschen Nordsee-Anteil kaum und im niederländischen Nordsee-Anteil überhaupt nicht (OELE 1969) gefunden wurden. In den Bohrungen 1 und 3, also im äußersten NW des Untersuchungsgebietes, wurden in ca. 70 m unter NN schillführende Fein- bis Mittelsande mit maximal 2 m angeritzt (Abb. 2). Sonst sind sie von den Bohrungen wahrscheinlich nicht erreicht worden.

Die in den Bohrkernen vorgefundene Mollusken-Faunula besteht aus psammo- und pelophilen Formen. Im einzelnen wurden gefunden:

Abra alba WOOD*Arctica islandica* LINNE*Astarte montagui* DILLWYN*Cardium edule* LINNE*Dosinia exoleta* LINNE*Macoma baltica* LINNE*Spisula subtruncata* DA COSTA

Astarte montagui kann als eine Leitform des marinen Holstein angesehen werden (GRAHLE 1936), denn sie fehlt im Eem und tritt im Holozän sowie heute nicht im Gebiet der Deutschen Bucht auf. Unter Vorbehalt werden deshalb die unteren marinen Schichten zum Holstein gerechnet.

2.6 Beckenablagerungen

In den Bohrungen 19 und 22 wurde ein dunkler Ton angetroffen, der mutmaßlich ein Äquivalent des Lauenburger Tones ist.

In Bhrg. 22 wird er 30 m mächtig und liegt direkt unter drenthestadialen Geschiebelehm. Dieser Ton scheint lokal durch Eisdruck hochgestaucht zu sein, denn in den in 50 m Abstand niedergebrachten, hier nicht erwähnten Nachbarbohrungen wurde er nicht angetroffen.

In Bhrg. 19 tritt ein 20 m mächtiger Ton auf, der in seinen unteren Partien Einlagerungen von schwarzen Fein- bis Mittelsanden enthält. Dieses Vorkommen liegt am SW-Hang der Helgoländer Salzstruktur und lehnt sich offenbar an den Hang des in Bhrg. 20 angetroffenen hochliegenden Tertiärtons an. Deswegen ist es möglich, daß dieser angebliche Beckenton ein Abschlämmprodukt vom Hang des Tertiärtones ist. Nach der geologischen Situation im Bohrprofil müßte dieser Ton spätelster- bis frühsaalezeitlich, also ein Äquivalent des Lauenburger Tones sein (Abb. 2).

Tabelle 5

Pollenanalyse eines Tones aus Bohrung 7, 52, 5—52, 75 m unter SKN

<i>Pinus</i>	30	<i>Corylus</i>	5
<i>Picea</i>	12	Gramineae	7
<i>Sequoia</i>	1	Cyperaceae	10
<i>Sciadopytis</i>	1	<i>Calluna</i>	4
<i>Fagus</i>	2	<i>Empetrum</i>	1
<i>Carpinus</i>	2	Ericaceae	2
<i>Quercus</i>	19	Indeterminata	5
<i>Ulmus</i>	3	<i>Sphagnum</i>	12
<i>Tilia</i>	2	Polypodiaceae	6
<i>Fraxinus</i>	1	cf. <i>Rhus</i>	1
<i>Alnus</i>	14	<i>Monocolpites</i>	1
<i>Betula</i>	11	cf. <i>Pitysporites</i>	1
<i>Salix</i>	2		

Befund nach H. MÜLLER: Pleistozän. Kaltzeitliches Sediment mit umgelagertem Pollenmaterial, das vorwiegend aus pleistozänen, interglazialen, vielleicht z. T. auch interstadialen und nur zu relativ kleinem Teil aus jungtertiären Schichten während einer vegetationsarmen Zeit umgelagert worden ist.

In Bhrg. 7 wurde ein graubrauner Ton angetroffen, der unter den mittleren marinen Schichten liegt. Von diesem Ton (Tab. 5) ist unklar, ob er ein Beckensediment über mutmaßlich drenthestadialen Geschiebemergel darstellt oder aber bereits ein Äquivalent des Lauenburger Tones ist.

Die mutmaßlich elsterzeitlichen Tone sind dunkelgrau bis schwarz gefärbt. Rotgefärbte elsterzeitliche glazifluviatile Tone, die im niederländischen Nordsee-Anteil anscheinend weit verbreitet auftreten (OELE 1969), wurden nicht beobachtet, obwohl sie noch in den grenznahen niederländischen Nachbarbohrungen auftreten.

2.7 Glazifluviatile Schichten

Da unter dem mutmaßlich drenthestadialen Geschiebemergel wie unter dem „Lauenburger Ton“ glazifluviatile Sande auftreten, scheint eine obere saalezeitliche und eine untere elsterzeitliche glazifluviatile Schicht vorhanden zu sein (Abb. 2).

2.7.1 Obere glazifluviatile Schicht

Glazifluviatile Sande unter mutmaßlich drenthestadialen Geschiebemergel wurden in Bhrg. 17 und 18 mit nur 1—2 m angeritzt. Ihre Mächtigkeit ist daher unbekannt. Es sind helle Mittel- bis Feinsande mit einzelnen Kieskörnern.

2.7.2 Untere glazifluviatile Schicht

Glazifluviatile Sande unter mutmaßlichem Lauenburger Ton wurden in den Bohrungen 19 und 22 mit 1—2 m angeritzt. Ihre Mächtigkeit ist daher unbekannt. Es sind helle Mittelsande mit einzelnen Kieskörnern.

Tabelle 6
Vorläufige stratigraphische Einstufung des deutschen
Nordsee-Quartärs

vermutete stratigr. Stellung	Schicht	Mächtigkeit in m	Ausbildung
Holozän	Obere	1 — 15	Düнкirchen: Feinsande bis Schlicke mit einer Molluskenfauna des tieferen Wassers
	marine		Calais: Sande und Tone (Klei) mit einer Flachwasserfauna
Weichsel	limnisch-	0 — 17	oben: tonig-sandige Mudden oder humose Lagen von Spätbrörup- bis Postbrörup-Alter
	fluviatile		unten: Fein- bis Mittelsande mit typischer „Schwarz-Weiß“-Kieskomponente
Eem	mittlere marine	4 — 20	Fein- bis Mittelsande mit Basalkies und untypischer Molluskenfauna (<i>Arctica islandica</i>)
Drenthe (Saale)	Beckenablagerung	0 — 3	dunkle Tone (Bohrung 7)
	glaziäre	1 — 10	grauer sandiger geschiebearmer Geschiebemergel bzw. Geschiebelehm ohne Rhombenporphyr und Rapakiwi
	obere glazifluviatile	>2	Fein- bis Mittelsande mit geringer Kieskomponente
Holstein	untere marine	>2	Fein- bis Mittelsande mit <i>Astarte montagui</i> und untypischer Molluskenfauna
Elster	Beckenablagerung	bis 30	dunkle, z. T. gebänderte Tone („Lauenburger Ton“), in Bohrung 22 glaziär gestaucht
	untere glazifluviatile	> 2	Fein- bis Mittelsande mit geringer Kieskomponente

(Altpleistozäne Schichten wurden nicht mehr erbohrt.)

3. Schichtenlagerung

Bereits bei Besprechung der holozänen, weichselzeitlichen, eemzeitlichen und saalezeitlichen glaziären Sedimente wurde darauf hingewiesen, daß die Basis dieser Schichten ein \pm kontinuierliches Gefälle auf eine SW-SE-gestreckte Senke hin hat.

3.1 Pleistozän

Die Basis des drenthestadialen Geschiebelehms taucht im ostfriesischen Küstengebiet zwischen Krummhörn und den Inseln Juist und Borkum nach N hin ab, und zwar um 18—26 cm/km. Nach N zu verstärkt sich ihr Gefälle und erreicht zwischen den Bohrungen 22 und 18 sein Maximum mit ca. 39 cm/km. Zwischen den Bohrungen 18 und 1, im Gebiet der NW-Senke, verläuft die Geschiebelehm-Basis nahezu horizontal.

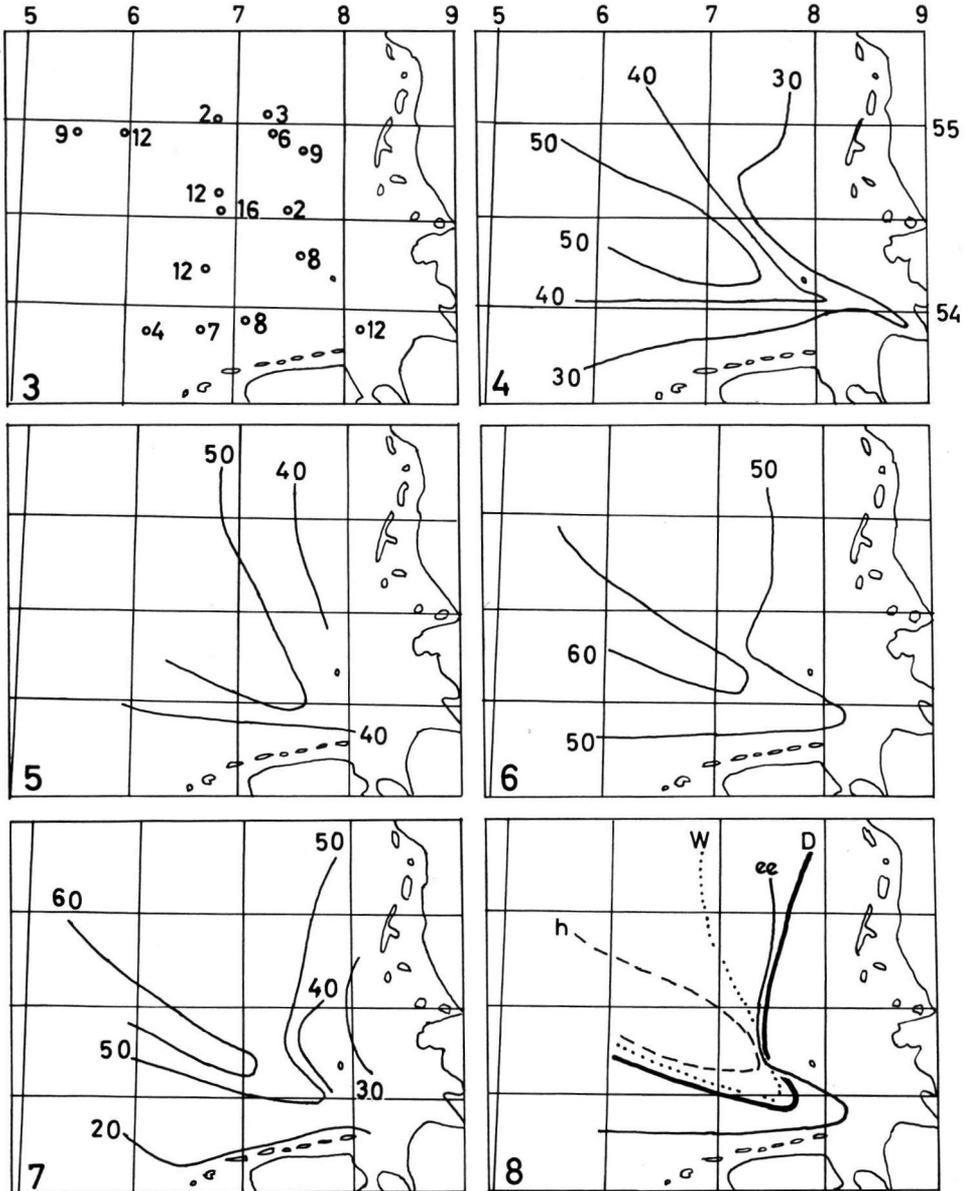


Abb. 3 bis 8. 3. Mächtigkeiten des marinen Holozän, 4. Isobathen der Basis des marinen Holozän, 5. Isobathen der Basis der weichselzeitlichen Sande, 6. Isobathen der Basis des marinen Eem, 7. Isobathen der Geschiebelehm-Basis, 8. Vergleich des Verlaufs der 50-m-Isobathen der Basen von Geschiebelehm (D), marinem Eem (ee), weichselzeitlichen Sanden (W) und marinem Holozän (h).

An der schleswig-holsteinischen Küste taucht die Geschiebelehm-Basis anscheinend nach W ab. Z. B. sinkt sie zwischen Bhrg. 7 im E und Bhrg. 1 im W um 7,6 cm/km und zwischen Bhrg. 17 im E und Bhrg. 18 im W um 17 cm/km ab.

Tabelle 7

Basis des Geschiebelehm
(in m unter NN)

Norden	± 17,0
Memmert	± 20,3
Juist	± 20,5
Borkum	± 20,5
Bohrung 22	27,7
Bohrung 18	65,2
Bohrung 1	65,2

Tabelle 8

Abtauchen der Geschiebe-
lehm-Basis nach N (in cm je km)

Norden-Juist	± 22
Juist-Bohrung 22	± 31
Borkum-Bohrung 22	± 36
Bohrung 22—18	± 39
Juist-Bohrung 18	± 38
Borkum-Bohrung 18	± 38
Bohrung 18—1	± 0

Abb. 7 zeigt den Verlauf der Isobathen der Geschiebelehm-Basis. Die 60-m-Isobathe deutet eine Senke von NW—SE-Verlauf an. Abb. 6 zeigt die Isobathen der Basis der mittleren marinen Schicht (Eem). Die 60-m-Isobathe umfaßt ebenfalls eine NW—SE-gestreckte Senke. Die Isobathen der weichselzeitlichen Basis (Abb. 5) zeigen in ihrem Verlauf ein ähnliches Bild wie Abb. 6 und 7. Die 50-m-Isobathe umschließt eine NW—SE-gestreckte Senke.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß bereits vor dem mutmaßlich drenthestadialen Geschiebelehm eine NW—SE-gestreckte Senke mit NW-Gefälle existierte, deren Fortsetzung nach NW durch Bohrungen bisher nicht ermittelt wurde.

3.2 Holozän

Die Holozän-Basis (Abb. 4), belegt durch sämtliche im Gebiet vorhandenen etwas tieferen Bohrungen, zeigt im Verlauf ihrer 30-m-, 40-m-, und 50-m-Isobathen besonders eindrucksvoll die Morphologie der NW-Senke.

Der Isobathen-Verlauf des heutigen Nordseebodens (Abb. 1) zeichnet zwar mit seinen 30-m- und 40-m-Isobathen die NW-Senke ebenfalls nach, jedoch sind die morphologischen Verhältnisse in bestimmten Gebieten durch Erosion oder stärkere Sedimentation auf dem Nordseeboden im Laufe des Holozäns verändert worden.

3.3 Nordwest-Senke

Die Nordwestsenke, die hier als morphologische Hohlform seit dem Mittelpleistozän nachgewiesen wurde (Abb. 8), ist in ihrer Anlage älter. Sie kreuzt diagonal eine Anzahl im Untergrund liegender N—S-gestreckter wallartiger Salzstrukturen und grenzt im N an das salzfreie „Ringkjöbing-Fünen-Hochgebiet“ (HINZ 1968). Wahrscheinlich setzt sie sich nach NW in die große „Zentrale Nordwestsenke“ (= zentrales Tertiärbecken) fort, die zwischen dem bis Ende des Mesozoikums wirksamen „Doggerbank- und Schillbank-Hochgebiet“ liegt und große Tertiärmächtigkeiten aufweist (HINZ 1968), also zweifellos einen epirogenen Senkungsraum während des Tertiärs darstellt.

Im Gebiet der Nordwestsenke sind die Sedimentmächtigkeiten des Quartärs gegenüber ihren Rändern nur wenig erhöht (Abb. 3, 6). So betragen sie für das marine Holozän am Senkenrand durchschnittlich 4 m (2—6 m) und im Senkeninneren 13 m (9—16 m). Für das marine Eem liegen die Mächtigkeitswerte ähnlich: durchschnittlich 5 m (3—7 m) am Senkenrand, 12 m (9—14 m) im Senkeninneren. Diese Mächtigkeitsunterschiede lassen vermuten, daß die Nordwestsenke noch im Quartär eine, wenn auch geringe Senkungstendenz beibehalten hat.

Berücksichtigt man ferner, daß in manchen Abschnitten des ostfriesischen Küstengebietes die Klei-Ablagerungen der einzelnen holozänen Nordsee-Ingressionen ein meist deutliches, aber unterschiedlich starkes Einfallen nach N erkennen lassen, so muß mit einer „tektonischen Komponente“ im Fragenkomplex „Küstensenkung—Nordseespiegelanstieg“ gerech-

net werden. Bisher ist noch nicht übersehbar, inwieweit und in welchem Ausmaße die Nordwestsenke das holozäne Ingressionsgeschehen an der deutschen Nordseeküste beeinflusst hat.

Schriften

- BRAND, G., HAGEMAN, B. P., JELGERSMA, S. & SINDOWSKI, K. H.: Die lithostratigraphische Unterteilung des marinen Holozäns an der Nordseeküste. — *Geol. Jb.*, **82**, 365—384, Hannover 1966.
- BUNGENSTOCK, H., CLOSS, H. & HINZ, K.: Geophysikalische Untersuchungen im südlichen Teil der Nordsee. — *Erdöl u. Kohle*, **16**, 450—455, Hamburg 1963.
- GRAHLE, H. O.: Die Ablagerungen der Holstein-See (Mar. Intergl. I), ihre Verbreitung, Fossilführung und Schichtenfolge in Schleswig-Holstein. — *Abh. preuß. geol. Landesanst. N.F.*, **172**, 110 S., Berlin 1936.
- GRIPP, K.: Die Entstehung der Nordsee. — In: *Werdendes Land am Meer*, 1—41, Berlin 1937.
- HINZ, K.: A contribution to the Geology of the North Sea according to geophysical investigations by the Geological Survey of German Federal Republic. — In: *Geology of shelf seas*, 55—71, Edinburgh 1968.
- LÜDERS, K.: Die Sedimente der Nordsee. — *Neues Arch. Niedersachs.*, **16**, 213—226, Göttingen-Hannover 1950.
- OELE, E.: The Quaternary Geology of the Dutch part of the North Sea, north of the Frisian isles. — *Geol. en Mijnb.*, **48**, 467—479, s'Gravenhage 1969.
- PRATJE, O.: Die Deutung der Steingründe in der Nordsee als Endmoränen. — *Dt. hydrogr. Z.*, **4**, 201—205, Hamburg 1951.
- REINECK, H. E., DÖRJES, J., GADOW, S. & HERTWECK, G.: Sedimentologie, Faunenzonierung und Faziesabfolge vor der Ostküste der inneren Deutschen Bucht. — *Senckenbergiana lethaea*, **49**, 261—309, 15 Abb., 2 Taf., Frankfurt/M. 1968.
- SINDOWSKI, K. H.: Das Eem im ostfriesischen Küstengebiet. — *Z. deutsch. geol. Ges.*, **115**, 163—166, Hannover 1965.
- : Gliederungsmöglichkeiten im sandig ausgebildeten Küsten-Holozän Ostfrieslands. — *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **19**, 209—218, Öhringen 1968.
- : Geologische Entwicklung von Ostfriesland. — In: *Ostfriesland im Schutze des Deiches Bd. 1*, 3—48, Pewsum 1969.
- VALENTIN, H.: Die Grenze der letzten Vereisung im Nordseeraum. — *Verh. 30. Geographentag Hamburg 1955*, 359—366, Hamburg 1957.

Manusk. eingeg. 20. 3. 1970.

Anschrift des Verf.: Prof. Dr. K. H. Sindowski, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, 3 Hannover-Buchholz, Alfred-Bentz-Haus.