

<i>Eiszeitalter u. Gegenwart</i>	35	49—59 4 Abb.	<i>Hannover 1985</i>
----------------------------------	----	-----------------	----------------------

Die Ausbreitung des Eem-Meeres in Nordwestdeutschland

HANS CHRISTOPH HÖFLE, JOSEF MERKT & HELMUT MÜLLER *)

Borehole section, section, extension, Eemian Sea.
Northwest German Plains, Niedersachsen, North Sea

K u r z f a s s u n g : Neuere Kartier- und Bohrergebnisse machen eine teilweise Revision der bisherigen Ansichten über die Ausbreitung des Eem-Meeres notwendig. Nach DECHEND (1958) und SINDOWSKI (1958, 1965) erreichte das Eem-Meer während seines Höchststandes ungefähr die heutige Küstenlinie. Im Bereich der ostfriesischen Küste haben die Arbeiten von BARCKHAUSEN (1984) und BARCKHAUSEN & STREIF (1978) einige kleinere Veränderungen des eemzeitlichen Küstenverlaufs ergeben. Im Elbe-Weser-Dreieck muß die Küstenlinie des Eem-Meeres um bis zu 22 km in die Hadelner Bucht verlegt werden. Sie entspricht dadurch der maximalen Ausbreitung des holozänen Meeres vom Subboreal bis Subatlantikum.

[The Limits of the Eemian Sea in Northwest Germany]

A b s t r a c t : New results of mapping and drilling activities required a revision of part of the existing concepts about the limits of the Eemian coastline of the German Bight. According to DECHEND (1958) and SINDOWSKI (1958, 1965), the highest stand of the Eemian sea reached approximately the present coastline. Studies by BARCKHAUSEN (1983) and BARCKHAUSEN & STREIF (1978) of the coastal zone of East Frisia showed that some minor modifications of the Eemian coastal configuration were necessary. Studies by the authors and LADE (1976) in the area between the Elbe and Weser Rivers resulted in a displacement of the southernmost coastline of the Eemian sea in the Hadelner Bucht 22 km further south. Consequently, this coastline corresponds to the maximum extension of the Holocene sea from the Subboreal to the Subatlantic periods.

1. Historischer Überblick und Einleitung

Marine Ablagerungen der Eem-Warmzeit haben im nordwestdeutschen Küstenbereich zuerst SCHÜTTE (1935) und WILDVANG (1936) in Bohrungen nachgewiesen. 1949 fielen im Rahmen eines Wattbohrprogrammes der Forschungsstelle Norderney ausreichend Informationen an, um die südliche Küste des Eem-Meeres ungefähr zwischen

*) Anschriften der Autoren: Dr. H. MÜLLER, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Stilleweg 2, D — 3000 Hannover 51.

Dr. H. CHR. HÖFLE, Dr. J. MERKT, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Stilleweg 2, D — 3000 Hannover 51.

den Ostfriesischen Inseln und dem Festland festzulegen (DECHEND 1950, 1954, 1958). Aufgrund der geologischen Kartierungen im Blattgebiet der Geologischen Karte 1 : 25 000 (GK 25) Nr. 2210 Langeoog West und Nr. 2211 Langeoog Ost durch BARCKHAUSEN (1969, 1970) sowie Nr. 2212 Spiekeroog und Nr. 2213 Wangerooge durch SINDOWSKI (1969 a, 1970) konnte die Verbreitung des Eem-Meeres erheblich detaillierter dargestellt werden.

Im Elbe-Weser-Dreieck sind durch die Kartierungsarbeiten von SINDOWSKI (1969 b, 1975) auf den Blattgebieten der GK 25 Nr. 2118 Cuxhaven und Nr. 2119 Otterndorf marine Sedimente der Eem-Warmzeit bekannt geworden.

Im Rahmen der geologischen Kartierung des Blattes 2319 Bederkesa der TK 25 haben die Autoren in mehreren Bohrungen marines Eem nachgewiesen. Die Ergebnisse blieben bisher unveröffentlicht. Weitere Hinweise auf marines Eem ergab die Kartierung des Blattes 2218 Wanna der TK 25 durch LADE (1976).

Das Ziel dieser Arbeit ist es, die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen zusammenzufassen, um einen Überblick über die bisher festgestellte und die vermutete Verbreitung des Eem-Meeres zu geben. Die Schwerpunkte liegen auf dem bisher noch nicht durch Publikationen bekannt gewordenen Raum der Hadelner Bucht im N des Elbe-Weser-Dreiecks.

2. Verbreitung und Ausbildung der eemzeitlichen Meeresablagerungen

2.1. Der Mündungsbereich der Ems

DECHEND (1958) zufolge transgredierte das Eem-Meer erst nach dem Klimaoptimum in den Ems-Mündungsbereich, und zwar fast überall über ein Basis-Konglomerat aus Steinen und Geröllen aus aufgearbeiteten Grundmoränen und kiesigen Schmelzwassersanden der Elster- und der Saale-Kaltzeit. Darüber wurden hauptsächlich Feinsande mit Ton- und Schlufflagen sedimentiert, die neben Diatomeen, Mollusken und Foraminiferen auch humose Lagen und Pflanzenreste enthalten. Es handelt sich dabei um die Ablagerungen eines Wattenmeeres (Abb. 1).

DECHEND & SINDOWSKI (1956) beschrieben aus einer Bohrung südlich Emden (Archiv-Nr. GE 54, GK 25 Nr. 2609 Emden-West; R: 25 80 210, H: 5911 100) zwischen 16,85 und 16,75 m unter NN einen 10 cm mächtigen Torf, der aufgrund von Pollenanalysen im Abschnitt III a/III b der Eem-Gliederung nach SELLE (1962) entstanden ist. (Im folgenden beziehen sich alle stratigraphischen Angaben zum Eem auf die Gliederung von SELLE 1962.) Zeitlich entspricht dieser Abschnitt dem Wärmeanstieg des Eem. Die darüber liegenden 2,35 m mächtigen Feinsande untersuchte HALLIK (1954) auf Diatomeen. Daraus ergab sich ihre Sedimentation im Brackwasserbereich unter dem Einfluß der Gezeitenbewegungen, was auf ästuarine Sedimentationsbedingungen schließen läßt. Die über den Brackwasserablagerungen folgenden Sande gehören nach DECHEND & SINDOWSKI (1956) aufgrund ihrer Höhenlage (9,4—14,3 m unter NN) ebenfalls in die Eem-Warmzeit. Da es sich aber um fossilfreie Sedimente handelt, sind es wahrscheinlich fluviatile Sande der Weichsel-Kaltzeit.

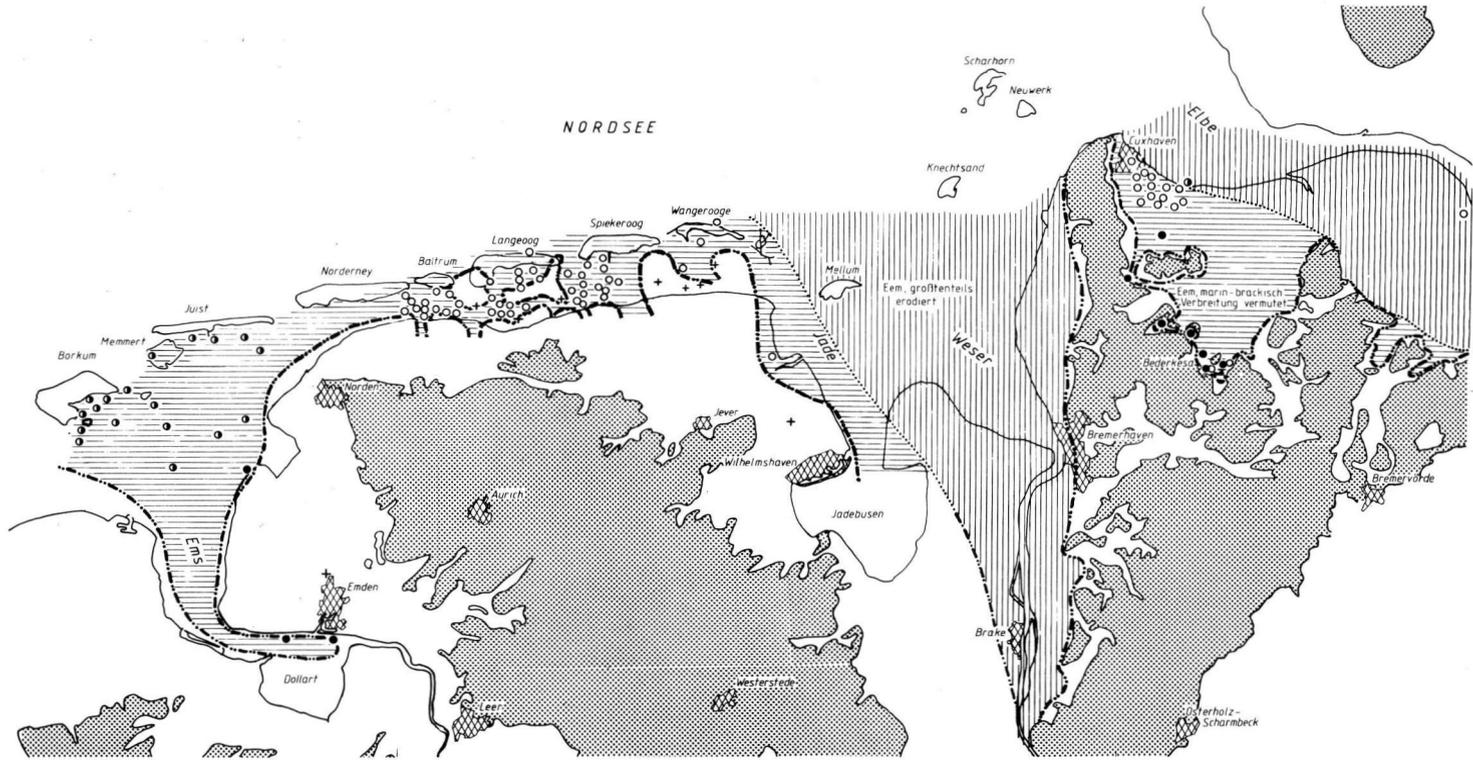


Abb. 1: Eem-Verbreitung an der niedersächsischen Nordseeküste

Marines Eem mikropaläontologisch ●, malakologisch ◐, lithologisch ○ nachgewiesen.
 Fluvialit-telmatisches Eem + lithologisch belegt. Waagrecht schraffiert: marines-brackisches Eem.
 Senkrecht schraffiert: vermutete Verbreitung mariner Eem-Ablagerungen, größtenteils erodiert.

Am nördlichen Stadtrand von Emden hat BARCKHAUSEN (1985) in der Bohrung GE 2 (GK 25 Nr. 2509 Hinte, R: 25 80 400, H: 59 19 800) von 8,7 bis 11,8 m unter NN eemzeitliche Torfe angetroffen, die den Abschnitten Ia bis Mitte IV und im obersten Teil einem Früh-Weichsel-Interstadial zugeordnet werden konnten. Daraus ergibt sich, daß die Sedimentation von marin-brackischem Eem im wesentlichen auf den engeren Bereich der heutigen Emsmündung beschränkt sein dürfte.

2.2. Der Bereich der ostfriesischen Inseln und der Leybucht

Im Bereich der Leybucht hat sich im Eem-Interglazial ein Torf gebildet. Vor der SW-Ecke der Bucht wurde in der Bohrung GE 68 (GK 25 Nr. 2498 Greetsiel; R: 25 69 130, H: 59 31 850) ein Torf angetroffen, der nach oben tonig wird und schließlich von 9,01 bis 8,70 m in einen Klei mit marinen Diatomeen übergeht. Aufgrund von Pollenanalysen konnten die Ablagerungen des Kleis der Hainbuchenzeit (Abschnitt IVa) zugeordnet werden (BARCKHAUSEN & MÜLLER 1984). Da die Kleioberfläche erosiv erniedrigt worden ist und der unterlagernde Torf zusammengepreßt wurde, muß ein tatsächlicher Meeresspiegelniveau bei etwa 7,5 m unter NN angenommen werden.

Am Ende des Drenthe-Stadiums der Saale-Kaltzeit entstanden im Bereich von Baltrum bis Spiekeroog vier Schmelzwasserrinnen, in die das Eem-Meer später eindrang (SINDOWSKI 1958, 1960; BARCKHAUSEN 1969, 1970).

Nach BARCKHAUSEN (1970) war der Wasserspiegel des Eem-Meeres auf etwa 17 m unter heutigen NN angestiegen, als der Rückstau in den Rinnen einsetzte und es durch den Anstieg des Grundwasserspiegels zum Torfwachstum kam. Die Torfe wurden beim weiteren Anstieg des Eem-Meeresspiegels überflutet, von brackisch-marinen Wattablagerungen bedeckt und so zum Basaltorf der eemzeitlichen Abfolge klastischer Sedimente. In der Bohrung GE 50 südlich von Spiekeroog (GK 25 Nr. 2212 Spiekeroog; R: 34 14 658, H: 59 57 800) ist dieser Basal-Torf erreicht worden. SCHNEEKLOTH (in SINDOWSKI 1970) hat ihn aufgrund von Pollenanalysen in den Eem-Abschnitt IIIa eingestuft. Im Hangenden der marinen Schichten beginnt das Torfwachstum im Abschnitt IV.

Im weiteren Verlauf der Eem-Transgression entstand eine buchtenreiche Küste, deren Geestrand etwas nördlich der heutigen Deichlinie lag. Im Bereich der heutigen Inseln bildete sich ein Eem-Watt aus, in dem die Sedimentationsbedingungen denen des heutigen Watts ähnlich waren. Der Hochstand des eemzeitlichen Meeresspiegels lag bei etwa 7 m unter NN (DECHEND & SINDOWSKI 1956). Im Langeooger Gebiet gab es während der Eemzeit zwei große Geestinseln, deren Umriss in Abb. 1 rekonstruiert wurden (BARCKHAUSEN 1970). Im Schutz dieser Inseln haben sich die Eem-Sedimente besonders gut erhalten.

Zum Teil ist die ursprüngliche Oberfläche des Eem-Watts nicht sicher festzulegen, weil höhere Teile der Eem-Abfolge umgelagert worden sind. Dies gilt vor allem für das Eem-Vorkommen im Ostteil von Langeoog. Wahrscheinlich ist marines Eem auch nördlich von Langeoog verbreitet, da im Spülsaum am Ostende der Insel häufig Schalen der fossilen Eem-Muschel *Venerupis senescens* COCCONI (syn. *Tapes eemiensis*) gefunden werden.

Gegen Ende des Eem-Interglazials endete der Anstieg des Meeresspiegels. Mit der anschließenden Regression wurden auf dem brackisch-marinen Klei die „Vorland-Bildungen“ (SINDOWSKI 1958) abgelagert: überwiegend sandstreifige Tone mit viel Pflanzenresten und Schill.

2.3. Der Bereich der Jade

Erste Hinweise auf ein brackisch-marines Interglazial gaben BROCKMANN (1930) und OVERBECK (1931), die eine von SCHARF (1929) aufgenommene Bohrung NW von Hooksiel bearbeiteten (GE 2, GK 25 Nr. 2314 Hooksiel; R: 34 34 529, H: 59 45 765). In dieser Bohrung wurden unter Schichten des Holozän und weichselzeitlichen sandigen Ablagerungen zwischen 14,4 und 18,4 m unter NN organische Sedimente angetroffen. Sie bestanden im oberen Teil aus stark humosem Ton und gingen nach unten in eine „braunkohlenartige Masse“ über. Aufgrund einer Neuinterpretation des von OVERBECK (1931) lediglich als Ablagerung eines Interglazials gedeuteten Pollenprofils sind die Ablagerungen in die Eem-Zonen III bis IVa einzustufen. Nur eine aus 16,9 bis 17,5 m unter NN stammende Probe von blättrigem Ton enthielt Diatomeen, die einen zumindest zeitweiligen marinen Einfluß auf die Sedimentation belegen.

2.4. Der Bereich der Wesermündung

Obwohl aus dem Bereich der Wesermündung und auch der Wurster- und Butjadinger Marsch in steigender Zahl gut bearbeitete Bohrungen vorliegen, konnte bisher kein Vorkommen von marinem Eem sicher nachgewiesen werden (PREUSS 1979). Das liegt daran, daß die eemzeitlichen Sedimente von der weichselzeitlichen Erosion beseitigt worden sind. Auf dem Höhepunkt der letzten Vereisung hat die Meeresspiegelabsenkung etwa 110 m betragen (LUDWIG, MÜLLER & STREIF 1981). Die durch Permafrost und weitgehende Vegetationslosigkeit ohnehin starke Erosions- und Transportkraft der Weser wurde im Küstenbereich durch die Absenkung der Erosionsbasis noch vergrößert.

Die fluviatilen Ablagerungen im eemzeitlichen Weser-Ästuar sind vermutlich vor der Schüttung der Niederterrasse erodiert worden. Auch die Wattablagerungen im Unterweser- und Wesermündungsbereich wurden wahrscheinlich vor der Ablagerung der Niederterrasse abgetragen. In Abb. 1 sind die Flächen, auf denen eine Erosion des brackisch-marinen Eems angenommen wird, mit einer senkrechten Schraffur gekennzeichnet.

2.5. Die Hadelner Bucht

Bereits 1952 erwähnt SIMON Schalenfunde der im brackisch-marinen Eem weit verbreiteten Muscheln *Venerupis senescens* (OCCONI und *Nassa reticulata* LINNE aus einem auf 34 m unter NN eingetieften Kolk in der Elbe bei Altenbruch (GK 25 Nr. 2118 Cuxhaven; R: 34 85 730, H: 59 67 610). SINDOWSKI (1969b) beschrieb Eem-Ablagerungen in einer ungefähr NS-verlaufenden saalezeitlichen Rinne, die von Cuxhaven über Groden bis Lüdingworth auf einer Länge von über 6 km verfolgt werden konnte. Es handelt sich dabei um 5 bis 6 m mächtige grüne schillführende Tone, die an der

Basis humos oder von Torf unterlagert sind. Die Oberfläche der Eem-Ablagerungen liegt bei ca. 15 m unter NN. Da die brackisch-marinen Eem-Sedimente teilweise im S der Hadelner Bucht, aber vor allem westlich der Weser, bis ca. 7 m unter NN anstehen, kann eine weichselzeitliche oder holozäne Erosion der höhergelegenen Eem-Schichten und eine Kompaktion der Tone angenommen werden.

Ebenfalls vermutlich eemzeitlich sind grünliche Tone mit Muschelschill, die SINDOWSKI (1975) in der Bohrung GE 52 NW von Otterndorf (GK 25 Nr. 2119 Otterndorf; R: 34 91 840, H: 59 65 340) fand. Auch hier ist eine Erosion des höheren Teils der Eem-Ablagerungen möglich, da die Tone zwischen 17,5 und 22,9 m unter NN ange-troffen wurden.

LADE (1976, 1980) konnte im Bereich um Wanna brackisch-marines Eem auch im Westteil der Haldener Bucht nachweisen. In der Bohrung GE 8, 2 km südlich Lüding-worth (TK 25 Nr. 2218 Wanna; R: 34 84 640, H: 59 61 050) lag unter holozänen Ablagerungen von 14,5 bis 19,0 m unter NN ein eemzeitlicher Klei (Ton bis Schluff), der von K.-J. MEYER (in LADE 1976) den Zonen III b bis IV b zugeordnet wurde. Im Midlumer Moor 2 km N Krempel erbohrte er zweimal brackisch-marines Eem in Teufen von 10,4 bis 11,4 m und 7,9 bis 8,5 m unter NN. Es handelt sich dabei um grün-graue stark kalkige Tone mit Muschelschill, die von ebenfalls eemzeitlichen Torfen überlagert werden. Die Torfe wurden von BEHRE (in LADE 1980) in die Zonen V bis VI eingestuft.

Die Überlagerung mit Torfen zeigt, daß bei diesen brackisch-marinen Tönen wahr-scheinlich keine Erosion der höheren Teile stattfand. Ihre Oberfläche dürfte damit, abgesehen von einer geringen Beeinflussung durch Kompaktion, dem ehemaligen Hochstand des Eem-Meeress sehr nahe kommen.

Andere Bohrungen in der westlichen Hadelner Bucht haben in einer eemverdäch-tigen Teufe humose, schillhaltige Sande oder nur holozäne bis saalezeitliche Sedimente erbracht (mdl. Mitteilung KUSTER 1985, Bohrpunkte in Abb. 1). Im Halemer See hat eine Sondierbohrung in 7,7 m unter NN kompaktierte grüne Tone angetroffen. Eine Kernbohrung im Flögelner See (GK 25 Nr. 2318, R: 3487 350, H: 59 48 535) traf in 7 m unter NN unterhalb humosem Sand (Eem VI) kalkigen Ton an (Eem V) und endete in 9 m unter NN in brackisch-marinem schillführenden Feinsand der Eem-Zone IV (K.-J. MEYER 1984c). Die Bohrabstände sind zu groß, um das marine Eem ähnlich gut zu belegen wie westlich der Weser, sie reichen aber aus, um eine ungefähre Vorstellung von der Eem-Transgression zu erhalten. Demnach muß das Eem-Meer in ein drenthe-stadial entstandenes, randlich stark gegliedertes Becken eingedrungen sein. Darin reichte das Eem-Meer bis dicht an die heutige Geest/Marsch-Grenze.

MERKT (1968, unveröff.) und HÖFLE (1977, unveröff.) wiesen die Transgression des Eem-Meeress bis in den Bederkesaer See im südlichsten Teil der Hadelner Bucht nach. Von sechs Bohrungen, in denen brackisch-marines Eem angetroffen wurde, sind fünf in Abb. 2 u. 3 dargestellt worden. Die Bohrungen 1 und 2 haben nur einen Abstand von 100 m, dennoch liegt die Eem-Mächtigkeit in Bohrung 1 bei 1,0 m, und in Bohrung 2 beträgt sie mehr als 10,5 m. Das Eem-Meer transgredierte auch hier über ein drenthe-stadial geformtes Relief. Der älteste eemzeitliche Klei (schill- und pflanzenhäcksel-haltiger Ton) konnte in den Bohrungen 1 und 2 nachgewiesen werden (Abschnitt IVa). Die Oberfläche der brackisch-marinen Eem-Ablagerungen liegt in Bohrung 1 bei 7,0 m unter NN, in Bohrung 2 jedoch bei 15,9 m unter NN. In Bohrung 2 endet die

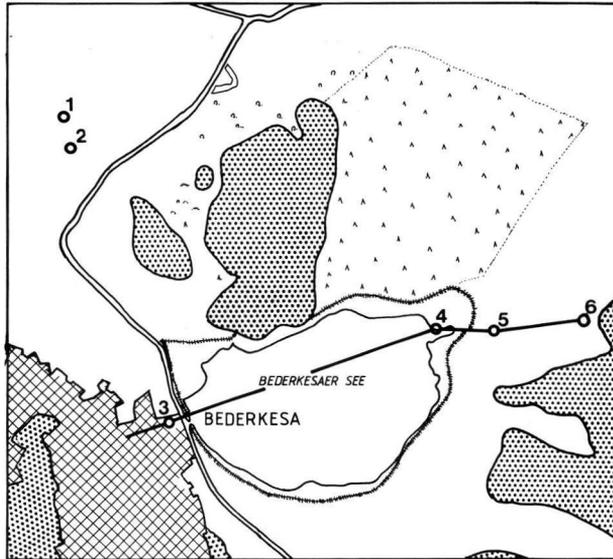


Abb. 2: Lage der Bohrpunkte und des Schnittes (Abb. 4) im südlichen Teil der Hadelner Bucht. Maßstab: 1 cm = 550 m.

Kleisedimentation, also der marine Einfluß, im Abschnitt IVb. Darüber ist ein Torf gewachsen, der dem Abschnitt Va zugeordnet wurde. Eine Erosion der Kleioberfläche ist daher unwahrscheinlich, wie auch schwer vorstellbar ist, daß auf nur 100 m Entfernung die Sedimentation so zurückgehen kann. So bleibt als Ursache für die um mehr als 8 m tiefere Lage nur Sackung und Pressung des mehr als 10 m mächtigen Kleis.

Die Bohrung 3 liegt bei der Burg Bederkesa unmittelbar am Geestrand. Hier sind die Abschnitte IVb und der Beginn von Va als ältestes Eem erbohrt worden. Darüber folgen humose, lagenweise schillhaltige Sande, die wiederum von Klei überlagert werden, der wahrscheinlich noch in den Abschnitt Va gehört. Die Kleioberfläche liegt hier wie in einer Sondierbohrung 200 m weiter östlich bei 8 m unter NN. Es folgen nach oben humose Sande und ein Niedermoortorf. Eine weitere humose Sandlage schließt die eemzeitliche Sedimentation ab.

Die Bohrung 4 hat den brackisch-marinen Klei gerade noch erreicht. Seine Ablagerung endet in der Zone IVb. Darüber folgen schillhaltige brackisch-marine Sande, die von limnischen Sedimenten überlagert werden. Das Alter dieser Mudden reicht vom Abschnitt V des Eem über die frühe bis in die späte Weichsel-Kaltzeit. Hervorzuheben ist, daß an dieser Stelle holozäne Mudden direkt auf jungweichselzeitlichen und die wiederum auf altweichselzeitlichen liegen, ohne die in allen anderen Bohrungen festgestellte Einschaltung fluviatiler Sande. Wahrscheinlich ist eine Permafroststruktur (Pingo) die Ursache solch ungewöhnlicher Lagerungsverhältnisse (MERKT 1984). Die Oberfläche der brackisch-marinen Sedimente befindet sich bei 12,1 m unter NN (MEYER 1984a, b; MÜLLER 1977).

Insgesamt ergibt sich für den Bereich des Bederkesaer Sees das Eindringen des Meeres wahrscheinlich am Beginn des Abschnittes IVa der Eem-Warmzeit. Die Küsten-

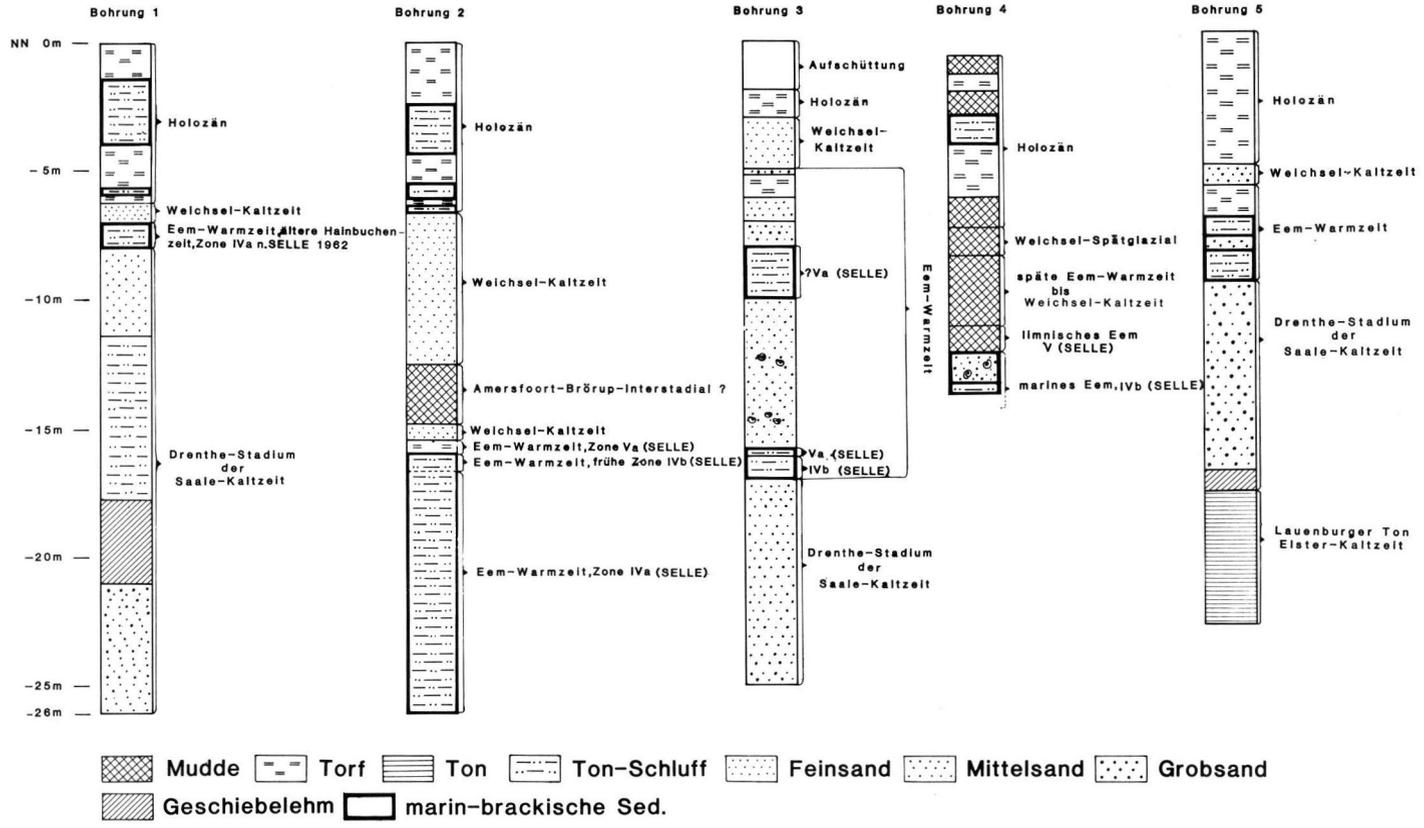


Abb. 3: Bohrprofile aus dem Raum Bederkesa mit marinem Eem.

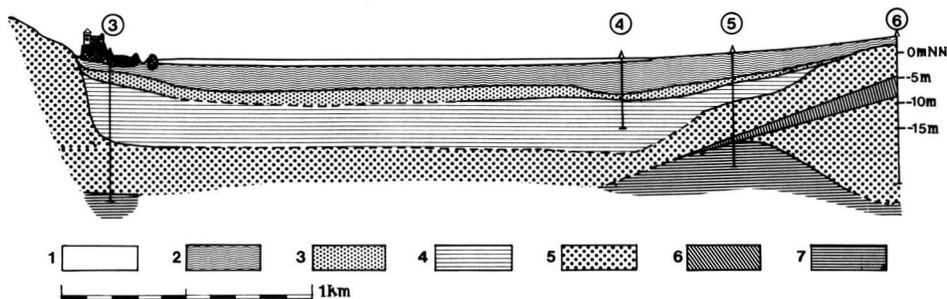


Abb. 4: Geologischer Schnitt im südlichen Teil der Hadelner Bucht.

- 1 Wasser, 2 Torf und Mudde (Holozän), 3 fluviatiler Sand (Weichsel-Kaltzeit),
 4 brackisch-marine und limnische Ablagerungen (Eem-Warmzeit), 5 Schmelzwassersand
 (Drenthe-Stadial), 6 Grundmoräne (Drenthe-Stadial), 7 Lauenburger Ton (Elster-Kaltzeit)

linie des Eem-Meeres muß in der Hadelner Bucht nun um 22 km nach S verlegt werden. Im Abschnitt IVb kommt es bereits zur Regression und ab Zone V liegen nur noch limnische Ablagerungen vor.

2.6. Der Bereich der Elbmündung

Obwohl auch im Elbemündungsbereich die Zahl gut aufgenommenener Bohrungen steigt, konnten bisher nur in einer Bohrung bei Hamelwörden (TK 25 Nr. 2221 Wischhafen, R: 35 21 175, H: 59 62 938) vermutliche brackisch-marine Eem-Ablagerungen durchteuft werden (Abb. 1). Unter den Sedimenten der Elbemarsch und fluviatilen Sanden der Weichsel-Kaltzeit wurde von 21 bis 25 m unter NN ein muschelschillhaltiger Schluff angetroffen, der als Erosionsrest einer Kleisedimentation im eemzeitlichen Elbetal angesehen werden kann. Die Einstufung wird gestützt durch die Unterlagerung des Kleis mit Schmelzwassersanden und Geschiebemergel des Drenthe-Stadiums der Saale-Kaltzeit.

3. Schlußbetrachtungen

Ein enger werdendes Netz aus gut untersuchten Bohrungen machte genauere Aussagen über die Transgression des Eem-Meeres möglich. Die große Verbreitung seiner brackisch-marinen Ablagerungen und ihre häufig beachtliche Mächtigkeit haben sie inzwischen zu einem Faktor gemacht, der in Fragen der Hydrogeologie und des Baugrundes im Küstenbereich berücksichtigt werden muß.

Schriftenverzeichnis

- BARCKHAUSEN, J. (1969): Entstehung und Entwicklung der Insel Langeoog. — Oldenburger Jb., 68: 239—281, 13 Kt.; Oldenburg.
 — (1970): Geol. Karte Niedersachsen 1:25 000, Erl. Blatt 2211 Ostende-Langeoog: 44 S., 5 Abb., 4 Tab., 1 Taf., 1 Kt.; Hannover (Nieders. L.-Amt Bodenforsch.).

- BARCKHAUSEN, J. (1984): Geol. Karte Niedersachsen 1 : 25 000, Erl. Blatt 2609: 80 S., 9 Abb., 5 Tab., 3 Kt.; Hannover (Nieders. L.-Amt Bodenforsch.).
- (1985): Geol. Karte Niedersachsen 1 : 25 000, Erl. Blatt 2309; Hannover (Nieders. L.-Amt Bodenforsch.) (im Druck).
- & MÜLLER, H. (1984): Ein Pollendiagramm aus der Leybucht. — *Probl. Küstenforsch. südl. Nordseegebiet*, 15: 127—134, 3 Abb.; Hildesheim.
- & STREIF, H. (1978): Geol. Karte Niedersachsen 1 : 25 000, Erl. Blatt 2608 Emden-West: 80 S., 5 Abb., 1 Tab., 3 Kt.; Hannover (Nieders. L.-Amt Bodenforsch.).
- BROCKMANN, C. (1930): Küstennahe und küstenferne Sedimente in der Nordsee. — *Abh. Naturwiss. Ver. Bremen*, 30 (1/2): 78—85, 1 Abb., 11 Tab.; Bremen.
- DECHEND, W. (1950): Das Eem im Raum Norderney-Hilgenriede. — *Z. dt. geol. Ges.*, 102 (1): 91—97, 1 Abb., 1 Taf.; Stuttgart.
- (1954): Eustatische und tektonische Einflüsse im Quartär der südlichen Nordseeküste. — *Geol. Jb.*, 68: 501—516, 6 Abb.; Hannover.
- (1958): Marines und brackisches Eem im Raum der Ems-Mündung. — *Geol. Jb.*, 76: 175—190, 4 Abb., 2 Tab.; Hannover.
- & SINDOWSKI, K.-H. (1956): Die Gliederung der Quartärs im Raum Krummhörn-Dollart (Ostfriesland) und die geologische Entwicklung der unteren Ems. — *Geol. Jb.*, 71: 461—490, 14 Abb., 10 Tab., 1 Taf.; Hannover.
- HALIK, R. (1954): Diatomeen-Analyse der Bohrung II in der Ems, südlich Emden. — Hamburg, 1. 6. 1954. — [Unveröff.].
- LADE, U. (1976): Bericht zur Übersichtskartierung des Blattes 2218 Wanna der TK 25. — *Ber. Archiv NLFb*: 15 S., 6 Abb.; Hannover. — [Unveröff.].
- (1980): Lithostratigraphie, Genese und Basisrelief jungpleistozäner Sedimente in Nordwestdeutschland. — *DFG-Abschlußbericht*: 56 S., 21 Abb.; Hemmoor. — [Unveröff.].
- LUDWIG, G., MÜLLER, H. & STREIF, H. (1981): New dates on Holocene sea-level changes in the German Bight. — *Spec. Publ. int. Ass. Sediment.*, 5: 211—219, 2 Abb.; London.
- MERKT, J. (1984): Shoreline Displacement and Lake Development in the Bederkesa Area. — *Exkursionsführer zur „Field Conference 1984“ d. INQUA Subcommission on Shorelines of Northwestern Europe*: 32—41, 9 Abb.; Hannover.
- MEYER, K.-J. (1984a): Pollenanalytischer Kurzbericht. — *Archiv NLFb Nr. PA 2319*: 5 S.; Hannover. — [Unveröff.].
- (1984b): Pollenanalytischer Kurzbericht. — *Archiv NLFb Nr. PA 2319*: 3 S.; Hannover. — [Unveröff.].
- (1984c): Pollenanalytischer Bericht. — *Archiv NLFb Nr. PA 2318*: 2 S.; Hannover. — [Unveröff.].
- MÜLLER, H. (1977—1984): Pollenanalytische Berichte über Eem-Profile. — *Archiv NLFb Nr. PA 2408, PA 2319*; Hannover. — [Unveröff.].
- OVERBECK, F. (1931): II. Mooruntersuchungen im östlichen Oldenburg. — In: OVERBECK, F. & SCHMITZ, H.: *Zur Geschichte der Moore, Marschen und Wälder Nordwestdeutschlands. I. Das Gebiet von der Niederweser bis zur unteren Ems.* — *Mitt. Provinzialstelle Naturdenkmalpflege Hannover*, 3: 67—102; Hannover.

- PREUSS, H. (1979): Die holozäne Entwicklung der Nordseeküste im Gebiet der östlichen Wesermarsch. — Geol. Jb., A 53: 3—84, 25 Abb., 5 Tab.; Hannover.
- SCHARF, W. (1929): Die geologischen Grundlagen des Küstenschutzes an der deutschen Nordseeküste. — Schr. Ver. f. Naturkunde an der Unterweser, N. F. A.: 79 S., 1 Taf., 18 Fig.; Wesermünde.
- SCHÜTTE, H. (1935): Das Alluvium des Jade-Weser-Gebietes. — Veröff. Wirtschaftswiss. Ges. Stud. Niedersachsens, 13 (2 Teile); Teil 1: 147 S., 1 Abb.; Teil 2: 100 S., 8 Beil.; Oldenburg i. O. (Stalling).
- SELLE, W. (1962): Geologische und vegetationskundliche Untersuchungen an einigen wichtigen Vorkommen des letzten Interglazials in Nordwestdeutschland. — Geol. Jb., 79: 195—352, 17 Abb., 11 Tab., 1 Taf.; Hannover.
- SIMON, W. G. (1952): Über das Vorkommen einer Schale von *Tapes senescens* Cocconi aus dem Eem im rezenten Schill der Elbemündung. — Probl. Küstenforsch. südl. Nordseegebiet, 5: 1—4, 2 Abb.; Hildesheim.
- SINDOWSKI, K.-H. (1958): Das Eem im Wattgebiet zwischen Norderney und Spiekeroog, Ostfriesland. — Geol. Jb., 5: 151—174, 10 Abb., 3 Tab.; Hannover.
- (1960): Die geologische Entwicklung des Spiekerooger Wattgebietes im Quartär. — Jber. Forschungsst. Norderney, 11, (1959): 11—20, 2 Anl.; Norderney.
- (1965): Das Eem im ostfriesischen Küstengebiet. — Z. dt. geol. Ges., 115: 163—166; 2 Abb.; Hannover.
- (1969a): Geol. Karte Niedersachsen 1 : 25 000, Erl. Blatt 2213 Wangerooge: 49 S., 15 Abb., 17 Tab., 1 Kt.; Hannover (Nieders. L.-Amt Bodenforsch.).
- (1969b): Geol. Karte Niedersachsen 1 : 25 000, Erl. Blatt 2118 Cuxhaven: 52 S., 5 Abb., 12 Tab., 1 Kt.; Hannover (Nieders. L.-Amt Bodenforsch.).
- (1970): Geol. Karte Niedersachsen 1 : 25 000, Erl. Blatt 2212 Spiekeroog: 56 S., 18 Abb., 19 Tab., 1 Kt.; Hannover (Nieders. L.-Amt Bodenforsch.).
- (1975): Geol. Karte Niedersachsen 1 : 25 000, Erl. Blatt 2119 Otterndorf: 33 S., 2 Abb., 6 Tab., 1 Kt.; Hannover (Nieders. L.-Amt Bodenforsch.).
- WILDVANG, D. (1936): Der tiefere Untergrund der ostfriesischen Inseln. — Sonderdruck Veröff. Naturforsch. Ges. Emden: 54 S., 1 Kt.; Emden.

