

Copyright ©

Es gilt deutsches Urheberrecht.

Die Schrift darf zum eigenen Gebrauch kostenfrei heruntergeladen, konsumiert, gespeichert oder ausgedruckt, aber nicht im Internet bereitgestellt oder an Außenstehende weitergegeben werden ohne die schriftliche Einwilligung des Urheberrechtinhabers. Es ist nicht gestattet, Kopien oder gedruckte Fassungen der freien Onlineversion zu veräußern.

German copyright law applies.

The work or content may be downloaded, consumed, stored or printed for your own use but it may not be distributed via the internet or passed on to external parties without the formal permission of the copyright holders. It is prohibited to take money for copies or printed versions of the free online version.

Das nordfriesische Eem.

Ein Beitrag zur Geschichte der junginterglazialen Nordsee.

(Aus der Forschungsabteilung des Marschenbauamtes in Husum.)

Von

ERNST DITTMER.

(Mit 4 Tabellen und 11 Abbildungen.)

Inhaltsverzeichnis.

I. Einführung	169
II. Die Verbreitung der Eem-Ablagerungen	175
III. Die vorinterglaziale Auflagerungsfläche	177
IV. Die junginterglazialen Schichten	178
1. Süßwasserablagerung im Liegenden der marinen Transgressionsschicht	179
2. Der Senescens-Sand	179
3. Der Turritellenton	180
4. Die Olander Schichten	182
5. Das Eem von Hörnum	182
V. Die Fauna	190
VI. Die Gliederung der junginterglazialen Schichten	192
VII. Zur Hydrographie des Eem-Meeres	192
1. Die Tiefenverhältnisse	192
2. Temperatur und Salzgehalt, Windverhältnisse	194
3. Die Gezeiten	194
4. Sinkstofführung und Sandwanderung, Herkunft der Sedimente	196
VIII. Zur Frage der Krustenbewegungen	197
IX. Zusammenfassung	198
X. Schriftenverzeichnis	199

I. Einführung.

Das Nordseebecken gehört zu jenen Schelfmeeren, bei denen schon geringe Bodenschwankungen beträchtliche Änderungen ihrer Umrisse hervorrufen. Nur ihr nördlichster Teil ist mehr als 100 m tief, und bereits eine Hebung von nur 50 m würde fast das ganze südliche und mittlere Nordseegebiet trockenfallen lassen.

Schon seit dem Mittelalter der Erdgeschichte haben Meer- und Landzeiten im Nordseeraum öfter miteinander abgewechselt. Bald drang die Nordsee bis nach Norddeutschland hinein vor, bald dehnte sich das Land bis nördlich der Doggerbank aus. Das Zechsteinmeer, die Meere des Alt- und Jungtertiärs waren Vorläufer der heutigen Nordsee, wenngleich ihre Küstenumrisse teilweise noch erheblich von den heutigen Grenzen abwichen.

Die Nordsee der ersten Zwischeneiszeit bedeckte noch größere Teile von Schleswig-Holstein. Auch im jüngsten Interglazial waren in einzelnen Küstengebieten noch geringe Abweichungen vorhanden, aber im Ganzen betrachtet ist die Übereinstimmung mit der heutigen Form schon sehr groß.

Seitdem in den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts LORIÉ die nach dem holländischen Flüßchen Eem benannten Schichten beschrieb, sind von vielen Stellen der deutschen und dänischen Nord- und Ostseeküste diese Eem-Ablagerungen bekanntgeworden. Für den größten Teil der Nordsee ist es jetzt möglich, den Verlauf der Küsten des Interglazialmeeres, des letzten Vorläufers der heutigen Nordsee, zu rekonstruieren. Vom englischen Kanal herkommend, verlief die Küste mit mehreren größeren Ausbuchtungen durch Holland, eben außerhalb der ostfriesischen Inseln entlang, dann etwa von der Wesermündung um Helgoland herum auf die Südspitze der Insel Sylt zu, wo sie bei Hörnum eine kleine Bucht bildete (Abb. 1). Um den Diluvialkern Mittel-Sylts lief sie in einigem Abstand herum und bog dann nördlich Kampen nach Nordfriesland ein, in das sich von Norden her ein langer Fjord bis in die heutige Eiderniederung erstreckte. Auch an der jütischen Küste finden sich eine Anzahl von Eem-Vorkommen, ebenso wie an der holländischen und friesischen Küste in Niederungen. Über Skagerrak und Kattegatt hatte die eemzeitliche Nordsee Verbindung mit der Ostsee. An der dänischen und schleswig-holsteinischen Ostseeküste finden sich zahlreiche Vorkommen von Meeresablagerungen aus dieser Zeit, freilich in vom Eise gestörtem und gestauchtem Zustande. Denn über dieses Gebiet ist noch einmal die Weichsel-Eiszeit hinweggegangen. So ist die Küstenlinie hier nicht mit derselben Sicherheit zu rekonstruieren, da die ursprüngliche Lagerstätte der als Schollen im Glazialdiluvium liegenden Eem-Ablagerungen nicht zu ermitteln ist.

Während also die Küste des Eem-Meeres im Bereich der Deutschen Bucht auf größere Strecken außerhalb der heutigen Küstenlinie liegt, greifen einzelne fjordartige Einbuchtungen an verschiedenen Stellen tief in das Festland ein. Einer dieser Fjorde ist der nordfriesische, dessen Ablagerungen von allen Gebieten bisher am besten untersucht sind.

Die stratigraphische Stellung der seit langem bekannten Eem-Absätze ist durch NORDMANN (1908, 1928) und durch W. WOLFF eindeutig geklärt worden. Auch HECK (1932) bestätigt, daß die von GAGEL angeführten, angeblichen Geschiebemergelüberdeckungen keine Geschiebemergel sind, und daß deswegen die Interglazialablagerungen am Kaiser-Wilhelm-Kanal ebenfalls in das Eem zu stellen sind. Obwohl die Eem-Ablagerungen der schleswigschen Westküste in einer größeren Anzahl von Einzelbeiträgen behandelt worden sind, fehlt bisher eine zusammenfassende Bearbeitung. Eine größere Anzahl von Eemvorkommen aus Nordfriesland, Dithmarschen und Eiderstedt nennt HECK (1932) erstmalig im Zusammenhang mit der Bearbeitung der junginterglazialen Schichten von Oldenbüttel. In einer weiteren Arbeit desselben Jahres glaubt HECK, auf Grund faunistischer Unterschiede das Eem Nordfrieslands in verschiedene Abschnitte der letzten Zwischeneiszeit eingliedern zu müssen und folgert daraus auf verschiedene Trans- und Regressionen. HECK versucht dann 1936 in seiner Arbeit „Die nordfriesische Küstensenkung als Folge diluvialer Tektonik“ auf Grund pollenanalytischer Untersuchungen eine Gliederung auch der marinen Schichten nach der dänischen Zoneinteilung zu erreichen und stellt paläogeographische Betrachtungen über die Verteilung von Land und Meer in den entsprechenden Zeitabschnitten an. Diese Arbeit hebt sich besonders durch die Methode von den übrigen ab, da alle Ergeb-

nisse ohne Berücksichtigung der petrographischen und faunistischen Verhältnisse auf die pollenanalytische Bearbeitung mariner Proben zurückgehen. In dieser Arbeit glaubt HÆCK, auch für die Eemzeit größere Bodenbewegungen örtlichen Charakters nachweisen zu können, und daß insbesondere das Halligengebiet zur Senkung „prädestiniert“ sei.

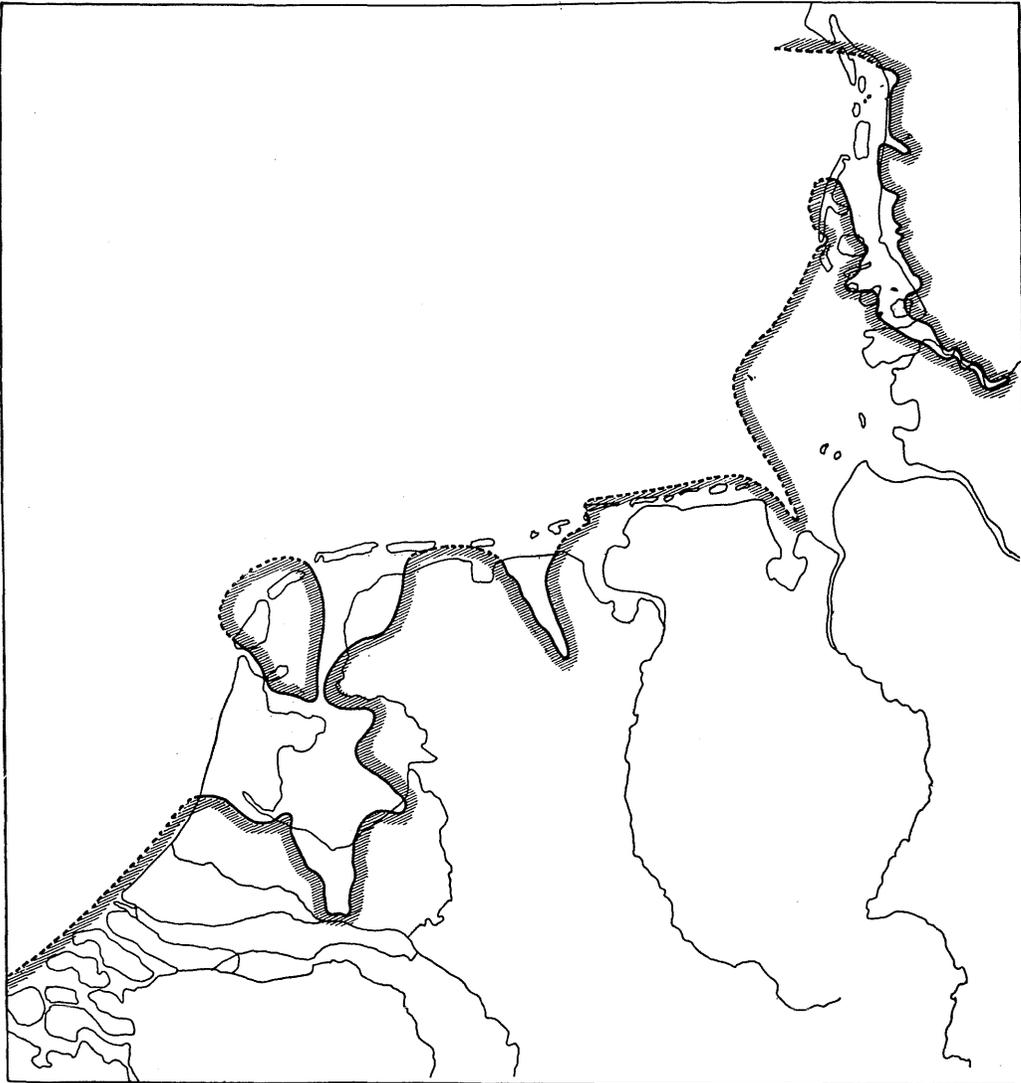


Abb. 1. Die eemzeitliche Nordsee (nach TESCH 1939 und DITTMER).

Einen starken Antrieb erhielt die weitere Erforschung des Eems durch die Aufnahme der geologischen Forschungsarbeit der im Jahre 1935 neu errichteten Staatlichen Forschungsstelle Husum (später Marschenbauamt-Forschungsabteilung). Da die von HÆCK hinsichtlich der Landgewinnungs- und Küstenschutzmaßnahmen ausgesprochenen Ansichten für diese von beachtlicher Natur waren, lag es natürlich nahe, der Frage der Verbreitung, Stratigraphie und Ökologie der junginterglazialen Ablagerungen Nordfries-

lands im Rahmen des geologischen Forschungsprogramms nachzugehen. Die Untersuchungen wurden in den Jahren 1935/36 noch ohne Berücksichtigung der Ergebnisse HECKS zwischen Bongsiel und der Insel Pellworm eingeleitet. Diese führten begrifflicherweise nicht zum Ziel, da der gewählte Gebietsausschnitt für die Gewinnung einer Übersicht zu eng begrenzt war. Im Jahre 1937 führte die Forschungsabteilung Husum unter Dr. W. G. SIMON im Rahmen eines Sonderprogramms weitere Bohrungen aus, die sich über das ganze Wattgebiet Nordfrieslands erstreckten. Unter Verwendung der 1935/36 von O. ERNST ausgeführten Bohrungen und der Rohrfestpunktbohrungen gelangte SIMON¹⁾ zu neuen Anschauungen, die bereits in wesentlichen Punkten von HECKS Ansichten abwichen. Als eines der wichtigsten Ergebnisse ist eine von Sylt bis Eiderstedt reichende, nur von schmalen Durchbrüchen unterbrochene Landbrücke zu nennen, die das nordfriesische Eembecken weitgehend von der offenen Nordsee trennte. Die Ablagerungen teilt SIMON in einen „Unteren Eemsand“, einen „Eemton“ und einen „Oberen Eemsand“, wobei er auf Unterschiede in der Fauna hinwies. Er stellte fest, daß ein großer Teil des oberen Eemsandes durch Erosion später wieder verlorengegangen ist. Weiter weist er zum ersten Male nach, daß das Liegende des Alluviums nicht ausschließlich aus jungen, sondern auch aus älteren Schmelzwassersanden besteht.

Im gleichen Jahre wurden anlässlich der geologischen Bearbeitung von Nord-Sylt durch K. GRIPP und W. G. SIMON²⁾ noch weitere Eemvorkommen bekannt. Im folgenden Jahre führte O. ERNST³⁾ im Halligengebiet von SIMON angeregte Ergänzungsbohrungen aus, die die Kenntnis von der Verbreitung und dem Aufbau der Eem-Ablagerungen erweiterten.

Alle diese Untersuchungen hatten sich auf das Wattenmeer und die Inseln beschränkt. Es wurde nun einmal die Notwendigkeit erkannt, die östliche Begrenzung der Eemsedimente innerhalb der nordfriesischen Marsch kennen zu lernen, andererseits galt es, die stratigraphischen, fazialen, ökologischen und paläogeographischen Fragen, die bisher noch offen geblieben waren, auch in Einzelheiten zu klären. Um zum mindesten zunächst die grundsätzlichen Verhältnisse zu untersuchen, wurde von einer netzartigen Verteilung der Bohrungen abgesehen, dafür aber eine engere Anordnung in Linienprofilen vorgezogen. Das Bohrverfahren war inzwischen weitgehend verbessert worden. Es unterschied sich von dem früher angewandten Ventilbohrverfahren dadurch, daß alle Bohrungen als Kernbohrungen durchgeführt wurden. Dadurch war es möglich, die verschiedenen Schichten genauer gegeneinander abzugrenzen und Einzelheiten besser zu erfassen. Insbesondere machte sich der Vorteil der Entnahme ungestörter Proben bei dem Übergang vom sandig-kiesigen und an Mollusken reichen Strandsediment des Eem zum fossilfreien Altglazial gleicher Kornzusammensetzung bemerkbar. Wegen des Nachfalls der leichteren Molluskenschalen war diese Abgrenzung beim alten Bohrverfahren nur sehr schwer oder gar nicht möglich. Der Vergleich der älteren und neuen Bohrungen führte zu dem Schluß, daß die Mächtigkeit der mit dem Ventilbohrer erfaßten Strandsande in der Regel zu hoch angesetzt war. In einzelnen Fällen war mehr als das Dreifache der wahren Mächtigkeit angegeben. Die unrichtigen Deutungen machten sich besonders bei der Darstellung der Tiefenlinien

¹⁾ Vgl. Aufsatz SIMON in diesem Heft.

²⁾ GRIPP-SIMON (1940).

³⁾ Noch nicht veröffentlichter Bericht.

der altglazialen Oberfläche bemerkbar, und es wurden Oberflächenformen vorgetäuscht, die in Wirklichkeit nicht vorhanden waren. So sind zum Beispiel die schmalen Verbindungen zwischen dem nordfriesischen Eemmeer und der offenen Nordsee zum Teil darauf zurückzuführen (SIMON).

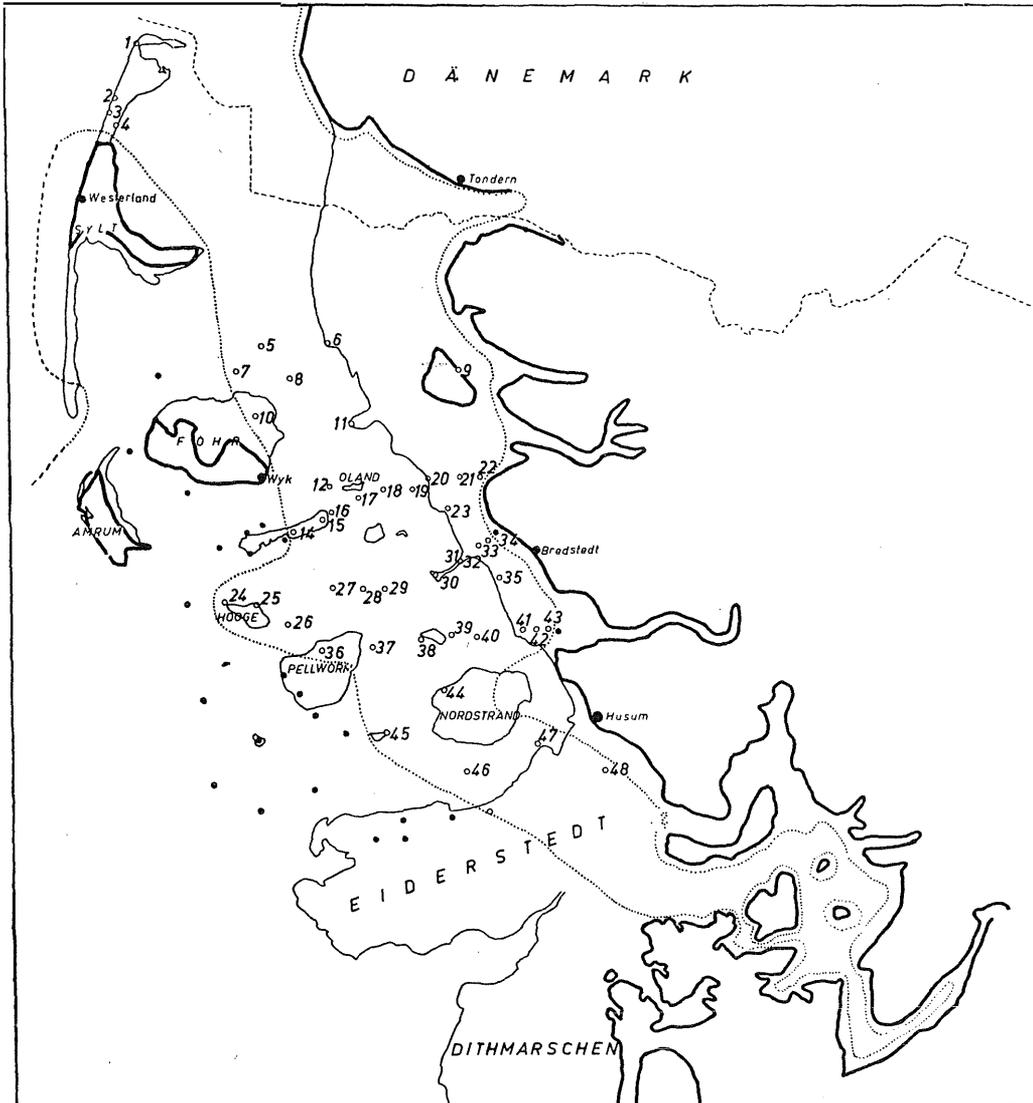


Abb. 2. Die Lage der Bohrungen.

Offene Kreise = Bohrungen mit Eem. Volle Kreise = Bohrungen ohne Eem.

Die punktierte Linie gibt die Küste des nordfriesischen Eemfjordes an.

In einigen Fällen, nämlich bei sehr groben Absätzen, war es nicht möglich, ungestörte Proben zu entnehmen. Hier wurde die Grenze Eem/Altglazial auf Grund der Aufeinanderfolge der verschiedenen Tiergemeinschaften festgelegt. Es wurde festgestellt, daß das Eem immer mit einer dünnen Lage einer grobschaligen *Cardium*-Fauna beginnt. Sobald diese

Tabelle 1. Liste der Bohrungen.

Nr.	Archiv Nr.	Alluvium bis	Jungdil. bis	Olander Schichten bis	Turritellenton bis	Senescens-Sand bis	Senescens-Sand corr.	Bearbeiter
1	70/2	-23,80	—	—	-29,20	-34,60	-30,50?	SIMON
2	92/1	-22,10	—	—	-29,10	-35,10	-31,00?	SIMON
3	92/4	-14,60	-18,40	—	-25,00	—	—	SIMON
4	92/8	-14,55	-18,65	21,65?	-24,65	-25,65	—	SIMON
5	160/24	-16,60	—	—	-23,00	-29,30	-24,60	SIMON
6	160/20	- 4,00	-10,40	-17,40?	-26,70	-28,30?	—	HECK
7	160/26	- 5,30	- 7,60	-10,40	—	(-20,70??)	fehlt	ERNST
		- 1,90	- 8,30	—	—	—	—	—
8	160/25	(-11,30)	-15,80	-23,00	-32,50	—	—	SIMON
9		—	—	—	—	—	—	HECK
10	160/27	- 6,30	-11,40	-17,00	-19,60	-29,20?	ca. -21,0	ERNST
11	162/1	—	-12,00	?	?	?	—	HECK
12	201/3	- 6,90	- 9,10	-16,70	-25,30	-30,00	-28,00?	SIMON
13		—	—	—	—	—	—	—
14	201/6	- 6,90	-12,50	—	-13,20	-17,10	-15,85	W. WOLFF
15		—	—	—	—	—	—	—
16	202/46	- 6,80	-10,60	-23,00	-24,60	-27,70	—	DITTMER
17	202/45	- 5,80	- 7,20	-21,40	-24,50	-25,80	—	DITTMER
18	202/44	-17,40	—	-21,20	-24,20	-26,30	—	DITTMER
19	202/43	- 3,90	-10,20	-20,90	-24,30	-25,60	—	DITTMER
20	202/A9	-15,30	-18,10	-19,10	-21,60	-22,60	—	DITTMER
21	203/18	- 1,00	-11,80	-15,00	-15,30	-15,90	—	DITTMER
22	203/19	- 3,75	- 9,90	-11,20	—	—	—	DITTMER
23	203/17	- 3,80	- 9,00	-16,80	-19,90	-21,20	—	DITTMER
24	245/8	-11,90	—	-13,00?	-14,80	-17,60	—	DITTMER
25	245/1	-12,60	-15,60	-17,70	-17,80	?	—	ERNST
26	245/2	-11,30	-18,50?	?	-21,20	-25,50	-22,50	SIMON
27	245/4	- 9,40	—	-17,30	-23,70	-29,50	-25,00	ERNST
28	246/4	- 7,35	- 8,65	-11,85	—	-17,05	-14,00?	ERNST
29	246/5	- 9,90	-19,30	—	-21,70	-25,60	-22,60	ERNST
30	203/H.H.	- 7,10	-15,20	-19,10	-22,40	-23,10	—	HECK
31	203/16	- 9,10	-15,00	-17,80	-20,30	-22,60	—	DITTMER
32	203/15	- 5,50	-10,90	-15,50	-16,50	-17,50	—	DITTMER
33	203/14	- 5,30	- 9,00	-15,40	—	—	—	DITTMER
34	203/13	- 3,00	—	—	—	—	—	DITTMER
35	247/76	- 5,80	-14,80	-16,40	-17,10	-18,90	—	DITTMER
36	245/5	-11,90	-16,90	—	-18,50	-26,40	-20,00	ERNST
37	246/14	-13,00	-17,10	—	-20,60	-21,70	—	DITTMER
38	246/13	-11,50	-15,85	-16,65	-18,55	-20,05	—	DITTMER
39	247/78	-11,30	-14,40	-15,90	-17,40	-18,00	—	DITTMER
40	247/77	- 9,10	-12,20	-14,10	-15,10	-16,40	—	DITTMER
41	247/74	- 2,70	-11,60	-13,20	-14,50	-15,70	—	DITTMER
42	247/73	- 0,60	- 9,70	-13,00	-13,40	-15,00	—	DITTMER
43	247/75	- 0,90	- 9,20	-12,00	—	-12,90	—	DITTMER
44	246/9	-10,45	-13,00	—	-15,10	-17,70	—	DITTMER
45	296/5	-13,40	—	?	—?	-24,50	-15,20	DECHEND
46	297/9	-18,40	—	—	-20,50	-21,80	—	DITTMER
47	297/3	-11,50	-15,20	—	-16,00	-21,20	-19,00?	SIMON
48	298/15	- 9,10	-15,80	—	—	-17,50	—	DITTMER

durchbohrt war, stand also fest, daß das Altglazial erreicht war, selbst wenn noch Schalen aus den höher liegenden Schichten als Nachfall auftraten.

Um nun die früheren Bohrungen wenigstens teilweise für diese Untersuchung nutzbar zu machen, wurden die scheinbaren Mächtigkeiten des „Unteren Eemsandes“ mit benachbarten, zweifelsfreien Ergebnissen verglichen und diesen angeglichen. Diese Zahlen, die natürlich nur Annäherungswerte darstellen, sind in der letzten Spalte der Tabelle 1 beigefügt.

Sämtliche Bohrungen der Forschungsabteilung Husum sowie der Forschungsgruppe Sylt wurden unter ständiger wissenschaftlicher Aufsicht ausgeführt.

II. Die Verbreitung der Eem-Ablagerungen.

Nach HECK (1936) hatte das nordfriesische Eem-See seinen Hauptzugang im Südwesten, in der Gegend der heutigen Hevermündung. SIMON jedoch wies bereits nach, daß die breiteste Verbindung mit der Nordsee im Norden, zwischen Sylt und der dänischen Geest, bestand. Durch die weiteren Bohrungen sowie die oben erwähnte Berichtigung der älteren Bohrerergebnisse wurde nunmehr festgestellt, daß ein von Sylt bis nach Eiderstedt und Dithmarschen reichender Diluvialrücken das Interglazialbecken nach Westen hin vollständig abschloß (Abb. 2). Die Westgrenze der in den Bohrungen erfaßten Eem-Ablagerungen verläuft von Kampen/Sylt östlich der Nösse-Halbinsel vorbei durch die Föhrer Marsch, von da an in südlicher Richtung bis eben westlich Christianswarft auf Hallig Langeness, dann in einem weiten Bogen um Hallig Hooge herum und geht in südöstlicher Richtung umbiegend durch den Nordosten von Pellworm, eben westlich der Hallig Südfall und von da weiter auf das linke Ufer der Eiderniederung zu. In Eiderstedt selbst ist die ehemalige Ausdehnung des Eem-Meeres infolge der späteren Ausräumung nicht mehr genau festzustellen.

Alle westlich dieser Linie liegenden Bohrungen haben niemals junginterglaziale Schichten, statt dessen aber altglaziale Sande in verhältnismäßig hoher Lage angetroffen.

Die Ostgrenze verläuft in einiger Entfernung vom heutigen Rand der alten Geest. Wie weit das Meer in die Eiderniederung hineinreichte, ist noch nicht mit Sicherheit festgestellt. Als östlichsten Fundpunkt hat HECK¹⁾ Oldenbüttel bekanntgemacht. Ob von dort eine Querverbindung zur Ostsee hinüber bestand, ist unwahrscheinlich.

Nach HECK soll das Eem-See auch nach Dithmarschen einen Ausläufer vom Eidergebiet her entsandt haben. Er führt dafür Eemvorkommen von Tiebensee, Lunden und Wesselburen an. Es hat sich jedoch herausgestellt, daß an den letztgenannten Orten kein anstehendes Eem vorhanden ist, sondern daß Eemfossilien aus dem Eidergebiet nach dorthin verschleppt und in den jungglazialen Talsand eingelagert wurden²⁾.

¹⁾ HECK, 1932.

²⁾ Das Eem von Tiebensee verdankt sein Dasein wahrscheinlich einer Verwechslung. In mehreren Bohrungen wurde hier in 10–12 m Tiefe Geschiebemergel festgestellt, über dem ein grobes altalluviales Transgressionskonglomerat mit reicher Molluskenfauna liegt. In dieser kommt u. a. *Tapes pullastra* häufig vor. Es ist möglich, daß Schalenbruchstücke dieser Art für *Tapes senescens* angesehen worden sind.

Aufgearbeitetes Eem tritt außer in Norderdithmarschen auch in Eiderstedt und Nordfriesland an vielen Stellen auf. Die tiefliegenden Vorkommen von Friedrichstadt (HECK, 1932) sind in Wirklichkeit weichseleiszeitliche Talsande mit umgelagerter Eemfauna. *Divaricella divaricata* fand sich noch in Eiderstedt zwischen Welt und Garding im Tal-

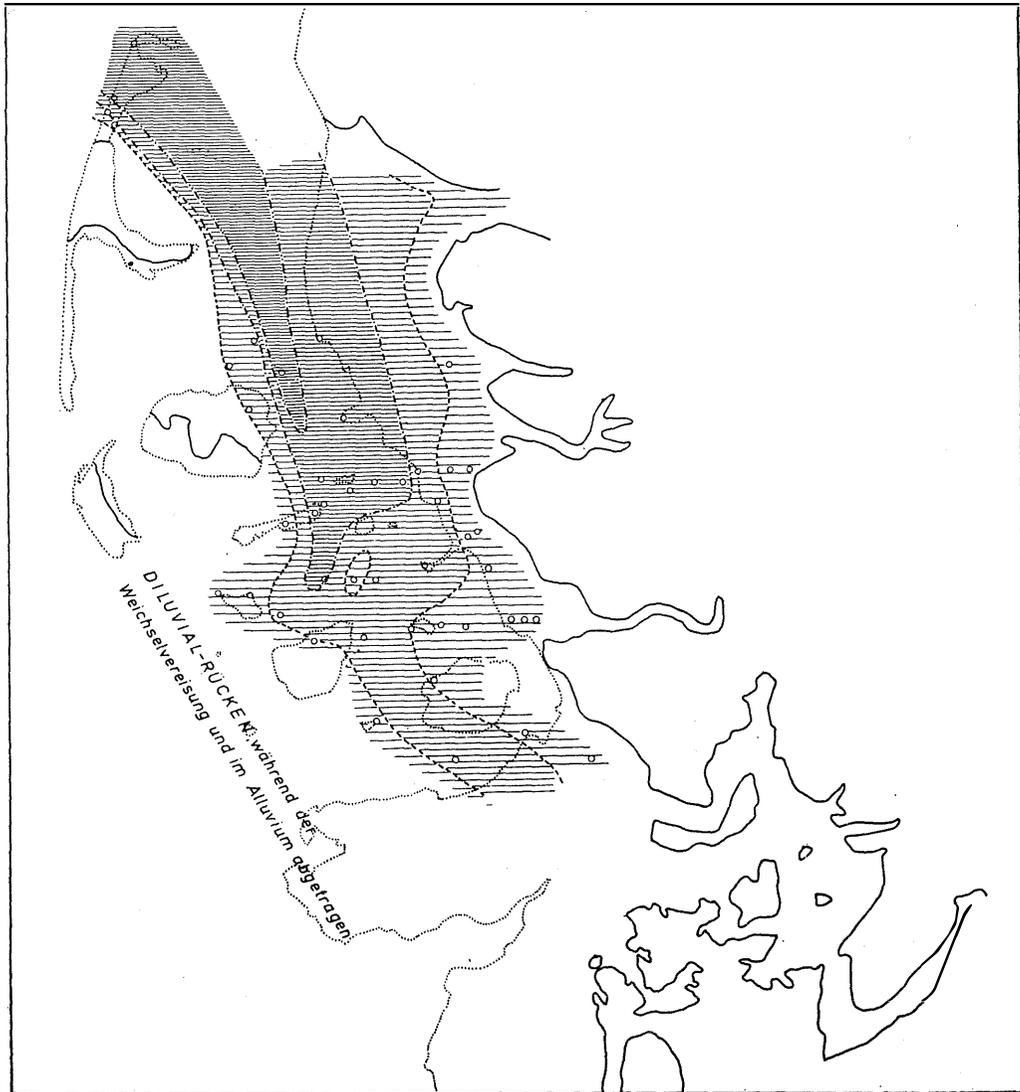


Abb. 3. Die vorinterglaziale Auflagerungsfläche.

Altglazial: sehr eng unter -30 m; eng -25 bis -30 m; mittel -20 bis -25 m; weit über -20 m.

sand. Im Gebiet der heutigen Wattströme und Flüsse sowie in Nord-Sylt (GRIPP und SIMON, 1940) ist das Eem sowohl in der letzten Eiszeit wie auch später im Alluvium umgelagert worden. Teilweise geht die Aufarbeitung noch heute vor sich. Beimengungen von Eem in alluvialen Sedimenten sind jedoch stets festzustellen, da sich die Fauna des Eems von der alluvialen Nordfrieslands wesentlich unterscheidet.

III. Die vorinterglaziale Auflagerungsfläche.

Das Liegende der zwischeneiszeitlichen Meeresablagerungen besteht im ganzen Gebiet aus fluvioglazialen Sanden und Kiesen der Saalevereisung bzw. des Warthevorstoßes. Die Oberfläche dieser Talsande stellt ein Urstromtal dar, das, aus der Eiderniederung kommend, bei Husum in nordnordwestliche Richtung umbiegt und in fast gerader Richtung nordwärts zwischen der schleswigschen Geest und dem Landrücken im Westen bis Kampen verläuft. Von Osten her münden in dieses etwa 160 km lange und im Mittel 20–25 km breite, flache Tal die Nebentäler der heutigen Aarlau, Soholmer Au, Lecker Au und Wiedau, wie an der Ausbuchtung der Tiefenlinien der altglazialen Oberfläche zu erkennen ist (Abb. 3). Die größten Tiefen befinden sich am Westrand. Vermutlich handelt es sich hierbei um eine postsaalezeitliche Flußrinne der Eider, die wiederum in die fluvioglazialen Sande eingeschnitten war. Der Verlauf dieser Rinne im Norden steht noch nicht genau fest, da die Mächtigkeit des Eemsandes aus den Bohrungen von Listland nicht sicher bestimmt werden konnte, und ebenso von Röm keine sicheren Bohrergebnisse vorliegen. Die größte bisher mit Sicherheit festgestellte Tiefe mit NN –34 m liegt nordöstlich Föhr. Bei Annahme gleichmäßigen Gefälles müßte demnach auf der Linie Kampen—Emmerleff der tiefste Einschnitt des „Eidertals“ bei etwa –40 m liegen.

Daß zwischen diesem großen Schmelzwassertal und der Nordsee nach Westen hin keine Verbindungen bestanden, beweist das im heutigen Mündungsgebiet der Hever angetroffene Altglazial, das schon bei –13 m erreicht wurde. Ferner sprechen dagegen die Bohrungen auf Pellworm, bei Hallig Hooge und nördlich Langeness. Auch zwischen Amrum und Föhr war der Rücken geschlossen. Die Eemfossilien, die SIMON dort in einer Bohrung fand, müssen von weit her verschleppt worden sein.

Zwischen Sylt und Dithmarschen-Eiderstedt bestand also ein ununterbrochener Diluvialrücken, der mit Ausnahme der „Heverinsel“ größtenteils aus Schmelzwasserablagerungen aufgebaut war und wohl als eine ältere Terrasse zu deuten ist. Dieser Rücken ist heute nicht mehr in der Form erhalten wie im Postsaaleglazial. Abtragung im Junginterglazial und besonders im Jungglazial, teilweise sogar noch im Alluvium, hat ihn stark erniedrigt. Es sind deswegen in der Karte der Tiefenlinien des Altglazials nur die Gebiete berücksichtigt, in denen Altglazial unter sicheren Eemablagerungen angetroffen worden ist, in denen also eine spätere Erosion ausgeschlossen ist. Andernfalls hätte das Kartenbild zu irreführenden Schlüssen bezüglich der Oberflächengestaltung der Voreemzeit und der Verbreitung der Eemablagerungen führen können. Da nämlich die heutige 15-m-Tiefenlinie der altdiluvialen Oberfläche bis weit in das Watten- und Marschgebiet Nordfrieslands und Eiderstedts vordringt, hätte die Nordsee zur Eemzeit ohne Berücksichtigung der Erosion auch von Westen her weit in unser Gebiet eindringen müssen.

Daß es sich bei den Diluvialsanden und -kiesen des westlichen Nordfrieslands nicht, wie HECK (1936) meinte, um jungglaziale, sondern um voreemzeitliche Fluvioglazialbildungen handelt, hat SIMON erstmalig erkannt¹⁾, was durch eigene Untersuchungen bestätigt werden kann. Beide Schichten können leicht auseinandergehalten werden, da sich das Altglazial durch die weit gröbere Kornzusammensetzung und den häufigen Geröllreichtum von den ziemlich gleichmäßig feinen Talsanden der Weichseiszeit deutlich

¹⁾ 1941.

unterscheidet. Die Darstellung der Altglazialoberkanten in Abb. 2 bei HECK (1936) gibt also ein falsches Bild von den wirklich gearteten Lagerungsverhältnissen. Es entfallen somit auch alle daraus gezogenen Schlußfolgerungen bezüglich der Senkungserscheinungen am Ende der Hauptvereisung.

IV. Die junginterglazialen Schichten.

Weder die von HECK auf Grund pollenanalytischer Untersuchungen aufgestellte Gliederung nach der Zoneneinteilung von MILTHERS und JESSEN, noch die Drei- oder Zweigliederung durch SIMON ist imstande, den durch die neuen Bohrungen erkannten Lagerungsverhältnissen sowie den faunistischen Untersuchungsergebnissen gerecht zu werden. Während SIMON die von ihm vorgeschlagene Gliederung als ersten Versuch hinstellt¹⁾, kann man schon jetzt sagen, daß die Pollenanalyse in marinen Sedimenten interglazialen Alters versagt hat.

Die vom Verfasser ausgeführten Bohrungen haben weitgehend Klarheit in die stratigraphischen Fragen gebracht. Dies ist einmal der Vervollkommnung des Bohrverfahrens, andererseits der Aufsammlung umfangreicher Fossilmenngen aus möglichst zahlreichen Bohrungen zu verdanken. Dadurch wurden zufällige Faunenlisten ausgeschlossen.

Rein petrographisch gesehen, heben sich die von SIMON unterschiedenen drei Schichten „Unterer Eemsand“, „Eemton“ und „Oberer Eemsand“ eindeutig voneinander ab. Da nun, wie weiter unten zu erörtern sein wird, bei der Neugliederung der junginterglazialen Ablagerungen auch die zeitlich vor der marinen Transgression liegenden Süßwasserabsätze in das Eem gestellt werden sollen, so soll mit diesen begonnen werden.

1. Süßwasserablagerung im Liegenden der marinen Transgressionsschicht.

Es ist auffallend, daß unter den marinen Ablagerungen Reste postsaaleezeitlicher, terrestrischer und fluviatiler Absätze nur sehr spärlich erhalten sind. Selbst von einer Bodenbildung ist nichts zu erkennen. Bisher hat nur SIMON in einer Bohrung (8) in einer Tiefe von —32,5 bis —33,8 m NN eine Gytjtja feststellen können, die in einem seichten Gewässer, das zweifellos in irgendeiner Verbindung mit der damaligen Eider stand, abgelagert wurde. An Fossilien sind nur Schneckendeckel, wohl von *Bithynia tentaculata*, und Diatomeen vorhanden.

In Bohrung 16 östlich Langeness wurden unter der reichhaltigen Fauna des „Unteren Eemsandes“ eine größere Anzahl von Süßwassermollusken gefunden. *Anodonta cygnea*, *Bithynia tentaculata*, *Valvata piscinalis* und *Theodoxus* wurden in zahlreichen Exemplaren nachgewiesen. Ob es sich dabei aber um Schalen handelt, die bei der Transgression des Eem-Meeres aus älteren Süßwasserabsätzen aufgearbeitet wurden, oder ob sie durch einen vom westlichen Festland kommenden Bach in das marine Eem geraten sind, ist kaum zu entscheiden. Einige Süßwasserschnecken fanden sich auch in einer Bohrung bei Nordstrandischmoor. In anderen Bohrungen waren gelegentlich Holzreste festzustellen, die aber nicht unbedingt älter als das marine Eem sein müssen.

¹⁾ 1941.

2. Der Senescens-Sand.

Diese Schicht war bisher ihres ungewöhnlichen Fossilreichtums wegen das meistbeachtete Sediment des Eems. Es gibt nur wenige Bohrungen, in denen diese von SIMON als „Unterer Eemsand“ bezeichnete Ablagerung als unterstes Glied der marinen Schichtenreihe fehlt.

Da das für die lusitanischen Eemabsätze anerkannte Leitfossil *Tapes senescens* sowohl in diesem Sand teilweise massenhaft vorkommt, als auch auf diesen beschränkt ist, soll er danach Senescens-Sand genannt werden¹⁾. Dadurch wird der Senescens-Sand gleichzeitig eindeutig als strandnahe Ablagerung gekennzeichnet. Die Zusammensetzung der Korngröße nach ist örtlich verschieden. Bald sind es Mittelsande, bald Grobsande und Kiese. Im allgemeinen herrschen die gröberen Zusammensetzungen vor. Ein Unterschied zum Liegenden, den saaleeiszeitlichen Schmelzwasserablagerungen, ist meist nicht festzustellen. Im nördlichen, tieferen Teil des Eemfjordes enthält der Senescens-Sand häufig tonige Beimengungen von grüner Farbe. Die reinen Sande sind grau bis hellgrau.

Die Mächtigkeit beträgt im Mittel etwa 1,5 m, nur selten mehr als 2,5 m, hauptsächlich da, wo rinnenartige Vertiefungen aufzufüllen waren. Wo das liegende Altglazial sehr flach geneigt ist, wie in der Hattstedter Bucht, sinkt die Mächtigkeit zum Teil auf unter 1 m.

Die tiefsten Vorkommen vom Senescens-Sand liegen unter Listland und im zentralen Teil nördlich Föhr bei über —30 m. Vermutlich werden auf die Insel Röm zu noch größere Tiefen erreicht werden. Die höchsten Strandsande wurden in der Hattstedter Marsch bei —12 m gefunden. Daraus ergibt sich also, daß der Senescens-Sand keine überall gleichaltrige Bildung ist, sondern eine um so jüngere, je höher er liegt. Er stellt somit eine Transgressionsschicht dar.

Nur auf Grund der Molluskenfauna läßt sich noch innerhalb des Senescens-Sandes eine weitere Gliederung vornehmen. Näheres im Abschnitt über die Fauna.

Der Schalenanteil schwankt je nach der Tiefenlage, also auch nach dem Alter. Im allgemeinen nimmt der Schalenreichtum von Norden nach Süden und von den tieferen nach den höheren Lagen zu. In der Hattstedter Bucht und südlich Husum besteht oft mehr als 50% des Sediments aus Schalen. Die Erhaltung der Molluskenschalen ist fast überall ausgezeichnet.

3. Der Turritellenton.

Der von SIMON ausgeschiedene „Eemton“ tritt fast regelmäßig in allen Bohrungen, die Randgebiete ausgenommen, in mehr oder weniger großer Mächtigkeit auf. Er fehlt außerdem in einem eng begrenzten Gebiet im Raume der Pellwormer Plate (Bohrung 28). Der Turritellenton, benannt nach der in ihm oft massenhaft vorkommenden Schnecke *Turritella communis*, liegt überall über dem Senescens-Sand. Der Übergang ist selten scharf. Meist leitet ein ± sandiger Ton zu ihm über.

Der Turritellenton ist im ganzen nordfriesischen Gebiet von ungewöhnlich gleichmäßiger Ausbildung. Er gehört durchweg zu den halbfetten Sedimenten mit einem Tonanteil von 40 bis 60%, ist von grauer bis grüner Farbe, meist zäh und fest, in den mittleren Lagen

¹⁾ Um Verwechslungen mit rezenten Tapesarten zu vermeiden, wurde die Bezeichnung „Tapesand“ (DITTMER, 1941, Forschungen u. Fortschritte) in Senescens-Sand abgeändert.

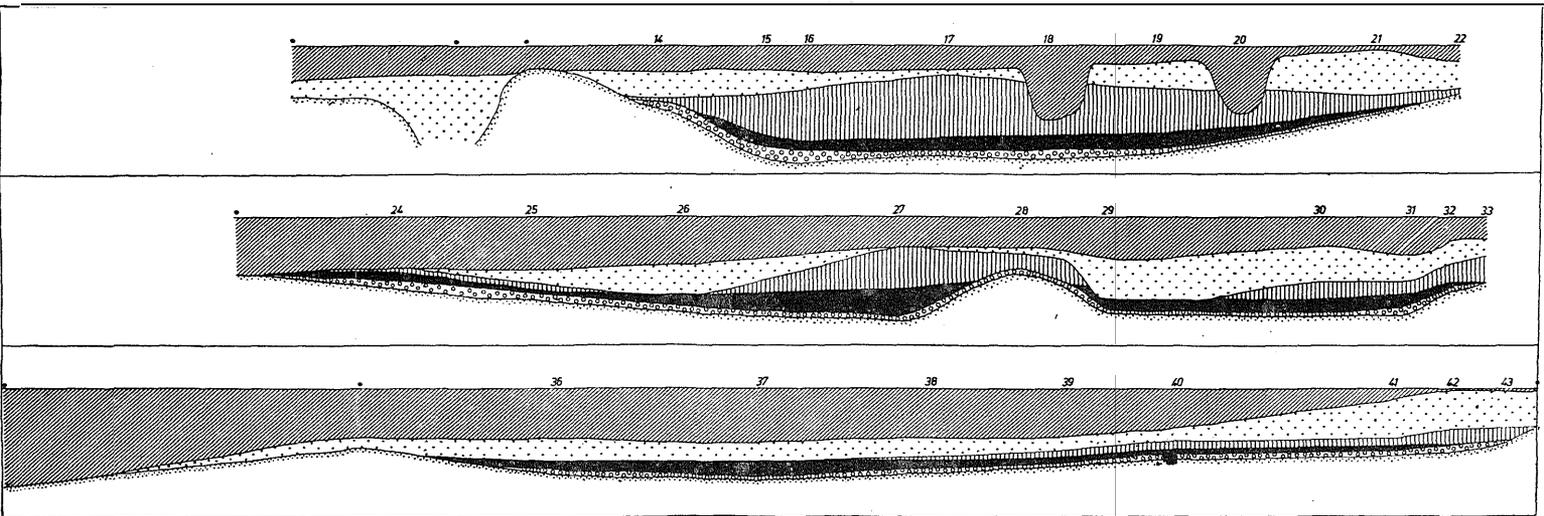


Abb. 4.

treten oft Polyederstruktur, harnischartige Rutschflächen und Schrumpfungsrisse auf. Der Gehalt von Feinanteilen nimmt von unten nach oben zu, der Schalengehalt in der gleichen Richtung ab. Die oberen Schichten sind gewöhnlich plastisch, weich und frei von Molluskenschalen. Der Turritellenton ist stets ungeschichtet. Selbst bei getrockneten und angeschliffenen Proben ließ sich eine Schichtung nicht erkennen.

Die Mächtigkeit beträgt wenige Dezimeter bis etwa 6 m. Sie nimmt von den Rändern zur Mitte und von Süden nach Norden zu (vgl. Abb. 4).

Die Tiefe, bei der der Ton auftritt, ist ebenso wechselnd wie beim Senescens-Sand. Das tiefstliegende Tonvorkommen ist jünger als der tiefste bekannte Strandsand, das höchste aber, als auch die Oberfläche des Tons überhaupt, ist dem höchsten Senescens-Sandgleichaltrig. Der Turritellenton ist also die Unterwasserfazies des Senescens-Sandes und im Ganzen diesem zeitlich gleichzusetzen. Daß er unter ständiger Wasserbedeckung abgelagert worden ist, darauf weist auch eindeutig die Molluskenfäuna hin.

Der Turritellenton Nordfrieslands scheint ein Äquivalent des Cypriintons der Ostseeküste zu sein. *Cyprina islandica* ist aus dem Ton selbst aus Nordfriesland bislang nicht bekannt geworden.

4. Die Olander Schichten.

Høek (1932) glaubte im Gegensatz zu den Lusitanischen Ablagerungen solche mit bore-

aler oder gar boreoarktischer Fauna als jüngere herausstellen zu können. Es konnte aber sicher nachgewiesen werden, daß die von ihm aus der Bohrung Sönke Nissenkoog genannten Mollusken eindeutig zur lusitanischen Faunagemeinschaft des Senescens-Sandes gehören, selbst wenn wohl zufällig die lusitanischen Arten fehlten. In anderen, um die von HECK angeführten Bohrung herumliegenden Aufschlüssen wurden in der fraglichen Tiefe stets auch *Tapes senescens* und *Divaricella divaricata* gefunden, wenn auch zum Teil in geringen Mengen. Die von HECK aus dem oben genannten Vorkommen gezogenen Folgerungen bestehen deshalb zu Unrecht. Nur die von Oldenbüttel beschriebenen Brack- und Süßwasserabsätze werden teilweise jünger als der Turritellenton sein. SIMON fand in zahlreichen Bohrungen Sande und tonige Sande, die er als besondere Fazies des „Eemtons“ von diesem absondert und als „Oberen Eemsand“ bezeichnet.

Auch in vom Verfasser ausgeführten Bohrungen wurden gleichartige Sedimente an zahlreichen Punkten in einer Mächtigkeit bis zu 14 m nachgewiesen. Diese müssen nun sowohl nach den Lagerungsverhältnissen als auch nach der Fauna jünger als der Turritellenton sein. Sie stellen keine Fazies desselben dar, sondern transgredieren gleichzeitig über dessen ganze Oberfläche, ja über diese hinaus über den nicht von Ton bedeckten Senescens-Sand und teilweise unmittelbar über Altglazial. Daraus ergibt sich ohne weiteres, daß diese Schichten nicht als Regressions-, sondern als Transgressionsschichten aufzufassen sind.

Die Grenze Turritellenton/Olander Schichten, wie ich sie nach dem bisher mächtigsten und schönsten Vorkommen in einer Bohrung südlich Hallig Oland nennen möchte, ist also eine eindeutige stratigraphische und, wie im einzelnen noch zu erörtern sein wird, auch eine entwicklungsgeschichtliche Grenze.

Die Olander Schichten sind im Gegensatz zum Turritellenton faziell stark differenziert. Sie bestehen aus marinen Unterwasserablagerungen, Watt- und Verlandungsschichten und gehen schließlich sowohl seitlich wie nach oben in halbterrestrische Bildungen über.

Rein marine Schichten finden sich in größerer Mächtigkeit nur in der Mitte des durch die älteren Ablagerungen noch nicht ausgefüllten und ausgeglichenen Schmelzwassertals. Es handelt sich um sehr feinsandige und schluffige, teilweise tonige Sande von grau-grüner Farbe, die mit marinen Mollusken ± durchsetzt sind. Die aufschlußreichste und auch an Mollusken reichste Bohrung 17 sei nachstehend wiedergegeben:

0,00–0,40	Sand und Klei	} Alluvium
0,40–5,30	Schilftorf und Darg	
5,30–5,60	Sandiger Torf	
5,60–7,00	Humoser Feinsand	} Jungglazialer Talsand
7,00–7,30	Fetter blauschwarzer Ton mit Pflanzenresten	} Olander Schichten
7,30–20,30	Graugrüner, schwach toniger Mehl- und Feinsand, ab 12 m mit reicher Schalenfauna	
20,30–21,20	Ton, mager, mit Pflanzenresten und wenig Schalen	
21,20–24,30	Grüner, halbfetter, sehr fester Ton mit Schalen	} Turritellenton

24,30–25,60 Sand, fein bis kiesig, mit vielen Schalen: Senescenz-Sand
25,60–(28,00) Sand, mittel bis kiesig: Altgazial.

Sowohl nach den Rändern als nach Süden zu, also den flacheren Gebieten hin, verschwinden bei sonst gleichbleibenden petrographischen Eigenschaften die Mollusken. Nur an den Foraminiferen und Seeigelstacheln sowie den Diatomeen ist noch der marine Einfluß zu erkennen. Diese marin-brackischen Sedimente gehen dann zum Rande und nach oben hin in graue bis blauschwarze sandige Tone mit Pflanzenresten über, die man als Verlandungsschichten bezeichnen kann.

Sandig-kiesige Strandabsätze, ausgenommen ein einziges Vorkommen, fehlen in dem den Olander Schichten-entsprechenden Zeitabschnitt. Nur in der Umgebung der Bohrung 28 (Pellwormer Plate), da, wo eine Sandbank auch den Turritellenton durchragt, geht der Senescens-Sand unmittelbar in jüngeren Strandsand über. Dieser jüngere Strandsand unterscheidet sich nämlich durch die Fauna wesentlich vom Senescens-Sand und ist danach dem unteren Teil der Olander Schichten zuzuordnen.

In großen Teilen Nordfrieslands sind die Olander Schichten, wie auch aus den Querschnitten (Abb. 4) hervorgeht, während der Weichselvereisung und im Alluvium wieder der Erosion zum Opfer gefallen und durch Talsande und marine, brackische und Süßwasserabsätze alluvialen Alters ersetzt worden.

5. Das Eem von Hörnum.

Als einziges Vorkommen außerhalb des nordfriesischen Fjordes ist das Eem von Hörnum auf Sylt zu nennen. Da bisher nur Einzelproben aus Bohrungen vorliegen, die von anderer Seite zur Verfügung gestellt wurden, können die dortigen Verhältnisse nur summarisch behandelt werden. Es handelt sich um dunkelgraugrüne, sandige Tone, die von allen bekannten Sedimenten des nordfriesischen Eems abweichen. Sie treten in einer Tiefe von etwa 16–20 m auf und enthalten große Mengen an zerbrochenen Molluskenschalen. Die Artenzahl ist viel geringer als im Senescens-Sand. Hauptsächlich vertreten sind: *Ostrea edulis*, *Pecten varius* und *Bittium reticulatum*, seltener *Tapes senescens* und *Cardium exiguum*.

Der Tiefenlage nach sind diese Ablagerungen dem mittleren und höheren Teil des Senescens-Sandes gleichzusetzen.

V. Die Fauna.

Dank der Tatsache, daß während der Ausführung der Bohrungen das gesamte Bohrgut durch ein Sieb geschickt wurde, war es möglich, einen umfassenden Überblick über die faunistischen Verhältnisse der Eemablagerungen zu gewinnen. Die Aufsammlung geschah nach Möglichkeit horizontweise, um die Aufeinanderfolge verschiedener Faunagemeinschaften untersuchen zu können. Natürlich war eine gewisse Durchmischung bei dem angewandten Bohrverfahren nicht zu vermeiden. Von einer größeren Anzahl von Bohrungen wurden Schalenmengen von mehreren Kilogramm Gewicht eingebracht, so daß die Gewähr gegeben ist, daß nahezu alle überhaupt vorkommenden Arten erfaßt worden sind.

Der Senescens-Sand. Die Molluskenfauna des nordfriesischen Eems umfaßt nach den jetzt vorliegenden Untersuchungen etwa 80 von den 120 aus dem Eem überhaupt bekannten Arten. Die größte Anzahl davon fällt auf den Senescens-Sand (Tabelle 2).

Tabelle 2.

Liste der bisher aus dem nordfriesischen Eem bekannten Mollusken
Lamellibranchiata.

	Unter-Eem	Ober-Eem	Bemerkungen
<i>Nucula nitida</i> SOW.	+	+	
<i>Nucula sulcata</i> BRONN	+	—	
<i>Mytilus edulis</i> L.	+	+	
<i>Mytilus lineatus</i> GMELIN	+	—	
<i>Modiola modiolus</i> L.	+	+	Nach E. TODTMANN bei Hörn
<i>Aequipecten opercularis</i> L.	+	—	
<i>Chlamys varia</i> L.	+	—	Nach HECK bei Risum, sonst nur bei Hörnum häufig
<i>Heteranomia squamula</i> L.	+	—	
<i>Ostrea edulis</i> L.	+	—	
<i>Donax vittatus</i> DA COSTA	—	+	Nur unterstes Ober-Eem Pellwormer Plate
<i>Cyprina islandica</i> L.	+	—	
<i>Circe minima</i> MONT.	+	—	
<i>Thracia papyracea</i> POLI	+	+	
<i>Divaricella divaricata</i> L.	+	+	
<i>Thyasira flexuosa</i> MONT.	+	—	
<i>Mysella bidentata</i> MONT.	+	—	
<i>Montacuta ferruginosa</i> MONT.	—	+	Nur unterstes Ober-Eem Pellwormer Plate
<i>Cardium echinatum</i> L.	+	+	
<i>Cardium edule</i> L.	+	+	
<i>Cardium exiguum</i> GMELIN	+	—	Häufig im Eem von Hörnum
<i>Dosinia lupinus lincta</i> MONT.	+	—	
<i>Venus ovata</i> PENNANT	+	—	
<i>Venus gallina striatula</i> L.	+	+	
<i>Tapes senescens</i> DOEDERLEIN	+	+	Im Ober-Eem nur Pellwormer Plate
<i>Spisula subtruncata</i> DA COSTA	+	+	
<i>Abra ovata</i> PHIL.	+	—	
<i>Abra prismatica</i> MONT.	+	—	Nach HECK bei Oldenbüttel
<i>Abra alba</i> W. WOOD	+	+	
<i>Gari ferroensis</i> GMELIN	+	—	Nach E. TODTMANN bei Hörn
<i>Scrobicularia plana</i> DA COSTA	+	—	
<i>Gastrana fragilis</i> L.	+	—	
<i>Macoma balthica</i> L.	+	+	
<i>Tellina fabula</i> GMELIN	+	+	
<i>Tellina tenuis</i> DA COSTA	+	+	
<i>Tellina donacina</i> L.	+	—	
<i>Cultellus pellucidus</i> PENNANT	+	—	
<i>Ensis ensis</i> L.	+	+	
<i>Hiatella arctica</i> L.	+	—	
<i>Corbula gibba</i> OLIVI	+	—	
<i>Mya truncata</i> L.	+	—	
<i>Barnea candida</i> L.	+	—	
<i>Zirfaea crispata</i> L.	+	—	
<i>Anodonta cygnea</i> L.	+	—	
<i>Sphaerium corneum</i> L.	+	—	

Tabelle 2. Fortsetzung.

	Unter-Eem	Ober-Eem	Bemerkungen
<i>Gastropoda.</i>			
<i>Turritella communis</i> LAM.	+	—	
<i>Gibbula cineraria</i> L.	—	+	Nur unterstes Ober-Eem Pellwormer Plate
<i>Buccinum undatum</i> L.	—	+	„ „ „ „ „
<i>Lora turricula</i> MONT.	—	+	„ „ „ „ „
<i>Littorina littorea</i> L.	+	+	
<i>Littorina obtusata</i> L.	—	+	
<i>Hydrobia ulvae</i> PENNANT.	+	+	
<i>Hydrobia minuta</i>	+	—	Nach HECK bei Oldenbüttel
<i>Rissoa inconspicua</i> ALDER	+	—	
<i>Rissoa parva</i> DA COSTA	+	—	
<i>Rissoa interrupta</i> ADAMS	+	—	Bei Hörn und Oldenbüttel
<i>Zippora membranacea</i> ADAMS	—	+	
<i>Bittium reticulatum</i> DA COSTA	+	+	
<i>Triforis perversa</i> L.	+	—	Nach HECK bei Oldenbüttel
<i>Clathrus clathrus</i> L.	+	—	
<i>Odostomia conoidea</i> BROCCHI	+	—	
<i>Brachystomia ambigua</i> M. u. R.	+	—	
<i>Brachystomia rissoides</i> HANLEY	+	—	Nach HECK bei Oldenbüttel
<i>Evalea obliqua</i> ALDER	+	—	
<i>Turbonilla rufo</i> PHIL.	+	—	
<i>Parthenia obtusa</i> BROWN	+	—	Nach E. TODTMANN bei Hörn
<i>Eulimella nitidissima</i> MONT.	+	—	„ „ „ „ „
<i>Aporrhais pespelecani</i> L.	+	—	
<i>Natica poliana alderi</i> FORBES	—	+	Nur unterstes Ober-Eem Pellwormer Plate
<i>Nassarius reticulatus</i> L.	+	+	
<i>Nassarius pygmaeus</i> LAM.	+	—	
<i>Valvata piscinalis</i> MÜLLER	+	—	
<i>Bithynia tentaculata</i> L.	+	—	
<i>Theodoxus fluciatilis</i> L.	+	—	
<i>Opisthobranchiata.</i>			
<i>Haminea navicula</i>	+	—	
<i>Acteon tornatilis</i> L.	+		
<i>Retusa truncatula</i> BRUGIERE	+	+	
<i>Retusa nitidula</i> LOVEN	+	+	
<i>Retusa alba</i> KANMACHER	—	+	
<i>Cylichna cylindracea</i> PENNANT	+	—	
<i>Scaphander lignarius</i> L.	—	+	Nur Pellwormer Plate

In Tabelle 3 sind die Ergebnisse nach Bohrungen geordnet eingetragen. Dabei sind nur diejenigen Vorkommen berücksichtigt, deren Schalenmenge so groß war, daß über die Häufigkeit der einzelnen Arten etwas ausgesagt werden konnte. Die Reihenfolge ist so gewählt, daß links die tiefsten, rechts die höherliegenden Senescens-Sande stehen.

Aus der Aufstellung geht hervor, daß nur etwa 20–30 Arten mit größerer Regelmäßigkeit und Häufigkeit auftreten. Niemals kommen selbst bei größten Schalenmengen mehr als 45 Arten an einem Punkte gemeinsam vor.

Tabelle 3.
Die Verteilung der Mollusken im Senescens-Sand.

Bohrung Nr.	16	18	17	31	20	46	37	23	38	35	39	32	41	42	40	48
<i>Nucula nitida</i>		1				1		1								
<i>Nucula sulcata</i>				1	1		1	1	1	1	1	1	1			
<i>Mytilus edulis</i>	1	1	2	1	3	3	1	3	1	2	1	1	1	1	3	2
<i>Mytilus lineatus</i>														1		1
<i>Aequipecten opercularis</i>	3	2	3	3	3	1	1	2	1	1	1	1			1	1
<i>Heteranomia squamula</i>	2			1	1			1								
<i>Ostrea edulis</i>	2	1		1	1	1		1	1	2	2	2	1	3	2	3
<i>Cyprina islandica</i>				1				1	1	1	1	1	1		1	
<i>Circe minima</i>									1							1
<i>Thracia papyracia</i>	3	1		1	2	1	2	2	2	1	1	1	1	2	1	1
<i>Divaricella divaricata</i>					1					4	1	4	4	4	4	1
<i>Thyosira flexuosa</i>		1		1	1		2	3		2		1		1		1
<i>Mysella bidentata</i>	3	1		2	2	1	1	1	3	2	3	2	1	1	3	1
<i>Cardium echinatum</i>	2	1	1	2	2	1	1	2	2	2	1	2	3		2	1
<i>Cardium edule</i>	3	3	4	2	3	4	3	4	4	2	4	4	2	4	3	4
<i>Cardium exiguum</i>																
<i>Dosinia lupinus lincta</i>										1	1	3	3		1	1
<i>Venus ovata</i>	3	1	2	1	3	1	1	2	2	3	4	3	1	3	4	1
<i>Venus gallina striatula</i>			1									1	2			1
<i>Tapes senescens</i>	1				1	3	1	1	2	1	2	1	3	4	3	4
<i>Spisula subtruncata</i>	3	3		4	4	1	3	3	3	4	4	4	3	4	3	4
<i>Abra ovata</i>					1											1
<i>Abra alba</i>								1	1		1					
<i>Scrobicularia plana</i>						2						1				1
<i>Gastrana fragilis</i>				1		1		1		2	2	2			2	1
<i>Macoma balthica</i>			1		1	1		3	3	1	1	1	2		1	1
<i>Lepton nitidum</i>				1												
<i>Tellina fabula</i>							1	1		1		1				
<i>Tellina tenuis</i>												1	1			
<i>Tellina donacina</i>	1							1		1						1
<i>Cultellus pellucidus</i>	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1		2	1
<i>Ensis ensis</i>	1									1						
<i>Hiatella arctica</i>	1	1			1						1					1
<i>Corbula gibba</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
<i>Mya truncata</i>							1				1	2	1	2	2	
<i>Barnea candida</i>		1			1			1	3	2	1	3	1	1	2	
<i>Zirfaea crispata</i>													1	3		
<i>Littorina littorea</i>			1						1	1	1	1	2	3		
<i>Hydrobia ulvae</i>	2		1	1	1	1	1	1	3		2	1			1	2
<i>Turritella communis</i>	4	4	4	3	4	1	4	2	3	1	1	2			1	
<i>Bittium reticulatum</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
<i>Clathrus clathrus</i>		1			1	1		1		1	1	1			1	
<i>Odostomia conoidea</i>									1	1						
<i>Brachystomia ambigua</i>																2
<i>Evalea obliqua</i>	1															
<i>Turbonilla ruja</i>	1				1	2		1	1	1	1	2	2	1	1	2
<i>Aporrhais pespelecani</i>	1			1			1	1	2	1	1	2			2	
<i>Nassarius reticulatus</i>	1	2	1	1	3	1	2	2	2	2	3	3	3	2	3	3
<i>Nassarius pygmaeus</i>	2	3		2	3		2	1	2	1	3	3		1	2	
<i>Haminea navicula</i>											1					1
<i>Retusa truncatula</i>	1								1							
<i>Retusa nitidula</i>	1								1							
<i>Cylichna cylindracea</i>	1															

1 = selten 2 = nicht selten 3 = häufig 4 = sehr häufig.

Unter den häufigsten Arten sind zu nennen: *Cardium edule*, *Spisula subtruncata*, *Aequipecten opercularis*, *Venus ovata*, *Tapes senescens*, *Divaricella divaricata* und als häufigste Muschel überhaupt *Corbula gibba*. Unter den Schnecken ist *Bittium reticulatum* überall in unzählbaren Mengen vorhanden, häufig sind *Turritella communis* sowie *Nassarius reticulatus* und *N. pygmaeus*.

Ziemlich regelmäßig, aber in geringerer Anzahl finden sich *Mytilus edulis*, *Ostrea edulis*, *Thracia papyracea*, *Mysella bidentata*, *Cardium echinatum*, *Gastrana fragilis*, *Macoma balthica*, *Cultellus pellucidus* und *Barnea candida*. Einzelne Arten sind an bestimmte Örtlichkeiten gebunden, wie zum Beispiel die in Bohrung 42 nur einmal häufig erscheinende *Zirfaea crispata*. Unter den Schnecken sind *Aporrhais pespelecani*, *Turbonilla rufo* und *Clathrus clathrus* noch \pm regelmäßige Begleiter. Alle übrigen Arten sind entweder allgemein selten oder treten nur an einzelnen Punkten etwas häufiger auf.

Es ist klar, daß die Anhäufung von Schalen im Senescens-Sand keine Lebensgemeinschaft, sondern eine aus verschiedenen Lebensräumen durch Strömung und Brandung zusammengetragene Totengemeinschaft darstellt. Und doch, trotz der Durchmischung, sind innerhalb der verschiedenen Gebiete und vor allem auch in den verschiedenen Tiefenlagen bemerkenswerte Unterschiede zu verzeichnen. Schon im Gesamtbild treten solche Abweichungen klar zu Tage (Abb. 5, 6). Die regionalen Unterschiede werden im allgemeinen überdeckt durch die durch das verschiedene Alter hervorgerufenen. Erst bei Berücksichtigung einer noch größeren Anzahl von Vorkommen gleicher Tiefenlage würden die durch die ökologischen Faktoren bedingten Abweichungen klarer zum Vorschein kommen.

Eine größere Anzahl von Arten, wie *Spisula subtruncata*, *Bittium reticulatum*, *Corbula gibba* u. a., durchlaufen mit größter Häufigkeit die ganze Serie des Senescens-Sandes. Andere sind zu selten, als daß sie herangezogen werden könnten, und nur wenige Arten eignen sich, um die verschiedenen Gemeinschaften gegeneinander abgrenzen zu können.

Faßt man zum Beispiel die häufigen Vorkommen von *Aequipecten opercularis* zusammen, so erkennt man, daß sich die Muschel auf die tieferen Senescens-Sande im Norden und im zentralen Teil beschränkt. Nach oben hin werden ihre Schalen immer seltener. Diese Abnahme kann nur darauf zurückzuführen sein, daß, als sich die höheren Strandsande absetzten, die Lebensbedingungen in den ständig vom Wasser bedeckten Gebieten sich verschlechterten. Der anfangs schalenreiche Turritellenton geht ja ebenfalls nach oben hin in eine fossilfreie Tongyttja über!

Ganz ähnliche Verbreitung hat *Turritella communis*. Sie ist im unteren Teil des Sandes noch häufiger als *Pecten opercularis*, verschwindet aber nach oben hin vollkommen. Nicht ganz so eindeutig verhält sich *Nassarius pygmaeus*. Umgekehrt treten *Divaricella divaricata* und *Tapes senescens* sowie in gewissem Sinne *Dosinia lupinus lincta* nur in der höheren Abteilung hervor.

Es schälen sich also zwei Gruppen innerhalb des Senescens-Sandes heraus, eine tiefere mit *Turritella communis* und *Pecten opercularis* und eine höhere mit *Tapes senescens* und *Divaricella divaricata*.

Diese scheinbar altersmäßigen Unterschiede sind ebenso wie die regionalen auf ökologische Veränderungen zurückzuführen. Temperatur, Salzgehalt, Tiefe, Sedimenthaushalt und vor allem die räumliche Ausdehnung des Meeres selbst waren während der Transgression ständigen Veränderungen unterworfen, auf die die an bestimmte Faktoren gebundenen Arten reagierten.

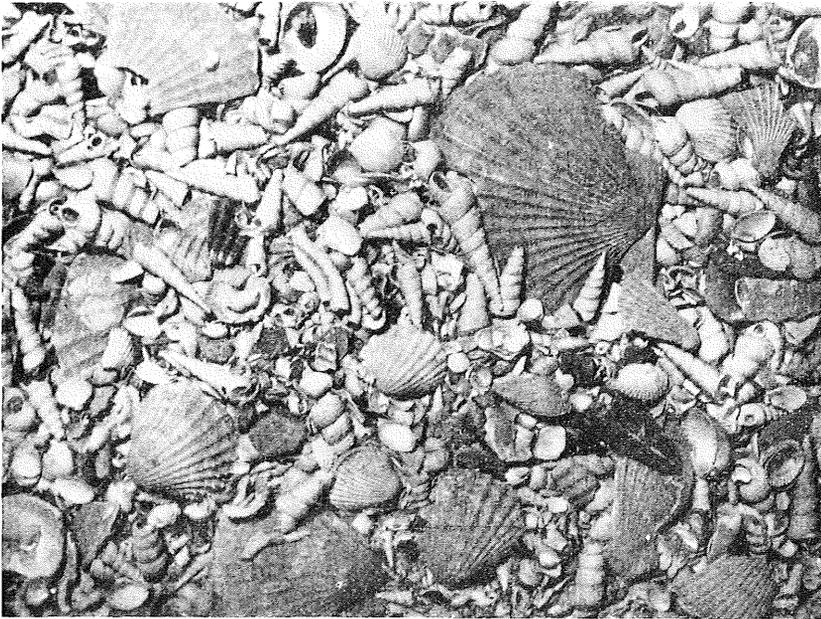


Abb. 5. Fauna des unteren Unter-Eems mit *Aequipecten opercularis* und *Turritella communis*.



Abb. 6. Tapes-Fauna des oberen Unter-Eems.
Bildarchiv Westküste.

Außer diesen eben beschriebenen Unterschieden aber ist auch noch eine Gliederung in ein und demselben Profil zu erkennen. Es besteht in den meisten Fällen eine klare Grenze zwischen einer unteren Gemeinschaft mit Arten, die nur am Strand oder innerhalb der Gezeitenzone lebten, und einer oberen, in der die grobschalige Strandfauna zurücktritt oder fehlt und in der die ständig unter Wasser lebenden Arten vorherrschen. Die untere Schicht setzt sich vor allem aus sehr starkschaligen und großen Exemplaren von *Cardium edule* zusammen. Sie ist nur gering mächtig, selten über 30 cm. Mit Hilfe dieser Feststellung war es mehrfach möglich, die Grenze Eem/Altglazial festzulegen, wenn keine ungestörten Proben entnommen werden konnten.

Der Turritellenton. Schon im sandigen Übergang vom Senescens-Sand zum Ton nimmt die Zahl der Arten ab. *Corbula gibba* und *Turritella* sind hier die häufigsten Formen. *Cardium echinatum* findet in diesem Sediment ihre größte Verbreitung. Die Erhaltung der Schalen ist im Gegensatz zu dem darauf folgenden, fetten Ton noch gut.

Nach oben hin nimmt sowohl die Zahl der Arten wie der Individuen immer mehr ab. Die Erhaltung der meist dünnen Schalen ist häufig so schlecht, daß eine sichere Bestimmung zum Beispiel bei *Nucula sp.* nicht mehr möglich ist. Im Gegensatz zum Senescens-Sand ist die Zusammensetzung der Fauna genau wie die petrographischen Eigenschaften über das ganze Gebiet sehr gleichmäßig. Es ist nicht möglich, einen Turritellenton von Listland von einem solchen aus dem Sönke-Nissen-Koog oder von Pellworm zu unterscheiden.

Die Olander Schichten. Die Molluskenfauna der Olander Schichten unterscheidet sich ganz wesentlich von der des unteren Eems. Nur in einem Falle, nämlich in dem bereits erwähnten jüngeren Strandsand im Gebiet der Pellwormer Plate, ist noch eine gewisse Ähnlichkeit festzustellen. Hier kommen noch vor: *Divaricella divaricata*, *Venus ovata* häufig, seltener *Tapes senescens*, und zwar nur in der untersten Schicht. Daneben aber treten Arten auf, die sonst im Senescens-Sand fehlen: *Buccinum undatum*, *Rissoa membranacea*, *Gibbula cinerarea* und *Natica poliana alderi*. Überraschend ist, daß *Corbula gibba*, die häufigste Muschel des ganzen Unter-Eem, auch hier vollständig fehlt. Außer diesem einen Vorkommen gibt es in dem den Olander Schichten entsprechenden Abschnitt des Eems keine marinen Strandabsätze. Die tonigen Verlandungsschichten haben brackischen Charakter und sind fossilfrei, oft sogar kalkfrei. Nur in den tieferen Teilen des Fjordes lagerten sich sandige Sedimente ab, die marine Mollusken enthalten. Deren Zusammensetzung muß naturgemäß auch ohne Annahme klimatischer Änderungen von der des Senescens-Sandes abweichen.

Die Fauna zeigt in allen überhaupt Schalen enthaltenden Bohrungen große Übereinstimmung. Von den lusitanischen Arten kommt nur noch *Divaricella dicaricata* in den unteren Lagen häufiger vor. *Tapes senescens*, *Abra ovata* und *Haminea navicula* fehlen vollständig, ebenso die im Senescens-Sand sehr häufigen Ubiquisten *Venus ovata*, *Nassarius pygmaeus*, *Turritella communis*, *Pecten opercularis* und viele andere. So sind also auch zum Turritellenton keine Beziehungen vorhanden. Das Fehlen von *Corbula gibba* in der ganzen Schichtenserie ist um so unverständlicher, als diese Muschel sonst im Unter-Eem wie auch in alluvialen Ablagerungen von allen marinen Arten den größten Verbreitungsbereich hat. Welche ökologischen Verhältnisse für ihr plötzliches Verschwinden verantwortlich zu machen sind, ist unklar, besonders da *Nucula nitida*, in alluvialen Meeresablagerungen



Abb. 7. Fauna des Eems von Hörum.



Abb. 8. Fauna der Olander Schichten.
Bildarchiv Westküste.

ein ständiger Begleiter von *Corbula gibba*, in den Olander Schichten zu einer geradezu üppi- gen Entfaltung gelangt. Ebenso häufig wie diese ist *Abra alba*, eine im Unter-Eem seltene Form. *Macoma balthica* ist mit schönen, großen Exemplaren vertreten, viel stärker als im Senescens-Sand. *Hydrobia ulvae* erscheint besonders in der oberen Hälfte der Olander Schichten in großen Mengen und tritt in den obersten Lagen an die erste Stelle. *Litorina*

Tabelle 4.
Die Fauna der Olander Schichten.

Bohrung 17 (202/45)	11,5-12,0	12,5-13,1	13,1-13,5	13,6-14,1	14,1-14,8
<i>Nucula nitida</i>	3	3	4	4	4
<i>Mytilus edulis</i>	1	1		1	1
<i>Thracia papyracia</i>				1	
<i>Divaricella divaricata</i>				2	2
<i>Cardium echinatum</i>	1	1	1	2	2
<i>Cardium edule</i>		1	1	1	1
<i>Venus gallina striatula</i>			1	1	
<i>Spisula subtruncata</i>	3	4	4	4	4
<i>Abra alba</i>		2	3	3	4
<i>Macoma balthica</i>	1	3	3	2	2
<i>Tellina fabula</i>			1	2	1
<i>Tellina tenuis</i>				1	
<i>Ensis ensis</i>		1	1	1	
<i>Litorina litorea</i>	1				
<i>Litorina obtusata</i>	1				
<i>Rissoa membranacea</i>			1		
<i>Bittium reticulatum</i>			2	2	2
<i>Nassarius reticulatus</i>	1		1	1	
<i>Hydrobia ulvae</i>	4	2	2	3	2
<i>Retusa obtusa</i>	1	1	2		

obtusata und *Rissoa membranacea* finden sich zusammen nur in den obersten Schichten, Sie scheinen demselben Biotop angehört zu haben, da sie auch im Alluvium stets gemeinsam beobachtet werden. *Spisula subtruncata* ist in gleicher Häufigkeit wie im Senescens-Sand vertreten. Jedoch sind die Schalen zarter und kleiner.

Eine Zusammenstellung der Arten und deren Häufigkeit in der Bohrung südlich Oland gibt Tabelle 4. Abb. 8 läßt den großen Unterschied zu den Faunengemeinschaften des Senescens-Sandes klar erkennen.

VI. Die Gliederung der junginterglazialen Schichten.

Eine Gliederung der Ablagerungen der letzten Zwischeneiszeit gibt es bisher nur für die terrestrischen Bildungen. Diese von JESSEN und MILTHERS gegründete Zoneneinteilung läßt sich aber mangels Vergleichsmöglichkeiten nicht auf die marinen Sedimente anwenden.

Die Bezeichnung Eem war bisher keine stratigraphische, sondern eine fazielle. Man verstand darunter nur die lusitanischen Meeresablagerungen, während die gleichaltrigen brackischen und terrestrischen allenfalls als eemzeitlich galten, die älteren und jüngeren Absätze aber als junginterglaziale dem Eem gegenübergestellt wurden. Da nun einerseits nicht feststeht, ob die holländischen, nordfriesischen und westpreußischen Ablagerungen mit lusitanischer Fauna auch wirklich vollkommen gleichaltrig sind, und andererseits zum Beispiel die Olander Schichten auch Absätze desselben Meeres, wenn auch etwas jüngere, sind, so würde es allzu leicht zu Mißverständnissen kommen, würde man einmal von Eem, zum andern von eemzeitlichen und noch sonstigen junginterglazialen Sedimenten sprechen.

Es wird deshalb vorgeschlagen, den Begriff Eem auf das ganze Junginterglazial auszuweihen. Damit wird aus einer faziellen eine stratigraphische Einheit. Es würden also zum Eem nicht nur gehören der Senescens-Sand, Turritellenton und die Olander Schichten, sondern auch die gleichartigen terrestrischen und Brackwasserbildungen, ebenso die Gytfa im Liegenden des Senescens-Sandes, die zu einer Zeit abgelagert wurde, als sich in tieferen Teilen der Nordsee bereits Schichten von lusitanischem Charakter absetzten.

	Holland	Dänemark	Nordfriesland
		?	Brack- und Süßwasserabsätze Olander Schichten Schichten mit Abra alba
Ober-Eem	?	?	Meeresablagerungen mit lusitanischer Fauna Cyprinenton Süßwasserablagerungen
Unter-Eem			Turritellenton Senescens-Sand Süßwasserablagerungen

Saale-Weichsel-Interglazial = Eem.

Abb. 9. Die Gliederung des Eems.

Da Senescens-Sand und Turritellenton eine Einheit bilden, gegen die die Olander Schichten deutlich abgegrenzt sind, scheint es gerechtfertigt und zweckmäßig, das Eem in zwei Abschnitte, Unter- und Ober-Eem, zu teilen. Mit welcher Zone der terrestrischen Fazies diese Grenze zusammenfällt, bleibt zukünftigen Untersuchungen vorbehalten.

Welche Stellung die außerfrisischen Vorkommen einnehmen, geht aus Abb. 9 hervor. Alle lusitanischen Absätze gehören in das Unter-Eem. Wohin die brackischen und Süßwasserablagerungen zu stellen sind, muß sich jeweils aus den örtlichen Lagerungsverhältnissen ergeben.

Auch die Skaerumhedeserie gehört nummehr zum Eem, und zwar zweifellos zum Ober-Eem. Ob die Zone mit *Turritella terebra* aber den tieferen oder mittleren Olander-Schichten gleichzusetzen ist, kann aus dem bisher einzigen bekannten Vorkommen noch nicht geschlossen werden, da die dem Senescens-Sand entsprechenden Schichten unter

der Skaerumhede-Serie fehlen. Die Zone mit *Portlandia arctica* fällt jedenfalls in Nordfriesland nicht mehr mit marinen Schichten zusammen. Die Verlandung war hier schon weit fortgeschritten.

VII. Zur Hydrographie des Eem-Meeres.

1. Die Tiefenverhältnisse.

Das Unter-Eem besteht aus Strandsanden mit einer ungewöhnlich reichhaltigen Fauna und gleichaltrigen, tonigen Unterwasserablagerungen. Es muß somit für diese ganze Zeit ein offenes Meer gefolgert werden, das von Norden her ständig im Vordringen begriffen war. Die Fauna deutet auf Wassertiefen von 10 m und mehr. Während bisher aus dem rezenten Vorkommen bestimmter Mollusken die Wassertiefen, die wohl im Eem-Meer bestanden haben mochten, geschätzt wurden — eine recht unsichere Methode, da der Lebensraum der meisten in Frage kommenden Arten nicht eng begrenzt ist — können nunmehr zumindest für das Ende des Unter-Eems die annähernd genauen Tiefen aus den Lagerungsverhältnissen errechnet werden. Es wurde bereits gesagt, daß die Oberfläche des Turritellentons mit dem höchsten Vorkommen des Senescens-Sandes gleichaltrig sein müsse. Dies ist bisher in Nordfriesland zu — 12 m ermittelt. Das noch um 4 m höhere Vorkommen von Oldenbüttel (HECK, 1932) muß vorläufig unberücksichtigt bleiben, da es unsicher erscheint, ob es sich dabei nicht um einen im Ober-Eem umgelagerten Senescens-Sand handelt. Wäre das Vorkommen nämlich primär zum Unter-Eem zu stellen, so wären die Verlandungserscheinungen in 8–12 m Tiefe am Rande des nordfriesischen Fjordes unverständlich. Ebenso wäre nicht zu verstehen, warum gerade im äußersten Ausläufer des Eem-Meeres noch lusitanische Formen gelebt haben sollten, als die Fauna in Nordfriesland schon borealen Charakter trug.

Aus dem Unterschied zwischen höchstem Senescens-Sand und der Oberfläche des Tons ergibt sich für jeden Punkt die Wassertiefe, falls man die nachträgliche Sackung des Tons unberücksichtigt läßt und tektonische Verbiegungen für nicht gegeben hält. In Abb. 10 ist der Versuch gemacht worden, die Linien gleicher Wassertiefe für das Ende des Unter-Eems darzustellen. In dieser „Seekarte“ des Eem-Meeres ist zunächst die große Übereinstimmung der Formen mit den voreemzeitlichen hervorzuheben. Es hat zwar ein gewisser Ausgleich stattgefunden, in den nördlichen und zentralen Teilen ist die Sedimentation stärker gewesen, aber im ganzen hat sich das Bild wenig verändert. Die Karte zeigt weiter, daß fast das gesamte Halligengebiet innerhalb der 10-m-Tiefenlinie liegt. Im Raume Nordstrand—Nordstrandischmoor—Hattstedter Bucht und in der Hooger Bucht werden sogar weniger als 5 m gemessen. Nur eine verhältnismäßig schmale Rinne mit Tiefen zwischen 5 und 10 m erstreckt sich über Buphever und zwischen Südfall und Nordstrand hindurch in die Eiderniederung. Die im Raume der Pellwormer Plate bereits im Vor-Eem vorhandene Erhebung ist als sandige Untiefe erhalten geblieben. Erst von Langeneß und Oland an waren im Eem-Meere Tiefen von über 10 m anzutreffen. Mehr als 20 m scheinen aber auch im nördlichsten Teil nicht erreicht worden zu sein. Selbst wenn also das Vorkommen von Oldenbüttel als Unter-Eem gelten könnte, würden sich alle Werte um 4 m erhöhen. Damit würden aber auch noch nicht die von HECK und NORDMANN geschätzten Tiefen von durchschnittlich 20 m erreicht. Die Tiefen sind also trotz

des ausgesprochen vollmarinen Charakters der Molluskenfauna verhältnismäßig gering gewesen, so daß für die ungewöhnlich reiche Entwicklung der Fauna wohl noch andere Faktoren begünstigend gewirkt haben müssen.

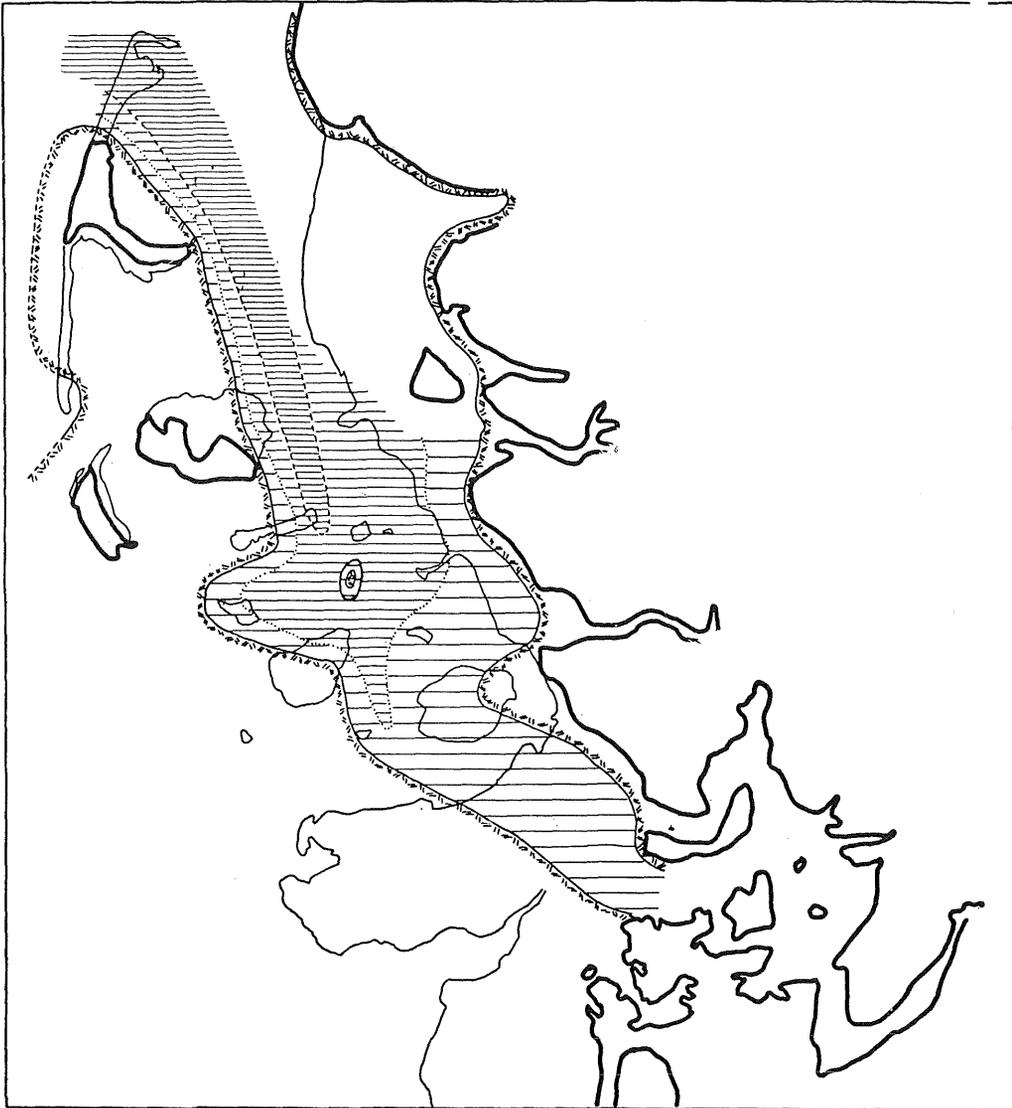


Abb. 10. Seekarte für das nordfriesische Eem-Meer am Ende des Unter-Eems.
 Eng schraffiert: über 10 m Wassertiefe; mittel schraffiert: 5—10 m Wassertiefe;
 weit schraffiert: 0—5 m Wassertiefe.

Die Tiefen, die an der Grenze zum Ober-Eem vorhanden waren, sind sicherlich die größten für die ganze Dauer des Bestehens des Eem-Meeres gewesen. Geringer waren sie vorher, da das ganze Unter-Eem mit einer Senkung zusammenfällt, die stets größer war als die Sedimentation. Geringer waren sie auch im Ober-Eem, da aus der an den Rändern

einsetzenden Verlandung eine starke Sedimentation bei gleichzeitig nachlassender Senkung geschlossen werden muß.

2. Temperatur- und Salzgehalt, Windverhältnisse.

Es wurde bereits gesagt, daß zu Beginn der Eemtransgression die Vertreter der lusitanischen Fauna noch selten waren und erst in der oberen Hälfte des Unter-Eems an Häufigkeit zunahmen. Immerhin muß das Klima auch im Anfang schon gemäßigt warm gewesen sein, da die hochborealen Formen fehlten. Das Temperaturmaximum wurde gegen Ende des Unter-Eems erreicht, wie aus der starken Verbreitung von *Tapes senescens* hervorgeht.

Im Ober-Eem ist außer dem spärlichen Vorkommen von *Tapes senescens* nur noch *Divaricella divaricata* von den südlichen Arten übriggeblieben, welche auch heute von allen am weitesten nördlich reicht. Daß *Tapes senescens* sonst im Ober-Eem verschwindet, könnte allein durch die veränderten Sedimentationsverhältnisse erklärt werden, da es einen „Strand“ im Ober-Eem nicht mehr gab. Der allmähliche Rückgang von *Divaricella divaricata* aber, der gleichzeitig mit der Ausbreitung borealer Formen einhergeht, wird außer auf die Verflachung auf die Temperaturveränderung im Laufe des Ober-Eems zurückzuführen sein.

Das nordfriesische Eem-See hatte während des ganzen Unter-Eems vollen Salzgehalt. Da selbst bei Oldenbüttel, wenige Kilometer vor dem Ende des langgestreckten, schmalen Fjordes, noch mehr als 30 marine Molluskenarten vorkommen, kann von einer beträchtlichen Abnahme des Salzgehalts auch im Eidergebiet nicht die Rede sein. Da sich größere Süßwasserzufuhren bei der langgestreckten und schmalen Form und den geringen Tidebewegungen sicherlich im Salzgehalt bemerkbar gemacht hätten, kann weiter gefolgert werden, daß größere Flüsse nicht in das nordfriesische Eem-See einmündeten. Erst im Ober-Eem ging der Salzgehalt infolge der allmählichen Verlandung und vielleicht auch aus klimatischen Gründen bis zur Aussüßung zurück.

Die allgemeinen Windverhältnisse aus fossilen Ablagerungen ableiten zu wollen, dürfte zunächst merkwürdig erscheinen. Und doch läßt sich darüber etwas aussagen. Die Strandbildungen am Ostrand des Eem-Meeres sind reine Strandsande mit einer Molluskenfauna, die aus tieferen Lebensräumen an den Strand geworfen worden ist. Das setzt eine gewisse Brandungstätigkeit voraus. Am Westrand dagegen, zum Beispiel in der Hooger Bucht, finden wir häufig tonige Flachwasserabsätze, die sich in ruhigerem Wasser abgelagert haben. Hier, im Schutze des Landrückens, entstanden Mytilusbänke, woraus geschlossen werden darf, daß auch zur Eemzeit die Westwinde vorherrschten.

3. Die Gezeiten.

BROCKMANN hat an Hand der Diatomeen-Untersuchungen der Bohrungen von Oldenbüttel darauf hingewiesen, daß die Gezeitenerscheinungen im Eidergebiet nur gering gewesen sind. Stärkere Tidebewegungen nimmt er für Nordfriesland an.

Es ist nun möglich, aus den Lagerungsverhältnissen, der Art des Sediments und der Fauna auf Tidehub und Strömung Rückschlüsse zu ziehen. Es war auffällig, daß in den sehr flach geneigten Strandsanden des Unter-Eems nur an deren unterer Begrenzung eine

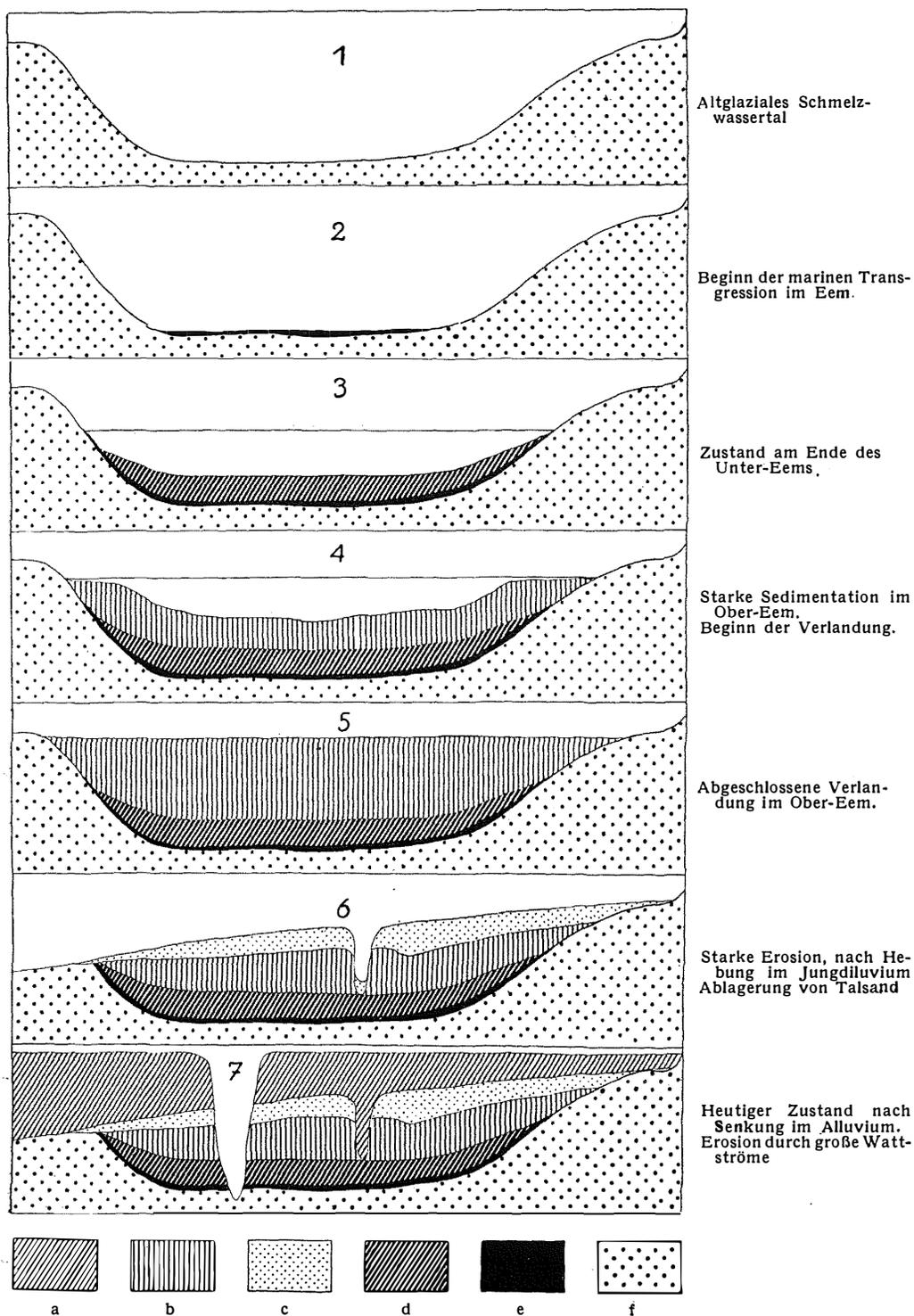


Abb. 11. Schema der erdgeschichtlichen Entwicklung in einem Querschnitt.

dünne Lage mit Molluskenformen enthalten ist, die im Wattenmeer hätten gelebt haben können. Das heißt also, es war nur ein schmaler Strandstreifen vorhanden, der bei den täglichen Gezeiten trocken fiel; mit anderen Worten: da die Neigung gering war, kann der Tidehub nur klein gewesen sein. Da dieselben Verhältnisse für das Unter-Eem gelten, werden sich keine großen Veränderungen in den Gezeitenverhältnissen während dieser Zeit ereignet haben.

Hervorgehoben wurde schon die ungewöhnliche Gleichmäßigkeit des Turritellentons über weite Gebiete hinweg. Dazu kommt das Fehlen jeglicher Schichtung. Auch die horizontalen Gezeitenbewegungen können also im Unter-Eem nur gering gewesen sein. Für das Ober-Eem liegen die Verhältnisse weniger klar. Doch darf man aus der starken Sedimentation, der Schichtung der Sedimente und der viel stärkeren Differenzierung der Fazies wohl auf stärkere Bewegungen schließen.

4. Sinkstoffführung und Sandwanderung. Herkunft der Sedimente.

Der Senescens-Sand verdankt seine Entstehung der umlagernden Tätigkeit der Brandung. Die wechselnde Kornzusammensetzung ist meist unmittelbar abhängig von der des liegenden Altglazials. Dieses grobe Material ist also im wesentlichen autochthon oder doch nur wenig an der Küste gewandert.

Der Turritellenton besteht zu 40–60% aus tonigen Teilchen, der Rest aus Feinsand und Staub. Da nun im gesamten Gebiet des nordfriesischen Eem-Meeres nur Sande und Kiese mit dem Wasser in Berührung standen, nirgends aber Geschiebemergel und Tone aufgearbeitet werden konnten, müssen die Aufbaustoffe des Turritellentons von außerhalb, also der freien Nordsee, zugeführt worden sein. Die schlickigen Sinkstoffe wurden durch den Flutstrom, der bei der langgestreckten Gestalt des Fjordes und geringerer Flutstromdauer stärker als der Ebbstrom war, herangebracht. Die Mengen waren allerdings gering. Würden wir die ganze Eemserie auf 25000 Jahre verteilen, so wären bei Annahme gleichbleibender Verhältnisse jährlich nur etwa 200000 cm³ Boden abgelagert wurden. Nun war die Sedimentation im Ober-Eem wesentlich stärker, im Unter-Eem wurde dieser Wert also noch nicht einmal erreicht. Da wir den Gesamtwasserinhalt des Eem-Meeres aus der „Seekarte“ einigermaßen berechnen können, kämen wir zu dem Schluß, daß je Tide noch nicht einmal 1 cm³ Boden aus 1 Mrd. cm³ Wasser abgesetzt wurden. Die Möglichkeit einer viel stärkeren Sedimentation wäre ohne weiteres gegeben gewesen, wenn nur genügend Sinkstoffe vorhanden gewesen wären: Die Sinkstoffführung war also sehr gering, und nur dadurch läßt sich auch die üppige Entfaltung der Tierwelt verstehen. Dasselbe konnte BROCKMANN (siehe HECK) für Oldenbüttel aus der Massenentwicklung von *Chaetoceros* schließen.

Das wesentlich sandigere Ober-Eem muß ebenfalls von außen her zugeführt worden sein. Gröberes Korn und stärkere Sedimentation bedingen aber stärkere Kräfte. Auch aus diesem Grunde wird man also auf eine verstärkte Gezeitenbewegung im Ober-Eem schließen können.

Eine Sinkstoffzufuhr durch Flüsse war unbedeutend, da es solche mit größerer Wasserführung nicht gab. Und selbst wenn solche vorhanden gewesen wären, so wäre es niemals zur Bildung von solch gleichförmigen Sedimenten im Eem-Meere gekommen.

Das Ergebnis hinsichtlich der Sinkstoffführung ist beachtenswert. Wurde doch ein

großes Schmelzwassertal allein durch Zufahren von der freien See her, ohne daß sich sinkstoffführende Flüsse in der Nähe befanden, aufgefüllt.

VIII. Zur Frage der Krustenbewegungen.

In welchem Maße die Ermittlung tektonischer Vorgänge von der Lösung der stratigraphischen, faunistischen und ökologischen Fragen abhängig ist, zeigt sich besonders an den Arbeiten von H.-L. HЕCK (1932, 1936). So führte die Auffindung einer scheinbar borealen Fauna in dem wenig gegliederten Profil vom Sönke-Nissen-Koog zu der Anschauung von je zwei Trans- und Regressionen. Auf Grund der pollenanalytischen Untersuchungen (in marinen Sedimenten!) kam HЕCK zu ganz ähnlichen Vorstellungen, die jedoch nach den jetzt vorliegenden Ergebnissen nicht mehr aufrechterhalten werden können. Diese stehen nicht nur in den grundsätzlichen Fragen, sondern auch in allen Einzelheiten mit den Hypothesen HЕCKs im Widerspruch.

Die Form des voreemzeitlichen Untergrundes läßt eine Transgression der Nordsee in das nordfriesische Tal nur von Norden her möglich erscheinen, nicht aber von Westen über das Mündungsgebiet der Hever. Die sehr schnell einsetzende Bildung von Unterwassersedimenten deutet auf eine schnelle Transgression, also starke Senkung hin. Die Entwicklung der Fauna, die gleichmäßige Ausbildung der Sedimente und die ganz normalen Lagerungsverhältnisse, die geradezu ein Musterbeispiel für einen sinkenden Raum von dieser Form sind, sprechen gegen jede Störung des Senkungsvorganges in irgendeinem Gebiet. Nirgends machen sich Anzeichen einer eingeschalteten Hebung, nirgends aber auch besonders starker Senkung bemerkbar. Da nun weder zwischen Unter- und Ober-Eem noch innerhalb der Olander Schichten eine Lücke vorhanden ist, muß die Abwärtsbewegung Nordfrieslands bis zur Bildung reiner Süßwasserhorizonte im nördlichen Gebiet — die südlichen Vorkommen im Eidergebiet waren nur faziell bedingt — fortbestanden haben. Denn die Verlandung des Fjordes hat an sich nichts mit Hebung zu tun. Sie war lediglich durch eine die Senkung übertreffende oder ausgleichende Sedimentation bedingt. Wäre Nordfriesland im Ober-Eem herausgehoben worden, so hätten sich überhaupt keine minerogenen Sedimente bilden können. Dieses Beispiel zeigt mit aller Deutlichkeit, daß man sich davor hüten muß, Transgression in jedem Falle = Senkung und Regression = Hebung zu setzen. Man kann sich ein richtiges Bild von den Krustenbewegungen erst dann verschaffen, wenn der Entwicklungsgang nicht nur von einzelnen Punkten, sondern aus dem ganzen Raum untersucht ist.

Das gesamte Ober-Eem ist also, soweit wir es jetzt kennen, ebenfalls in einer Zeit der Senkung abgelagert worden. Der Gesamtbetrag der Senkung für das Eem Nordfrieslands ergibt sich bei Berücksichtigung des bisher tiefsten Unter-Eems und des höchsten Ober-Eems zu zirka 27 m. Davon entfallen allein auf das Unter-Eem 22 m. Falls beide Zeiten annähernd gleich lang gewesen wären, so würde sich für das Unter-Eem ein ganz erheblich stärkerer Wert ergeben, was auch mit den Befunden gut übereinstimmt. Das Maximum dürfte in der unteren Hälfte des Unter-Eems gelegen haben.

Bestimmte Jahrhundertwerte berechnen zu wollen, erscheint verfrüht, da noch irgendwelche absoluten Zeitbestimmungen fehlen. Der von HЕCK berechnete mittlere Betrag von 10,48 cm im Jahrhundert dürfte jedoch wenigstens im Unter-Eem wesentlich über-

troffen worden sein. Die ganze Entwicklung im Unter-Eem hat sehr starke Ähnlichkeit mit den Verhältnissen im Altalluvium Dithmarschens. Dort wurden für den Anfang der Corbulatransgression Beträge von über 1 m im Jahrhundert ermittelt¹⁾. Da nun weder Diskordanzen innerhalb des Eems nachzuweisen sind, noch der heutige Lagerungsbefund der ganzen Eemserie irgendwie gestört erscheint, kann mit Gewißheit gesagt werden, daß auch in jungdiluvialer Zeit wie im Alluvium Auf- und Abwärtsbewegungen stattgefunden haben, die das ganze Gebiet gleichmäßig betrafen, daß aber örtliche Gebiete mit besonders starken Senkungserscheinungen nicht vorhanden sind. Allein durch die Untersuchung der Eemablagerungen ist also klar und eindeutig festgestellt, daß eine „Prädestination“ gewisser Gebiete zur Senkung unmöglich gefolgert werden kann.

IX. Zusammenfassung.

Auf Grund zahlreicher, durch die Forschungsabteilung Husum mit Hilfe eines neuen Bohrverfahrens ausgeführter Bohrungen konnten die bisherigen Ansichten über den Aufbau und die Entwicklung des nordfriesischen Eems wesentlich ergänzt oder berichtigt werden.

1. Die junginterglazialen Meeresablagerungen Nordfrieslands sind im Westen durch einen von Sylt bis Eiderstedt reichenden Diluvialrücken begrenzt.

2. Das Liegende des Eems besteht aus Schmelzwassersanden und -kiesen. Die Oberflächenformen deuten auf ein saale- bzw. wartheiszeitliches, nach NW gerichtetes Urstromtal der Eider hin.

3. Über bisher als Eem bezeichnete Schichten mit lusitanischer Fauna liegen z. T. mächtige Schichten von mehr borealem Gepräge. Da diese Schichten Ablagerungen desselben Meeres sind, wird es für zweckmäßig gehalten, die bisher als Faziesbegriff gebräuchliche Bezeichnung Eem auf das ganze Junginterglazial auszudehnen und in einen stratigraphischen Begriff umzuwandeln.

4. Das Eem zerfällt in zwei Abteilungen, das Unter- und das Ober-Eem. Das Unter-Eem beginnt mit nur an einzelnen Stellen erhaltenen Süßwasserbildungen. Die marinen Transgressionssedimente sind 1. der Senescens-Sand, 2. der Turritellenton, eine gleichaltrige Unterwasserfazies des Strandsandes. Das Ober-Eem besteht aus sandigen Tonen und Sanden, die zum Rande des 160 km langen und 25 km breiten Eemfjords und nach oben hin in Verlandungsschichten übergehen.

5. Die Fauna des marinen Unter-Eems besteht aus etwa 75 Arten. Das Entwicklungsmaximum der wenigen lusitanischen Formen liegt in der oberen Hälfte des Unter-Eems.

Das Verschwinden der lusitanischen Arten sowie das Fehlen von *Corbula gibba* u. a. sowie das Hervortreten borealer Arten wie *Nucula nitida*, *Abra alba* u. a. ist kennzeichnend für das Ober-Eem.

6. Die größte Wassertiefe des nordfriesischen Eemfjords hat nur im nördlichsten Teil mehr als 10 m betragen.

7. Tidehub und Gezeitenstromgeschwindigkeiten waren schwach im Unter-, stärker im Ober-Eem.

¹⁾ DITTMER (1938).

8. Das Temperaturmaximum liegt in der oberen Hälfte des Unter-Eems. Das Wasser war vollsalzig, im Ober-Eem trat allmähliche Aussüßung ein.

9. Nur der Senescens-Sand ist ortseigener Herkunft. Die übrigen Sedimente sind aus der freien Nordsee herangebracht worden.

10. Alle marinen und brackischen Sedimente des Eems gehören ein und derselben Transgression an. Das Maximum der Senkung liegt wahrscheinlich in der unteren Hälfte des Unter-Eems. Die heute noch ungewöhnlich gleichförmigen Lagerungsverhältnisse sprechen gegen jede nachträgliche Verbiegung der Schichten.

11. Ein großer Teil des Ober-Eems und die das nordfriesische Eem-Meer von der freien Nordsee trennende Landbrücke zwischen der Elbe und Sylt sind während der Weichselzeit und im Alluvium durch Erosion zerstört worden.

12. Sowohl während als nach der letzten Zwischeneiszeit waren alle Bodenbewegungen epirogenetischer Art, die das ganze Gebiet gleichmäßig betrafen. Eine „Prädestination“ bestimmter Gebiete zur Senkung besteht nicht.

X. Schriftenverzeichnis.

- BROCKMANN, CHRISTOPH, siehe HECK, 1932.
- DITTMER, E., Neue Ergebnisse zur Erforschung des nordfriesischen Eems. Forsch. u. Fortschr. **1941**.
- GAGEL, C., Neuere Fortschritte in der geologischen Erforschung Schleswig-Holsteins. Schr. d. Naturwiss. Vereins f. Schlesw.-Holst. **1913**.
- , Über die stratigraphische Stellung der sogenannten Eemfauna. Z. d. Deutsch. Geol. Ges. **1918**.
- , Bemerkungen zu dem Vortrag von W. Wolff über die Eemfauna. Z. d. Deutsch. Geol. Ges. **1923**.
- , Zur Eemfauna. Z. d. Deutsch. Geol. Ges. **1923**.
- GRIPP, K., u. SIMON, W. G., Untersuchungen über den Aufbau und die Entstehung der Insel Sylt. I. Nord-Sylt. Westküste. Kiel 1940.
- HECK, H.-L., Die Eem- und ihre begleitenden Junginterglazialbildungen bei Oldenbüttel in Holstein. — Mit einem Beitrag über die Diatomeen aus dem Interglazial von Oldenbüttel von CHR. BROCKMANN. Abh. Preuß. Geol. Landesanst. N. F. **140** (1932).
- , Junginterglazial und Zeitlichkeit der Trans- und Regressionen des Eem-Meeres in Schleswig-Holstein. S.-B. Preuß. Geol. Landesanst. **7** (1932).
- , Die nordfriesische neuzeitliche Küstensenkung als Folge diluvialer Tektonik. Jb. Preuß. Geol. Landesanst. **57** (1936).
- MADSEN, V., NORDMANN, V., og HARTZ, N., Eem-Zonerne. Studier over Cyprinaleret og andre Eem-Aflejringer i Danmark, Nord-Tyskland og Holland. Danm. Geol. Unders. II. R. **17** (1908).
- NORDMANN, V., La position stratigraphique des depots d'Eem. Danm. Geol. Unders. II. R. **47** (1928).
- SIMON, W. G., Beitrag zur Erdgeschichte Nordfrieslands auf Grund der Bohrungen im Watt 1937. Unveröffentlichter, amtlicher Bericht. Oberpräsidium Kiel. **1937**.
- TESCH, P., De mariene Inschakeling in de „Hoogterrasafzettingen“ in het Westen en Norden van Nederland. Geologie en Mijnbouw **1939**.
- TODTMANN, E., Ergebnisse einer Eembohrung südlich Husum. Mitt. Min.-Geol. Staatsinst. Hamburg **1933**.
- WILDVANG, D., Die Geologie Ostfrieslands. Abh. Preuß. Geol. Landesanst. IV. F. H. **181** (1938).
- WOLFF, W., Ein neuer Fundpunkt der sogenannten Eemfauna in Nordfriesland. Z. d. Deutsch. Geol. Ges. **1918**.