

Diatomeen als Leitfossilien in Küstenablagerungen.

Von Christoph Brockmann.

Inhalt:

I. Einleitung	151
II. Die Diatomeen als Leitfossilien in den Ablagerungstypen des Küstengebietes	
A. Einteilung der Küstengewässer	152
B. Autochthone und allochthone Ablagerung	155
C. Einteilung der Küstenablagerungen	157
1. Ablagerungen im Meerwasser	
a) Küstenferne rein marine Ablagerungen	159
b) Der brackisch-marine Küstensaum	160
2. Brackwasserablagerungen	
a) Ablagerungen des unteren Brackwassers	162
b) Ablagerungen des oberen Brackwassers	164
3. Süßwasserablagerungen	166
III. Die Diatomeen als Leitfossilien für die zeitliche Gliederung der Küstenablagerungen	171
A. Zeitliche Gliederung des Küstenalluviums	171
B. Zeitliche Gliederung des Diluviums im Küstengebiet	171
1. Das Junginterglazial	172
2. Das Altinterglazial	174
C. Ausblick ins Tertiär	175
IV. Bemerkungen zur Ökologie und Verbreitung einiger Leitformen	176
Schriftenverzeichnis	

Einleitung.

Kieselalgen oder Diatomeen sind einzellige Pflanzen mit verkieselter Zellwand. Die Kieselschalen bleiben nach dem Absterben der Zellen mit ihrer vollen Struktur erhalten. Solche „unzerstörbaren“ Diatomeenschalen finden wir nicht nur in alluvialen Ablagerungen, sondern auch in älteren Schichten. Sie sind so klein, daß vielleicht 10—100 Millionen auf 1 ccm gehen. Es mag manchem verwunderlich erscheinen, daß diese kleinen Gebilde für die Landgewinnung eine solche Bedeutung haben sollen, daß ihre Untersuchung in den Arbeitsplan der mit der Erforschung von Marsch und Wattenmeer beauftragten Forschungsabteilungen aufgenommen wurde.

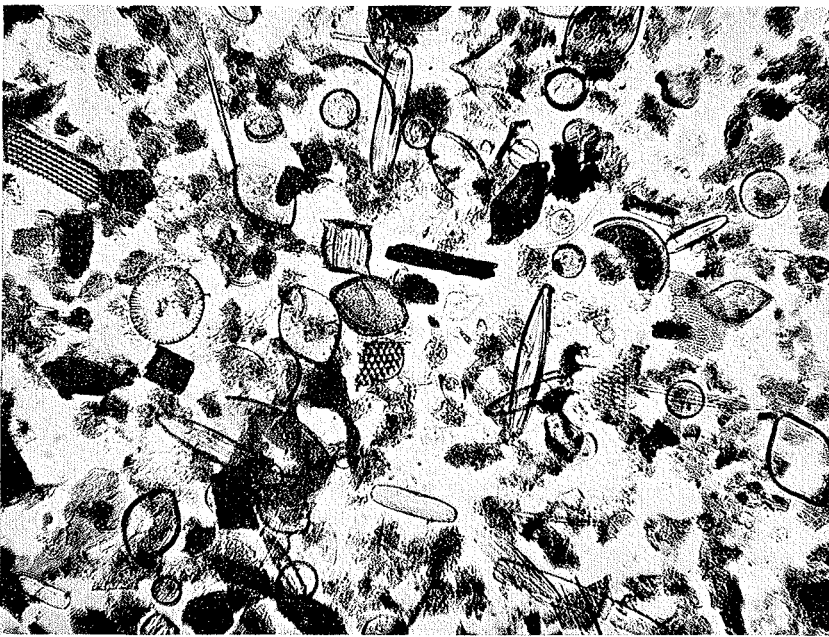


Abb. 1. Bohrung P.W.I. 8,3. Klei, aus Schlickwatt entstanden. Mittlere Fraktion, roh. Alle geformten Bestandteile sind Diatomeen. Die linear-elliptischen Schalen gehören zu *Scoliopleura tumida*, einer Charakterform des Schlickwatts. Vergr. 72 $\times$.

Das hat seinen Grund in zwei mit den Aufgaben dieser Küstenforschung verbundenen Arbeitsrichtungen. Und zwar handelt es sich

- a) um eine historische Forschung
(Verlandung der Nordseeküste in früheren Jahrtausenden) und
- b) um eine aktuelle Forschung
(heutige Verlandung der Nordseewatten mit allen hydrischen, biologischen und geologischen Einzelercheinungen).

An beiden Richtungen ist die Diatomeen-Forschung beteiligt und im Rahmen des umfassenden Arbeitsprogramms der Westküstenforschung seit 1935

sowohl historisch als auch aktuell in enger Verbindung mit den anderen Arbeitsrichtungen mit eingesetzt worden.

Wer einmal den mikroskopischen Aufbau des Klei- und Wattbodens gesehen hat, der wird erkannt haben, daß diese Bodenarten gerade durch den hohen Gehalt an Diatomeenschalen ihr besonderes Gefüge erhalten (Abb. 1).

Wie und in welchem Maße die Diatomeen außerdem den Vorgang der Verlandung beeinflussen und beschleunigen, das heißt also tatsächlich aktiv in den Verlandungsvorgang und damit in die Landgewinnung eingreifen, ist Gegenstand einer größeren Gemeinschaftsarbeit, woran mehrere Wissenschaftszweige beteiligt sind und worüber später zu berichten sein wird.

In diesem Aufsatz soll nur die Bedeutung der Diatomeen für die erdgeschichtliche Deutung der Marschböden behandelt werden. Eine grundlegende Klarstellung erscheint hier um so mehr am Platze, als der Fachgeologe selber meistens nicht in der Lage ist, die Diatomeenuntersuchung durchzuführen, sondern gern die Hilfe eines Spezialisten in Anspruch nimmt. Der Geologe muß jedoch imstande sein, die Ergebnisse der Spezialuntersuchung richtig auszuwerten und die Anwendungsmöglichkeiten der Diatomeenkunde zu erkennen.

Muscheln und Schnecken sind noch immer die bevorzugten Leitfossilien. Sie fehlen aber in vielen Küstenablagerungen, und zwar oft in solchen, die besonders reich an Diatomeen sind, so daß letztere nicht nur eine wertvolle Ergänzung der Molluskenbefunde, sondern in vielen Fällen die einzige Handhabe zur entstehungsgeschichtlichen Deutung der Ablagerungen bilden. Schon aus diesem Grunde ist die Berücksichtigung der Kieselalgen bei der geologischen Untersuchung des Marschbodens nicht zu umgehen. Der Vorteil der Diatomeenauswertung besteht vor allem darin, daß man nicht erst größere Mengen von Boden zu durchsuchen braucht, wie in vielen Fällen bei den Mollusken, sondern schon in einer kleinen Probe Individuen in unbegrenzter Zahl zur Verfügung hat. Dabei ist der Tatbestand aus der Diatomeenflora oft mit größerer Klarheit zu erkennen als aus den übrigen Fossilien. Vor allem sind es die ökologischen Verhältnisse, die sich in manchen Fällen mit überraschender Genauigkeit erschließen lassen. Der Salzgehalt, die Ernährungsverhältnisse, die Wasserstoffionenkonzentration, die Tiefe und Temperatur der Wohngewässer sowie ihr Untergrund sind Umweltfaktoren, die in der Diatomeenflora zum Ausdruck kommen.

II. Die Diatomeen als Leitfossilien in den Ablagerungstypen des Küstengebietes.

A. Einteilung der Küstengewässer.

Für die geologische Auswertung der Diatomeen liegen die Verhältnisse im Küstengebiet besonders günstig, weil es sich hier meistens um diatomeenreiche Ablagerungen handelt.

Von den ökologischen Faktoren, die an der Meeresküste eine entscheidende Bedeutung haben und die aus der Diatomeenflora erschlossen werden können, ist der Salzgehalt im allgemeinen der wichtigste. Eine Meeresablagerung ist vom Sediment eines limnischen Gewässers mit Sicherheit an den eingeschlossenen Kieselalgen zu unterscheiden. Diese Möglichkeit beruht auf der Tatsache, daß im Salzwasser andere Diatomeen leben als im Süßwasser. Vom reinen Süßwasser bis zum vollsalzigen Meerwasser (in der Nordsee etwa 35‰ S) kommen in den Uebergangsgewässern alle möglichen Salzgehaltstufen vor. Diese Uebergangsstufen, die die verschiedenen Grade des Mischwassers umfassen, pflegt man als Brackwasser zu bezeichnen. Je nach dem Salzgehalt des eigentlichen „Meeres“ hat die zum Süßwasser führende Salzskala eine verschiedene Länge, und so kommt es, daß die Bezeichnung „Brackwasser“ keine feste Abgrenzung des Salzgehaltes einschließt.

Das Bedürfnis nach einer wissenschaftlich brauchbaren Einteilung der Salzgehaltsgrade hat H. HEIDEN (1912) zu einer siebenstufigen Salzskala geführt. Da die Einteilung auf die besonderen Verhältnisse der Ostsee zugeschnitten ist, können wir sie hier übergehen.

Eine mehr allgemeine Einteilung gibt KOLBE (1927) in seinem „System der Halobien“. Danach leben:

Euhalobien	in Gewässern von	2 — 4 ‰	Salzgehalt
Mesohalobien	in Gewässern von	0,5—2 ‰	Salzgehalt
Oligohalobien	in Gewässern von weniger als	0,5 ‰	Salzgehalt.

Die Oligohalobien schließen halophile, halophobe und indifferente Arten ein.

Die drei Hauptgruppen entsprechen etwa der Dreiteilung in Meer-, Brack- und Süßwasserdiatomeen.

Eine weitergehende Gliederung des Brackwassers ist von REDEKE (1933) gegeben:

< 0.1 Cl g/l	= Süßwasser	} Brackwasser
0.1— 1.0 Cl g/l	= oligohalines	
1.0—10.0 Cl g/l	= mesohalines	
10.0—17.0 Cl g/l	= polyhalines	
> 17.0 Cl g/l	= Meerwasser	

Die Zahlenreihe läßt ohne weiteres die mathematisch-hydrographische Grundlage der Einteilung erkennen. Ob entsprechende biologische Räume bestehen, bleibt noch zu prüfen.

So wünschenswert eine Gliederung der Salzgehaltsgruppen nach bestimmten Zahlen ist, so schwierig ist es, das Salzbedürfnis der einzelnen Arten zahlenmäßig festzulegen. Die Angaben in den Diatomeenhandbüchern sind unzuverlässig, weil die Verfasser auf Quellen ungleicher Güte angewiesen waren. Je genauer die verschiedenen Biotope erforscht werden, um so mehr tritt in Erscheinung, daß nicht der Salzgehalt an sich allein für das Vorkommen oder Fehlen einer Art entscheidend ist. Das Verhalten der Arten ist

bei gleichem mittleren Salzgehalt ganz verschieden in Gewässern mit stark veränderlicher und in solchen mit mehr gleichbleibender Konzentration (der Einfluß der übrigen ökologischen Faktoren soll hier unberücksichtigt bleiben). Aus diesem Grunde ist es auch schwierig, dem Begriff „Brackwasser“ einen zahlenmäßig allgemein gültigen Salzgehalt unterzulegen. In den Flußmündungen der Nordseeküste hat ein Mischwasser von 20^{0/00} S schon brackischen Charakter, denn die bezeichnenden Formen des Nordseepanktons wollen hier nicht mehr gedeihen. Die ganze Ostsee gehört hydrographisch dem Brackwasser an, und doch finden wir in der westlichen Ostsee bei einem Salzgehalt von rund 15^{0/00} noch ein gut entwickeltes marines Plankton. Selbst in der mittleren Ostsee spricht man noch von Meerwasser, während das Mischwasser der Haffe als Brackwasser bezeichnet wird. Entsprechend der Einteilung REDEKE's unterscheidet man im Frischen Haff eine oligo-, meso- und polyhaline Zone, wobei die entsprechenden Salzgehalte aber viel niedriger liegen als beim genannten Verfasser. Jedenfalls zeigt der Vergleich mit der Ostsee, daß starker Salzwechsel einem Gewässer den brackischen Charakter verleiht, wobei der mittlere Salzgehalt hoch oder niedrig sein kann.

Meine Beobachtungen an den Mündungsgebieten der Flüsse haben mich (1914) dazu geführt, eine Gliederung des Brackwassers vorzunehmen, die nicht vom Salzgehalt, sondern von biologischen Erscheinungen ausgeht. Im Unterlauf der Weser zum Beispiel lassen sich zwei Abschnitte mit einem verschiedenen Plankton unterscheiden, ein oberer mit einem oft gut entwickelten Brackwasserplankton und ein unterer mit einem verminderten marinen Plankton. Dieser letzte Abschnitt deckt sich in der Weser mit der Zone höchsten Schlickgehalts und stärksten Salzwechsels. Der obere Abschnitt hat einen geringen Schlick- und Salzgehalt; ja, das Brackwasserplankton dringt oft noch weit ins Süßwasser hinauf. Diese beiden durch verschiedenes Diatomeenplankton gekennzeichneten Abschnitte bezeichne ich als das obere und untere Brackwasser.

Die schlickgraue Farbe des unteren Brackwassers verliert sich abwärts und geht in klareres Seewasser über. Letzteres ist zunächst noch nicht vollsalzig und es fehlen auch noch die Charakterformen des Hochseepanktons. An der ganzen Küste entlang (auch außerhalb der Flußmündungen) finden wir einen mehr oder weniger breiten Saum nicht vollsalzigen Meerwassers, den ich als den brackisch-marinen Küstensaum bezeichne. Jenseits dieser Zone beginnt die vollsalzige Hochsee. Die Flora der Hochsee erhält ihren besonderen Charakter durch stenohaline Planktonformen, die schon beim Uebertritt in Wasser wenig verminderten Salzgehaltes absterben (BROCKMANN 1906). Im brackisch-marinen Küstensaum dagegen haben die euryhalinen Meeresformen ihr Hauptverbreitungsgebiet.

Im folgenden Schema sind die Einteilungen KOLBE's und REDEKE's mit

der meinigen zum Vergleich zusammengestellt. Die Chlorwerte REDEKE's sind auf Salzgehalt umgerechnet.

%S	KOLBE	REDEKE		BROCKMANN	
		Meerwasser		Hochsee	Meerwasser
30	Euhalobien	polyhalines	Brack- wasser	brackisch- mariner Küstensaum	
20					
10	Mesohalobien	b a		meso- halines	unteres
0	Oligohalobien	oligohalines		oberes	
		Süßwasser		Süßwasser	

B. Autochthone und allochthone Ablagerung.

Der wichtigste Faktor für den Charakter der Küstenablagerungen ist der Einfluß der Gezeiten. Zumal im engeren Küstensaum mit seiner starken Brandung in den Außenbezirken und seinem ausgeprägten horizontal gerichteten Wasseraustausch im eigentlichen Wattenmeer haben die Gezeiten die Wirkung einer riesigen Mischtrommel, in der die Sinkstoffe immer wieder vom Boden aufgehoben und durcheinandergewirbelt werden, so daß die Küstenablagerungen eine weitgehende Gleichartigkeit in der Zusammensetzung aufweisen. Die Korngröße ist natürlich nach dem Grade der Wasserbewegung örtlich verschieden.

Die suspendierten Stoffe des Küstenwassers kommen nicht nur am Meere selbst zur Ablagerung, sondern sie werden mit dem Flutstrom auch in die Flüsse hinaufgetragen und auch dort abgelagert. Das wechselnde Kräfteverhältnis von Ebbe- und Flutstrom bringt es dabei mit sich, daß die landwärts gerichtete Verfrachtung der Sinkstoffe die entgegengesetzte meistens überwiegt. Wir finden deshalb im Unterlauf der Flüsse noch bis zur oberen Grenze des Flutstromes marine Sinkstoffe abgelagert.

Der Nachweis, daß tatsächlich in erheblichem Maße marine Sedimente bis ins Süßwasser der Flüsse hinaufgeführt und dort abgelagert werden, ist mit Sicherheit durch die in diesen Ablagerungen enthaltenen marinen Diatomeen zu führen. Bei fossilen Flußablagerungen im Gezeitengebiet darf man

deshalb nicht ohne weiteres aus dem Vorhandensein mariner Diatomeen auf Salzwasserbildung schließen.

An der gezeitenlosen Ostsee sind von H. HEIDEN (1900, 1902) zahlreiche Bohrungen auf Diatomeen untersucht worden. Dabei wurde der Salzgehaltsgrad gefunden, indem die Arten der einzelnen Salzgehaltsgruppen für sich zusammengezählt und ihr prozentualer Anteil an der Gesamtzahl der Arten berechnet wurde. Wollte man nach dem gleichen Verfahren den Salzgehalt des Gezeitenricks eines Flußbettes bestimmen, so käme man auf eine mehr oder weniger marine Bildung; denn die überwiegende Zahl der Schalen besteht aus marinen Arten, und die Süßwasserarten sind (besonders in der Individuenzahl) in der Minderheit, obwohl es sich vielleicht um eine Süßwasserbildung handelt.

Damit dürfte hinreichend begründet sein, daß man die außerhalb ihres Lebensraumes (allochthon) abgelagerten marinen Schalen nicht für die Bestimmung des Salzgehaltes einer Kleiprobe verwenden darf. Es ist vielmehr notwendig, allochthone und autochthone Arten zu unterscheiden. Nur letztere sind für den Salzgehalt einer Ablagerung wirklich entscheidend.

Wenn wir uns nun den oben geschilderten turbulenten Zustand des Küstenwassers vergegenwärtigen, so liegt die Frage nahe, ob es in diesem Gebiete überhaupt autochthon (oder sedentär) abgelagerte Diatomeenschalen geben kann und gibt. Man kann der Meinung sein, die marinen Schalen müßten, nachdem sie nach vielfacher Umlagerung durch Brandung und Gezeitenstrom endlich irgendwo dauernd eingebettet sind, doch als autochthon im weiteren Sinne betrachtet werden, sofern der Einbettungsort sich innerhalb des eigenen Lebensraumes, also im Salzwassergebiet der Küste befindet. Wenn es aber gelingt, neben den in der angegebenen Weise abgelagerten Schalen noch andere festzustellen, bei denen Anzeichen vorhanden sind, daß sie ohne vorherige Irrfahrt am Orte ihres Wachstums eingebettet worden sind, dann ist es vorzuziehen, nur letzteren die Bezeichnung „autochthon“ zuzuerkennen und verdriftete Schalen als allochthon zu bezeichnen. Die Möglichkeit einer derartigen Unterscheidung besteht tatsächlich, wenn auch in beschränktem Maße.

Die als allochthone marine Schalen in Betracht kommenden Arten gehören zum großen Teil planktonisch oder halbplanktonisch lebenden Küstenformen an, die mit besonders derben Kieselpanzern ausgestattet sind, während von den meist schwach verkieselten Hochseeformen (z. B. *Chaetoceras* und *Rhizosolenia*) wenig erhalten bleibt. Zu den allgemein im Gezeitenbereich allochthon vorkommenden marinen und brackisch-marinen Arten gehören:

Melosira westi W. SM.

Melosira sulcata (E.) KG.

Hyalodiscus stelliger BALL.

Coscinodiscus radiatus GRUN.

Coscinodiscus excentricus EHR.
Actinoptychus undulatus (EHR.) RALFS
Actinoptychus splendens (SHB.) RALFS
Actinocyclus ehrenbergi RALFS
Aulacodiscus argus EHR.
Auliscus sculptus (W. SM.) RALFS
Biddulphia rhombus (E.) W. SM.
Cerataulus smithi RALFS
Raphoneis amphiceros EHR.
Raphoneis surirella GRUN.
Dimeregramma minor (GREG.) RALFS
Opephora pacifica (GRUN.) PETIT
Nitzschia navicularis (BREB.)
Nitzschia punctata (W. SM.)

Damit ist natürlich die Liste nicht erschöpft; denn alle Arten (auch die des Süßwassers) können allochthon vorkommen.

Die autochthonen Diatomeen gehören vorwiegend zu den Bodenformen. Ein autochthones Vorkommen ist dann anzunehmen, wenn eine Art von weniger allgemeiner Verbreitung in einer Schicht gehäuft vorkommt. Einzelheiten sollen bei Behandlung der Bodentypen besprochen werden.

In sehr vielen Ablagerungen ist eine autochthone Flora nicht zu erkennen, entweder, weil eine solche überhaupt nur schwach entwickelt war, oder, weil sie nicht ungestört eingebettet, sondern zerrieben oder verdriftet wurde. In solchen Fällen, wo anscheinend nur allochthone Schalen vorliegen, sagt das Vorkommen mariner Schalen lediglich aus, daß es sich um eine Ablagerung im Bereich der Gezeiten handelt. Will man auch in diesem Fall den Versuch machen, den Salzgehalt zu bestimmen, so bleibt nur das statistische Verfahren übrig, in dem alle gefundenen Arten nach Salzgehaltsgruppen geordnet und gezählt werden. Man sollte dann aber nicht nur die Arten, sondern sowohl ihre Häufigkeit als auch die Art ihrer Vergesellschaftung berücksichtigen. Man wird dann aus dem prozentualen Anteil der einzelnen Salzgehaltsgruppen auf die Höhe des Salzgehaltes schließen. Im Sedimentationsbereich der großen Flüsse wird man hiermit noch am ehesten Erfolg haben; denn je mehr man flußaufwärts kommt, um so mehr nehmen die (zumeist auch allochthonen) Süßwasserdiatomeen zu. Das Ergebnis wird aber sehr unsicher bleiben müssen, weil die hydrographischen Verhältnisse des Ablagerungsraumes zumeist unbekannt sind.

C. Einteilung der Küstenablagerungen.

Für die Topographie der deutschen Nordseeküste sind in der Gegenwart die Gezeiten, die Westwinde und die Deiche bestimmend. Seitdem die Marschen durch den Deichbau dem Einfluß des Meeres entzogen sind, hat hier die

Erhöhung des Bodens aufgehört. Eine Vorstellung von den heute tätigen bodenaufbauenden Kräften außerhalb der Deiche vermittelt WOHLBERG in seiner genetischen Darstellung des Andelpolsters (1933). Wenn wir uns aber ein Bild von dem Wechselspiel der bodenbildenden Kräfte in den Seemarschen früherer Jahrhunderte machen wollen, müssen wir uns in die Zeit versetzen, als der Mensch noch nicht in die geologische Gestaltung eingriff, also in die Zeit ohne Deichbau, ohne Entwässerung und ohne Landgewinnung.

Es ist hier nicht der Ort für eine ausführliche Schilderung der früheren Zustände in den jetzigen Marschen; aber auf einige wichtige Erscheinungen muß zur Begründung der Ablagerungstypen hingewiesen werden. — Von der Oberflächengestaltung der alten, nicht eingedeichten Marschen können wir uns eine ungefähre Vorstellung machen, wenn wir das der Küste vorgelagerte Watt zum Vergleich nehmen. Auf der Seeseite lag der Boden höher (Hochland) als auf der Landseite (Sietland). Der Strandwall des Hochlandes war von Tiefs durchschnitten, durch welche das Gezeitenwasser weite Räume des Sietlandes bei erhöhten Wasserständen überflutete. Das salzige Seewasser mischte sich hier mit dem von der Geest zuströmenden Süßwasser zu einem Brackwasser, dessen Salzgehalt von der Menge des Oberwassers, von der Breite der Gezeitenrinnen und vom Tidenhub abhängig war.

Im Sietlande kam es vielfach zur Bildung haffartiger Strandgewässer, in denen sich eine üppige Schilfvegetation entfaltete. Diese gab Veranlassung zur Bildung von Schilftorf. Die feintonigen Sinkstoffe hinterließen im Sietlande einen dichten, fetten, humosen Ton. Schilfvegetation und Schlickwatt wechselten mit der Verlagerung der Gezeitenrinnen oft ihr Ausbreitungsgebiet.

Die verlandeten Teile, die nicht mehr der täglichen Ueberflutung ausgesetzt waren, konnten nur noch durch Sturmfluten aufgeschlickt werden. Das Hochland bekam auch in diesem Falle reichlichere und gröbere Sedimente als das Sietland.

Weil heute diese natürliche Marschlandschaft fehlt, fehlen auch für die Diatomeen die Lebensbedingungen, wie sie die Sietlandsgewässer der damaligen Zeit boten. Daraus ergibt sich eine Schwierigkeit für die Bestimmung des Charakters mancher brackischen Ablagerungen. Im brackischen Schilftorf (Darg) und in humosen Tönen treten manche Diatomeen als Massenformen auf, die heute nur vereinzelt an der Nordsee gefunden werden, weil eben die entsprechenden Biotope fehlen. Es ist deshalb schwierig, die Lebensbedingungen dieser Arten unmittelbar zu untersuchen und so die ökologischen Verhältnisse der durch sie charakterisierten Ablagerungen zu erschließen. Erst durch Beobachtung der Vergesellschaftung solcher Formen ist es möglich, diese Schwierigkeit zu überwinden. Die sicherste Grundlage für die Beurteilung einer Ablagerung ist überhaupt die Pflanzengesellschaft; denn diese ist in geringerem Maße eurytop als die meisten einzelnen Arten.

Für die Feststellung der Ablagerungstypen folgen wir der Einteilung, die wir für die Wasserräume gefunden haben.

1. Ablagerungen im Meerwasser.

a) Küstenferne, rein marine Ablagerungen.

Im mittleren Teil der Nordsee finden sich Sande und sandiger Ton mit einer Diatomeenflora, die nur wenige (allochthone) Bestandteile der brackisch-marinen Küstenzone enthält. Die autochthone Flora besteht teils aus Plank-

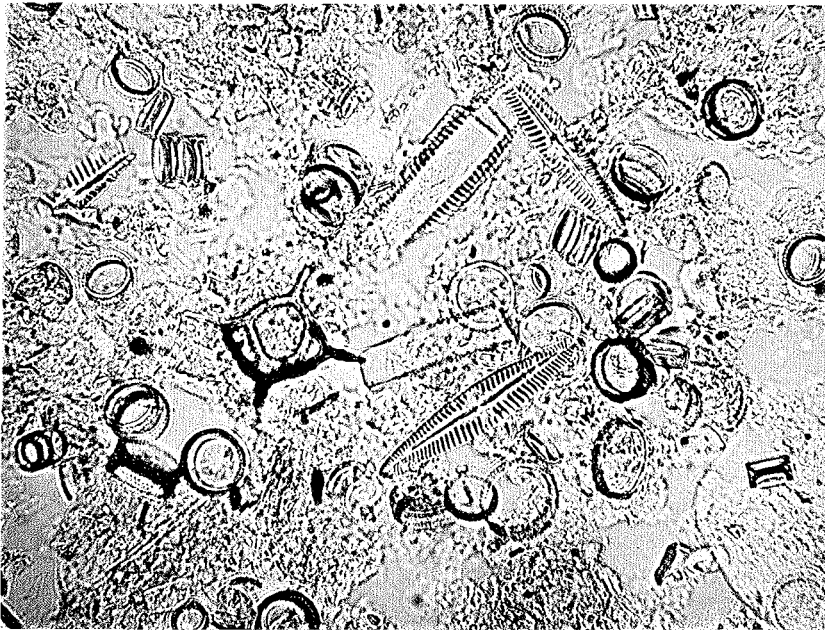


Abb. 2. Küstenfernes Sediment, nördlich der Doggerbank, — 79 m.
Hauptform *Melosira sulcata* = kreisförmig mit geriefeltem Rand. *Navicula distans* = lanzettlich. *Dictyocha fibula* = mit 4 Stacheln. Vergr. 360 ×.

ton- teils aus Bodenformen. Die Massenerzeuger des Hochseepanktons *Chaetoceros*, *Rhizosolenia* und andere haben sehr schwach verkieselte Schalen, die schon nach kurzer Zeit wieder aufgelöst sind. Von ihnen bleiben meist nur Dauersporen und Schalenenden erhalten. Auffallend viel ist in der mittleren Nordsee *Melosira sulcata* (Abb. 2) in den Grundproben enthalten. Von den im Plankton häufigen Silicoflagellaten findet sich *Dictyocha fibula* sehr häufig in den Sanden nördlich der Doggerbank, während in der Gegenwart in der südlichen Nordsee *Distephanus speculum* im Plankton überwiegt. Bezeichnend für die küstenfernen Ablagerungen sind aber vor allem die Bodenformen, die noch in Tiefen über 50 m gedeihen.

Die Diatomeenflora des küstenfernen Nordseebodens ist erst wenig erforscht. Nach den bisherigen Beobachtungen (BROCKMANN, 1937) ist die Besiedlungsdichte nicht unbedeutend. Da der Boden durch Gezeiten und Seegang nicht in dem Maße aufgewühlt wird wie an der Küste, ist die Verdriftung der Schalen geringer und die Einbettung infolgedessen mehr autochthon. Deshalb sind die Bodenformen wertvollere Leitfossile als das Plankton. Als Charakterformen des küstenfernen Gebietes wurden festgestellt:

Melosira sulcata (E.) KG.
Achnanthes stroemi HUST.
Navicula distans W. SM.
Navicula carinifera GRUN.
Navicula claviculus GREG.
Navicula liber W. SM. v. *linearis* GRUN.

b) Der brackisch-marine Küstensaum.

b¹) Unterwasserbildungen.

Je mehr wir uns der Küste nähern, desto mehr nehmen die Litoralformen zu, und schon bei Helgoland überwiegen sie im Nordseeboden.

Die Unterwasserablagerungen des Küstengebietes sind besonders stark der Wirkung von Gezeiten und Seegang ausgesetzt; hier ist deshalb die Durchmischung der verschiedenen Sinkstoffe am größten. So konnten an Greiferproben vor der Hever in der Nähe der 10 m-Linie noch Süß- und Brackwasserdiatomeen festgestellt werden, die vielleicht aus Eider- oder Elbsedimenten stammen. Größer war hier natürlich der Anteil von Schalen, die von den Watten im Einzugsgebiet der Hever und von Süderoogsand herangeführt wurden. Die große Masse der Schalen bestand aber aus den allgemein an der Küste verbreiteten allochthonen Arten. Sicher autochthone Bodenformen konnten nicht festgestellt werden, dagegen wurden in den Grundproben lebende Zellen von *Biddulphia sinensis* in Massen gefunden (die Probenentnahme geschah während der Hochentwicklung des Herbstplanktons).

Bodenproben mit einem ähnlichen Schalengehalte begegnen uns bei Bohrungen an der Küste oft. Es sind schwachtonige Sande mit einem hohen Gehalt an Diatomeenschalen, die größtenteils der allochthonen brackisch-marinen Gruppe angehören. Wegen des Fehlens sicher autochthoner Arten läßt sich über den Salzgehalt nichts mit Sicherheit aussagen. Solche Sande werden sowohl an der freien Küste als auch im Unterlauf der größeren Flüsse abgelagert. In letzterem Falle lassen sich aber aus dem höheren Gehalt an allochthonen Süß- und Brackwasserarten sowie aus anderen erkennbaren organischen Resten des Flußsedimentes Schlüsse auf die Herkunft der Sinkstoffe ziehen.

b²) Watablagerungen.

Die Watten zeichnen sich gegen den dauernd untergetauchten Meeresgrund durch eine stärkere Besiedlung mit Diatomeen aus. Auf die besonderen ökologischen Verhältnisse der Watten kann hier nicht eingegangen werden: Es sei nur auf den einen Umstand hingewiesen, daß sich zeitweise große Wattflächen mit einem dichten Rasen von Grunddiatomeen bedecken, wodurch der Boden verfestigt und auch die während der Ueberflutung herabsinkenden Sedimente gebunden werden. Damit hängt es zusammen, daß auf den Watten auch eine stärkere autochthone Einbettung von Bodendiatomeen stattfindet als unter Wasser. Durch diese Tatsache ist die Möglichkeit gegeben, in vielen Fällen in Bodenproben den Wattcharakter einer Ablagerung zu erkennen (Abb. 1). Einige der gemeinsten Wattdiatomeen sind allerdings wegen ihrer zarten Schalen fossil selten erhalten. *Pleurosigma aestuari*, eine der wichtigsten Charakterformen des feinsandigen Watts, habe ich im fossilen Klei noch nicht gefunden. Häufige Charakterformen von brackisch-marinen Watablagerungen sind

Scoliopleura tumida (BRËB.) RABH.

Caloneis formosa (GREG.) CLEVE

Navicula digitoradiata (GREG.) A. SCHMIDT

Pleurosigma affine GRUN.

b³) Sturmflutschichten.

Sobald das Watt verlandet, verschwindet die typische Wattflora, und an ihre Stelle treten bestimmte Bewohner der Spritzzone.

Wenn der Boden erst eine geschlossene Rasendecke bekommen hat, bleibt für die Diatomeenvegetation nur noch wenig Raum. Das über MHW liegende junge Marschland wird nur noch bei Sturmfluten mit Sinkstoffen überschüttet und weiter aufgehöht. Die durch Sturmfluten heraufgeführten Sinkstoffe enthalten natürlich die Diatomeenschalen, die das Wasser im Küstengebiet aufgewirbelt hat; und so finden wir in rezenten Sturmflutschichten die gleichen Arten wie am benachbarten Meeresgrunde.

In Sturmflutschichten werden die Diatomeen viel schneller aufgelöst als in Watablagerungen, besonders, wenn es sich um gröbere Sedimente handelt. Weil jede einzelne Schicht längere Zeit an der Oberfläche der stärksten Verwitterung ausgesetzt ist, werden die Kieselschalen stärker angegriffen als im Watt, wo sie schnell unter Luftabschluß geraten. Vermutlich decken auch die Gräser ihren Siliziumbedarf in erheblichem Umfange aus der leicht löslichen Kieselsäure der Diatomeen. Darum ist schon im jungen Außengroden ein verminderter Diatomeengehalt festzustellen, und in den Sturmflutschichten der alten Marsch sind zur Hauptsache nur noch derbe Schalen erhalten.

Der ganze, mit den marinen Sedimenten über dem Festlandrasen ausgeschüttete Diatomeengehalt muß als allochthon betrachtet werden.

In kleinen Dellen des Rasens bleiben nach Sturmfluten Salzwasserpflügen zurück, die sich bei feuchter Witterung auf tonigem Grunde längere Zeit halten können und in denen sich oft dichte Rasen von Bodendiatomeen bilden. Sind es in diesem Falle Salzwasserformen wie *Navicula cincta*, so bieten Regenzeiten auch Süßwasserarten, besonders einigen kleinen Pinnularien, eine vorübergehende Siedlungsmöglichkeit. In beiden Fällen werden diese Diatomeen autochthon eingebettet und bilden ein Merkmal für Sturmflutschichten.

Die Sturmflutaufschlickungen sind nicht auf die brackisch-marine Zone beschränkt, sondern finden sich im ganzen Gezeitemgebiet. In der deichlosen Zeit trugen die Sturmfluten noch marine Sinkstoffe bis in die Niederungsmoore hinein.

2. Brackwasserablagerungen.

Im regulierten Unterlauf der großen Ströme mit ihren weiten Mündungstrichtern entstehen gegenwärtig Brackwasserablagerungen nur in den entsprechenden Abschnitten des Strombettes. In der Vorzeit sah aber das Mündungsgebiet der Flüsse ganz anders aus (vgl. SCHÜTTE, 1935). In den Mündungsarmen fanden sich seenartige Erweiterungen und im Sietlande gab es weite lagunen- oder haffartige untergetauchte Räume mit Brackwasser verschiedenen Grades.

a) Ablagerungen des unteren Brackwassers.

Je nach der Stärke der Gezeiten, der Weite der Seegatten und dem Zu- und Abstrom von Oberwasser war der Salzgehalt des Brackwassers im Sietlandsraum verschieden. Bei starker Gezeitenwirkung und höherem Salzgehalt, also im unteren Brackwasser, bildeten sich vielfach Ablagerungen, in denen die Masse der allochthonen bei weitem die Zahl der autochthonen Arten überwiegt. Es ist darum auch oft unmöglich, den Salzgehaltsgrad mit Sicherheit zu erkennen. In solchen Fällen beschränke ich mich auf die Bezeichnung „Brackwasserablagerung“. Das kommt besonders für Flußsedimente in Frage, die stark allochthon sind und die zur Hauptsache nur durch erheblichen Anteil von Sinkstoffen des Oberwassers von den oben als brackisch-marin bezeichneten Bildungen zu unterscheiden sind (Abb. 3).

Im tieferen Wasser entstanden Ablagerungen, die durch Massenvorkommen der Planktonformen

Coscinodiscus excentricus E,
Actinocyclus ehrenbergi RALFS

gekennzeichnet sind.

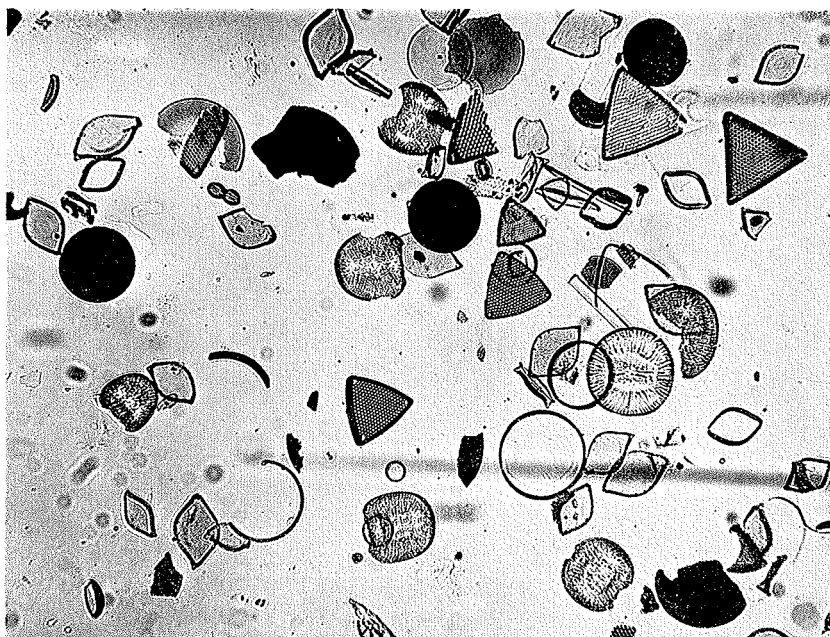


Abb. 3. Ältester Klei, Wilhelmshaven, — 17 m NN, gereinigt.

Brackisch-marin mit starkem brackischen Einschlag. *Aulacodiscus argus*, Leitform des Nordseealluviums = schwarze Scheiben. *Triceratium favius* = dreieckig. *Biddulphia rhombus* = elliptisch-lanzettlich mit vorgezogenen Polen. Die im jungen Klei gemeine var. *trigona* fehlt hier. *Campylodiscus echeneis* und *C. clypeus*, Brackwasserformen = rundlich mit fast radialer Struktur. Vergr. 72 ×.

Im seichten Wasser mit Brackwassertangen (*Enteromorpha compressa*, *E. intestinalis*, *Pylaiella littoralis*) wurden vielfach humose Tone abgelagert, die besonders viele Aufwuchsformen enthalten. Eine solche Gesellschaft ist zum Beispiel

Melosira nummuloides (DILLW.) AG.

Melosira juergensi AG.

Synedra tabulata (AG.) KG.

Synedra pulchella (RALFS) KG.

Achnanthes brevipes AG.

Achnanthes brevipes v. *parvula* (KG.) CLEVE

Achnanthes hauckiana GRUN.

Eine ökologisch verwandte Gesellschaft ist bezeichnend für den ältesten Darg des Jadebusens:

Hyalodiscus scoticus (KG.) GRUN.

Grammatophora oceanica (E.)

Synedra crystallina (AG.) KG.

Cocconeis scutellum E.

Wattablagerungen des unteren Brackwassers sind oft gekennzeichnet durch eine Gesellschaft von Bodendiatomeen mit

Stauroneis salina W. SM.

Diploneis didyma (E.) CLEVE

Diploneis smithi v. *rhombica*

Nitzschia tryblionella (HANTZSCH)

Nitzschia circumscuta (BAIL.) GRUN.

Surirella striatula TURPIN

Campylodiscus echeneis.

b) Ablagerungen des oberen Brackwassers.

Da die Grenzen des oberen und unteren Brackwassers sich mit den Tiden und Jahreszeiten verschieben, sind ihre Ablagerungen natürlich stark verzahnt, so daß die Floren beider Bildungen miteinander vermischt sind. In solchen Räumen können die Bodenproben nur als „Uebergang vom oberen zum unteren Brackwasser“ bestimmt werden. Andererseits sind gerade die reinen Ablagerungen des oberen Brackwassers oft besonders gut durch ihre Diatomeenflora gekennzeichnet. Wegen des schwächeren Einflusses der Gezeiten ist der Anteil der marinen Sedimente gering, so daß die autochthone Flora meistens überwiegt.

Für manche Ablagerungen sind Anzeichen vorhanden, daß eine regelmäßige Gezeitenwirkung fehlte. Die Absperrung von der See konnte zum Beispiel durch Verlandung verbindender Tiefs oder Priele herbeigeführt werden. In solchen Fällen wurde nur noch durch Sturmfluten oder durch Zu- und Abstrom salzigen Grundwassers die vollständige Aussüßung verhindert. Ein „fossiles“ Brackwasser dieser Art haben wir im Avenotter See.

Petrographisch sind die Ablagerungen des oberen Brackwassers in tonige und humose Bildungen zu trennen. Der Ton des oberen Brackwassers ist meistens sehr dicht und durch humose Bestandteile mehr oder weniger dunkel gefärbt. Wird er in bergfeuchtem Zustande aufgeschwemmt, so zeigt sich, daß er außerordentlich viele kolloide Bestandteile enthält, die sich auch nach tagelangem Stehen nicht absetzen. Der Gehalt an Diatomeenschalen und anderen organischen Resten ist groß, so daß oft die Bezeichnung „Tongyttja“ am Platze ist. In manchen Fällen ergibt sich aus der Anwesenheit von vielem Schwefeleisen (die Diatomeenschalen sind manchmal mit Pyrit- und anderen Schwefeleisenkristallen ausgefüllt) ein völlig reduktiver Zustand des Bodens, also Faulschlamm- und Sapropelbildung.

Die humosen Ablagerungen des oberen Brackwassers enthalten meistens viele leicht erkennbare Schilffreste und werden dann gewöhnlich als „Schilftorf“ aufgezeichnet. Der Vorschlag, den im Brackwasser gebildeten Schilftorf als „Darg“ zu bezeichnen (BROCKMANN, 1911), ist von vielen Geologen angenommen worden. In der Umgangssprache ist dieser Dialektausdruck

leider nicht eindeutig, und so fand ich noch kürzlich in Bohrprotokollen schilfdurchwurzelten „Ton“ als Darg eingetragen. Oft wird dieser Ausdruck auch für tonigen Schilftorf verwandt. Ob man nun meine Definition des Begriffes Darg annehmen will, ist an sich belanglos (es ist immer etwas mißlich, Dialektwörter wissenschaftlich zu verwenden), notwendig ist jedoch bei Erörterung des Problems der Küstensenkung, sich im Kleigebiet stets zu überzeugen, ob eine moorige Schicht Süß- oder Brackwasserbildung ist. Man scheint nämlich immer noch geneigt zu sein, den „Schilftorf“ unbesehen als Süßwasserbildung anzusprechen. Durch Untersuchung einer großen Zahl von Schilftorfproben aus der ganzen Nordseeküste von Holland bis Dänemark konnte ich drei wichtige Tatsachen feststellen:

1. Der Schilftorf im Kleigebiet ist überwiegend eine brackische Bildung (Darg).
2. Der größere oder geringere Tongehalt des Dargs ist kein Maßstab für den Salzgehalt der Ablagerung.
3. Die den Darg begleitenden oder mit ihm wechsellagernden humosen Tone des oberen Brackwassers stimmen im Charakter der Diatomeenflora mit ihm überein. Wechsel zwischen Ton und Darg bedeutet also keinen Wechsel des Salzgehaltes.

Aus diesen Erkenntnissen heraus ergab sich die weitere Folgerung, daß die Ton- und Dargschichten gleichzeitig nebeneinander entstanden, sie sind nur verschiedene (nämlich die tonige und die humose) Fazies des oberen Brackwassers.

Um den Tongehalt des im Brackwasser gebildeten „Schilftorfs“ zu berücksichtigen, kann man Darg und tonigen Darg unterscheiden; es bleibt aber zu beachten, daß auch der scheinbar „reine Schilftorf“ immer noch geringe Mengen toniger mariner Sedimente enthält, so daß der Unterschied nur abgestuft ist.

Will man den Ausdruck Darg umgehen, so kann dafür nur „brackischer Schilftorf“ gesetzt werden, damit eine Verwechslung mit dem Süßwasserschilftorf vermieden wird.

Die Gleichsetzung dieser beiden Bodenarten verbietet sich schon wegen ihrer verschiedenen petrographischen Beschaffenheit. Der Schilftorf des Binnenlandes hat ein lockeres Gefüge, der Darg dagegen hat eine gyttjaartige Grundmasse mit viel Diatomeen und ist dicht. Obwohl er meistens viel eingelagerte Schilfreste enthält, ist die Bezeichnung Schilftorf doch nur bedingt zutreffend.

In Darglagern und faulschlammartigen Tonen ist die verbreitetste Gesellschaft folgende:

Diploneis interrupta (KG.) CLEVE

Diploneis ovalis (HILSE) CLEVE

Navicula pusilla W. SM.

Navicula peregrina (E.) KG.

Diploneis interrupta ist die häufigste Begleitform des brackischen *Phragmitetums* (Abb. 4).

Eine Gesellschaft, die ähnlichen Salzgehalt anzeigt und ebenfalls im Darg vorkommt, ist:

Navicula peregrina (E.) KG.

Navicula pusilla W. SM.

Navicula elegans W. SM.

Galoneis amphibaena v. *subsalina* (DONK.) CLEVE

Nitzschia bilobata W. SM.

Im ältesten Darg an der Basis des marinen Alluviums (aber auch in jüngeren Schichten) finden wir häufig:

Nitzschia scalaris W. SM.

Campylodiscus clypeus E.

Anomoeoneis sphaerophora v. *sculpta* (E.) O. MUELL.

Nitzschia spectabilis (E.) RALFS.

Diese drei Assoziationen sind nicht streng getrennt, sondern kommen auch in anderer Verbindung vor.

Seltener ist eine andere Gesellschaft, die in gyttjaartigen Ablagerungen anzutreffen ist:

Fragilaria construens v. *subsalina* HUST als Massenform

Campylodiscus clypeus E.

Campylodiscus echeneis E.

Anomoeoneis sphaerophora v. *sculpta* (E.) O. MUELL.

Navicula peregrina (E.) KG.

Nitzschia scalaris W. SM.

Die obigen vier Pflanzengesellschaften kommen in Sietlandsbildungen vor. Viel weniger gut ist der Salzgehaltsgrad in Flußablagerungen des oberen Brackwassers zu erkennen, weil der Anteil der allochthonen Sinkstoffe größer ist. Das Kennzeichen von Flußablagerungen ist ein erheblicher Gehalt an Planktonformen des Brackwassers. So finden wir in den ausgedehnten Kleiablagerungen des alten Weserdeltas unter dem Oldenburger Staatsmoor (bei Strückhausen usw.) als Leitformen:

Cyclotella striata (KG.) GRUN.

Cyclotella meneghiniana KG.

Coscinodiscus lacustris GRUN.

Coscinodiscus normani GREG.

3. Süßwasserablagerungen.

Wie zwischen den übrigen Salzgehaltsstufen, so ist auch der Uebergang vom oberen Brackwasser zum Süßwasser fließend. Die Bestimmung des Salz-

gehaltsgrades ist hier besonders schwierig in Flußablagerungen. Die Elbtone beispielsweise sind auf weite Strecken durch *Cyclotella stricta* gekennzeichnet. Diese Art ist euryhalin, lebt aber vorwiegend im oberen Brackwasser. Als Planktonform wird sie in Fließgewässern schon lebend weit verdriftet; die leeren Schalen aber werden im Gezeitengebiet sowohl oberhalb als unterhalb des Lebensraumes dieser Art gefunden. Sie gelangt noch vereinzelt bis Hamburg hinauf, und in der See konnte ich sie noch bis Helgoland im Sediment feststellen.

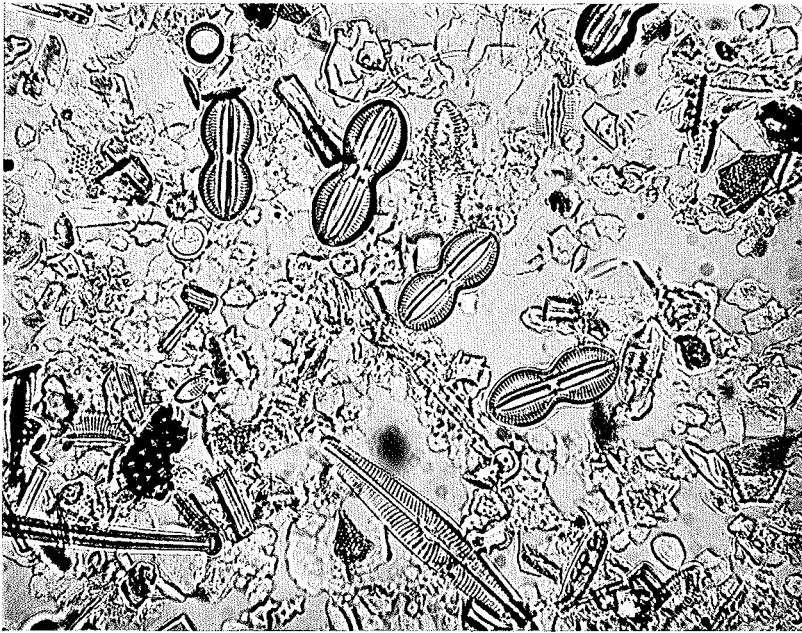


Abb. 4. Darg, Wilhelmshaven, — 28 m. Oberes Brackwasser.
Diploneis interrupta, wichtigste Charakterform des Dargs = hantelförmig.
Navicula peregrina = lanzettlich. Vergr. 360 $\times$.

Ihre größte Dichte hat *Cyclotella* in den Elbablagerungen des Alten Landes und in Kehdingen. Auch die oberen (Sturmflut-)Schichten sind durch diese Art gekennzeichnet. Ihr Massenvorkommen sagt über den Salzgehaltsgrad nicht mehr aus, als daß die Ablagerung im Uebergangsraum des Süß- und Brackwassers erfolgte.

Klar abgegrenzt gegen das obere Brackwasser sind dagegen die Ablagerungen, die außerhalb des Gezeitenbereiches, besonders in Restseen des Sietlandes entstanden sind. Diese flachen Gewässer sind oder waren zunächst stark eutroph, bis über verlandeten Teilen vom Geestrande her Hochmoorbildung einsetzte, was einen mehr dystrophen Zustand des Wassers zur Folge hatte.

In eutrophen Restseen bildeten sich ähnlich wie in entsprechenden Gewässern des Binnenlandes Schlammablagerungen, die oft durch folgende Pflanzengesellschaften gekennzeichnet sind:

Melosira granulata (E.) RALFS

Melosira italica (E.) KG.

Stephanodiscus astraea (E.) GRUN.

Nicht selten erinnern noch einzelne Bewohner des oberen Brackwassers an die Nähe des Meeres. So fand ich zum Beispiel in Proben aus einer Watt-

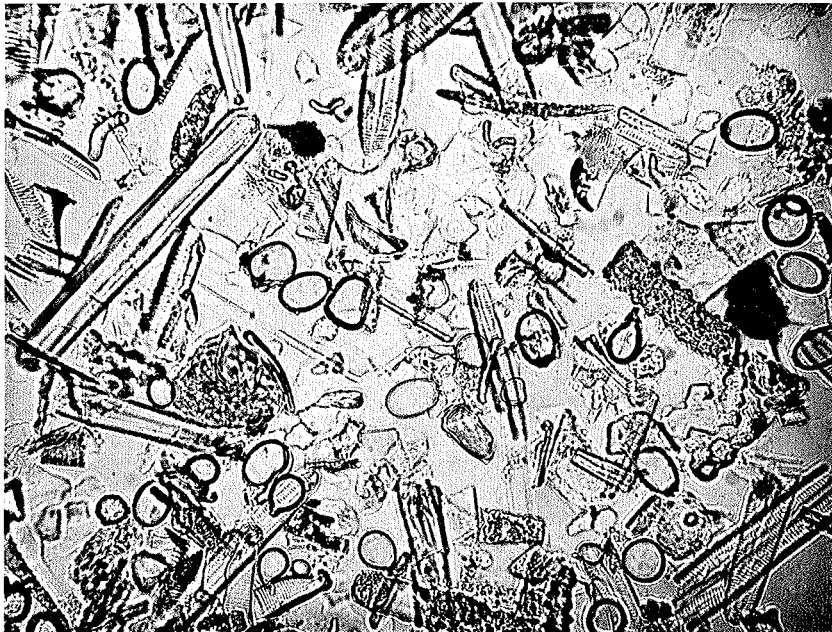


Abb. 5. Moor, Außenweser, Tonne D, Süßwasser, boreal.
Süßwasserpinnularen, verkieselte Zysten von Flagellaten (Chrysomonaden) = elliptisch, oval oder kugelig. Formen der Verlandungszone. Vergr. 360×.

grabung nördlich Gröde (BANTELMANN, 1940) neben obiger, den überwiegenden Bestandteil bildenden Süßwassergesellschaft auch (ebenfalls autochthone) Brackwasserarten, unter ihnen

Cyclotella striata (KG.) GRUN.

Cyclotella meneghiniana KG.

Thalassiosira baltica (GRUN.) OSTENF.

und als besonders auffallende Erscheinung: *Fragilaria inflata*, die wichtigste Charakterform der ostpreußischen Haffe.

Ob das Auftreten solcher mesohalober und halophiler Formen in einer Süßwasserflora immer auf Salzeinfluß zurückgeführt werden muß, erscheint

mir zweifelhaft. Der Salzgehalt ist nicht der einzige (und zweifellos nicht immer der ausschlaggebende) ökologische Faktor.

Die beginnende Verlandung der Gewässer kündigt sich in der Diatomeenflora oft durch Ueberhandnahme epiphytischer Grundformen an, denen *Ceratophyllum*, *Myriophyllum*, *Potamogeton* und andere untergetauchte Pflanzen als Substrat dienen. Charakterformen dieser Flora sind:

Synedra ulna (NITZSCH) E.

Cocconeis placentula (E.)

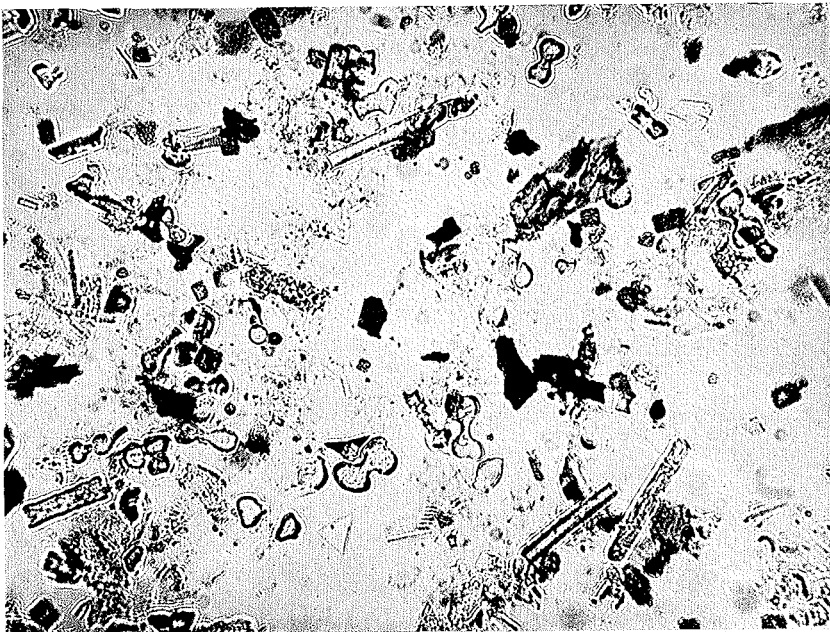


Abb. 6. Humus, Wattbohrung nördlich Föhr Bg. 6, Probe 11.
„Phytolitharien“, *Lithostylidium clepsammidium* = hantelförmig. Anzeichen von Graswuchs.
Vergr. 360×.

Cocconeis pediculus E.

Gomphonema zahlreiche Arten

Cymbella zahlreiche Arten

Epithemia zebra (E.) KG.

Epithemia turgida (E.) KG.

Dieser Aufwuchsflora sind stets freilebende Bodenformen untermischt.

Wird bei fortschreitender Verlandung das Gewässer so flach, daß es zeitweise austrocknet, so zeigt sich dieser Zustand in vielen Fällen durch das Auftreten gewisser Flagellaten an, die verkieselte Zysten bilden. Diese verkieselten Zysten sind in den Bodenproben sehr gut erhalten (Abb. 5). Ihre

Bestimmung ist in vielen Fällen nicht möglich, weil die zugehörigen vegetativen Formen unbekannt sind (vgl. W. KRIEGER). Die Diatomeen dieses Verlandungszustandes gehören großenteils den Gattungen *Eunotia*, *Pinnularia* und *Navicula* an.

Wenn das Verlandungsgebiet in einen Grassumpf übergegangen ist, dann finden wir (meistens neben den verkieselten Flagellatenzysten) verkieselte Reste von Gräsern im Boden, die EHRENBURG (1866) unter dem Namen „Phytolitharien“ beschrieben hat (Abb. 6). Auch im Grassumpf leben noch Diatomeen, besonders kleinere Pinnularien.

Die Verlandungserscheinungen sind übrigens im Bereich des oberen Brackwassers, soweit es sich um Restseen handelt, ganz ähnlich wie im Süßwasser. Auch in solchen Ablagerungen kommen oft verkieselte Flagellatenzysten und Phytolitharien als Anzeichen von Sumpfbildung vor.

Baut sich später über dem Niederungsmoor ein Hochmoor auf, so tritt die Diatomeenvegetation stark zurück. Im reinen Sphagnumtorf sind meistens keine Diatomeenschalen zu finden. Nur Hochmoorseen und Kleingewässer enthalten eine meist artenarme Flora, die durch halophobe Arten gekennzeichnet ist. Zu diesen gehören:

Tabellaria flocculosa (ROTH) KG.

Eunotia veneris (KG.) O. MUELL.

Eunotia lunaris (E.) GRUN.

Frustulia rhomboides (E.) DE TONI

Neidium iridis (E.) CLEVE

Pinnularia hilseana JANISCH.

Ueberschlickte Hochmoore sind in der oberen Kontaktschicht oft mit marinen Sedimenten infiltriert. Aber auch dünne Schlickeinlagerungen findet man innerhalb des Sphagnumtorfes. Diese können dadurch entstanden sein, daß bei der marinen Transgression das Moor aufgespalten wurde, so daß eine Unterschlickung stattfinden konnte (vgl. das Hochmoor bei Sehestedt am Jadebusen).

Derartige nachträgliche Verunreinigungen sind bei anderen Bodenarten weniger zu erwarten; selbst in Sandschichten konnte ich keine Untermischung mit fremden Bestandteilen feststellen. Wo eine Beimengung fremder Bestandteile in Erscheinung tritt, ist Umlagerung anzunehmen. So fand ich verschiedentlich an der schleswig-holsteinischen Küste in dem fluvioglazialen Sande, der dort oft das Eem vom marinen Alluvium trennt, Diatomeen aus beiden Formationen. Auch aufgearbeitete Eemschichten mit Einlagerung alluvialer mariner Sedimente sind in diesem Gebiete zu beobachten.

III. Die Diatomeen als Leitfossilien für die zeitliche Gliederung der Küstenablagerungen.

A. Zeitliche Gliederung des Küstenalluviums.

Für die zeitliche Gliederung des Alluviums (wie sie z. B. DITTMER, 1938 gibt) bietet die Diatomeenflora nur geringe Möglichkeit. Die Süßwasserflora ist grundsätzlich vom Boreal bis zur Gegenwart unverändert geblieben. Wo sich in den verschiedenen Altersstufen eines Lagers Verschiedenheiten in den Diatomeengesellschaften zeigen, sind diese als Anzeichen rein örtlich wechselnder Umweltbedingungen zu betrachten und höchstens in Verbindung mit der Pollenanalyse und zur Stützung ihrer Ergebnisse geochronologisch zu verwerten.

Nur wo subarktische Ablagerungen in Frage kommen, können die darin enthaltenen Kaltwasserformen Anhaltspunkte für die Eingliederung ergeben.

Für die Salzwasserflora liegen die Verhältnisse etwas günstiger. Das Herannahen der ersten marinen Transgression ist manchmal durch (nach Ausweis der Pollenanalyse borealatlantische) brackische Ablagerungen gekennzeichnet, in denen ich eine der Litorinaseeflora ähnliche Pflanzengesellschaft fand. Damals hatte die südliche Nordsee anscheinend den Charakter einer brackischen Haffsee (durch die vorgelagerten Wälle der jetzigen Dogger- und Fischerbank). Charakterformen dieser Flora sind:

Hyalodiscus scoticus (KG.) GRUN.

Terpsinoe americana (BAIL.) RALFS

Synedra crystallina (AG.) KG.

Cocconeis scutellum E.

Bemerkenswert ist weiter für die alten Ablagerungen das Fehlen der in jungen Schichten so häufigen *Biddulphia rhombus* v. *trigona* (Abb. 3). Für eine allein auf die Diatomeenflora gegründete Zeitbestimmung reichen diese wenigen Daten nicht aus, sondern sie sind nur in Anlehnung an Ergebnisse der Pollenanalyse zu verwerten.

B. Zeitliche Gliederung des Diluviums im Küstengebiet.

Da die klimatischen Verhältnisse während der Interglazialzeiten ganz ähnlich waren wie in der Gegenwart, ist es verständlich, daß auch die Diatomeenflora nur geringfügige Unterschiede zeigt, von denen angenommen werden kann, daß sie meist historisch und nicht ökologisch bedingt sind.

So ist es gewiß nur einem günstigen Zufall zu verdanken, daß das marine Alluvium eine Leitform enthält, die im Diluvium bisher nirgends gefunden wurde. Diese Leitform, *Aulacodiscus argus*, ist im Nordsealluvium eine der gemeinsten Arten und wegen ihrer außergewöhnlich derben Schale (Abb. 3) gut erhalten, weshalb sie zur Unterscheidung alluvialer und diluvialer Schichten ein sehr bequemes Mittel ist.

1. Das Junginterglazial.

Das an der Westküste weit verbreitete marine Junginterglazial (Eem) ist schon soweit auf Diatomeen untersucht, daß sich das Florenbild mit einiger Deutlichkeit erkennen läßt. Einen guten Ausgangspunkt bietet die Eemflora Hollands (BROCKMANN, 1928), aus der klar hervorgeht, daß die ökologischen Verhältnisse (Gezeiten, Salzgehalt, Temperatur) in der Eemsee ganz ähnlich waren wie in der alluvialen Nordsee. Die meisten Eemablagerungen an der Westküste Schleswig-Holsteins zeigen die gleiche Flora. Als Charakterformen dieser Flora können betrachtet werden:

Stephanopyxis turris (GREV. & ARN.) RALFS

Endictya oceanica E.

Terpsinoe americana (BAIL.) RALFS

Cocconeis debesi HUST.

Die meisten Eemschichten Schleswig-Holsteins sind wie diejenigen Hollands ausgesprochene Gezeitenbildungen wie die der alluvialen Nordsee. Daneben kommen an unserer Westküste noch marine Schichten mit nur geringem Gezeiteinfluß vor. Als Typus dieser Ablagerungen kann das Eem von Oldenbüttel (BROCKMANN, 1932) betrachtet werden. Während in den Gezeitenablagerungen die derben allochthonen Küstenformen überwiegen, ist das Eem von Oldenbüttel durch das Vorherrschen autochthoner Bodendiatomeen gekennzeichnet. Die obengenannten vier allgemeinen Charakterformen des Eems fehlen auch hier nicht. Zu ihnen kommen weiter:

Synedra undulata BAIL.

Synedra brockmanni HUST.

Diploneis subcineta (A. SCHM.) CLEVE

Synedra undulata ist auch für die Flora der westlichen Ostsee bezeichnend; sie findet sich ebenfalls häufig in Litorinaschichten. *Synedra brockmanni* wurde bisher in Oldenbüttel, in Bohrungen auf Christianswarf und Bandixwarf auf Langeneß und außerdem in einer Lokalflorea des Eems in Holland gefunden (noch nicht veröffentlichte Untersuchungsergebnisse).

Zum Unterschiede von den Gezeitenablagerungen des Eems an der Westküste hat die Oldenbütteler Tongyttja mehr den Charakter einer Haffbildung. Die Ausdehnung dieser Eemfazies ist noch nicht weiter erforscht.

Das marine Eem geht nach oben manchmal in brackisches und Süßwasserinterglazial über. Eine eigenartige Mischflora von Salz- und Süßwasserformen findet sich in einer Bohrung (T 23) des Querprofils nördlich Föhr (O. ERNST). Die Süßwasserflora enthält als Massenform *Melosira arenaria* (Abb. 7). Im übrigen handelt es sich zumeist um Aufwuchs- und Bodendiatomeen der Gattungen *Synedra*, *Cymbella*, *Epithemia* und *Navicula*. Die Brackwasserflora ist durch eine Reihe mesohalober Arten vertreten, von denen

Actinoptychus undulatus

Actinocyclus ehrenbergi RALFS

Terpsinoe americana (BAIL.) RALFS

Grammatophora oceanica (E.)

Nitzschia scalaris W. SM.

Surirella striatula TURPIN und

Campylodiscus echeneis

erwähnt seien. Derartige Mischfloren, in denen die Süß- und Salzwasserkomponente völlig autochthon in ungestörter Entwicklung vertreten sind, kommen in den heutigen Nordseeflüssen mit ihrer starken Gezeitenbewegung

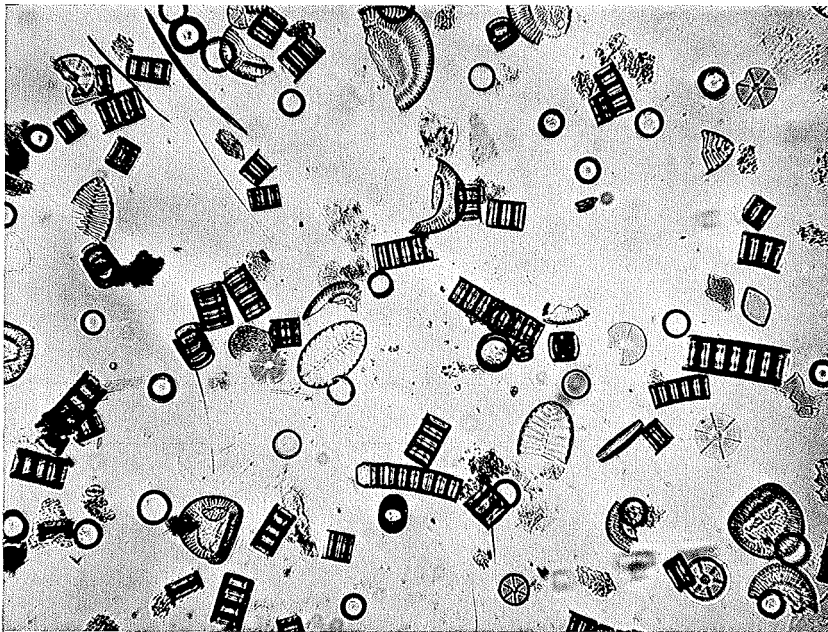


Abb. 7. Faulschlammton, Bohrung T 23 — 10.6 m Interglazial.
Gemisch von Süß- und Salzwasserdiatomeen. Süßwasser: *Melosira arenaria* = Kreise und Walzen. Salzwasserformen: *Actinopteryx undulatus* = Kreise mit 6 Feldern. *Surirella striatula* = oval, *Biddulphia rhombus*, *Campylodiscus echeneis*, *C. clypeus*. Vergr. 72×

nicht vor, wohl aber im Ostseegebiet, wo größere Räume mit ausgeglichenem Salzgehalt den halophilen Süßwasserarten gestatten, sich im Brackwasser einzugewöhnen, und wo deshalb das Massenvorkommen von Süßwasserformen in der Salzwasserflora eine häufige Erscheinung ist. Ähnliche ökologische Verhältnisse müssen auch bei der Bildung der Brackwasserschicht in T 23 geherrscht haben.

In dem gleichen Linienprofil enthält die Bohrung T 29 einen interglazialen Süßwassertorf mit einer subarktischen Diatomeenflora (Abb. 8 u. 9). Charakterformen dieser Flora sind die nordischen Arten

Eunotia praerupta E.
Navicula semen E.
Navicula amphibola CLEVE
Pinnularia streptoraphe CLEVE
Neidium bisulcatum (LAGERST.) CLEVE.

Die Verbreitung dieser seltenen Pflanzengesellschaft verdient weiter verfolgt zu werden, um die geologische Eingliederung sicherzustellen.

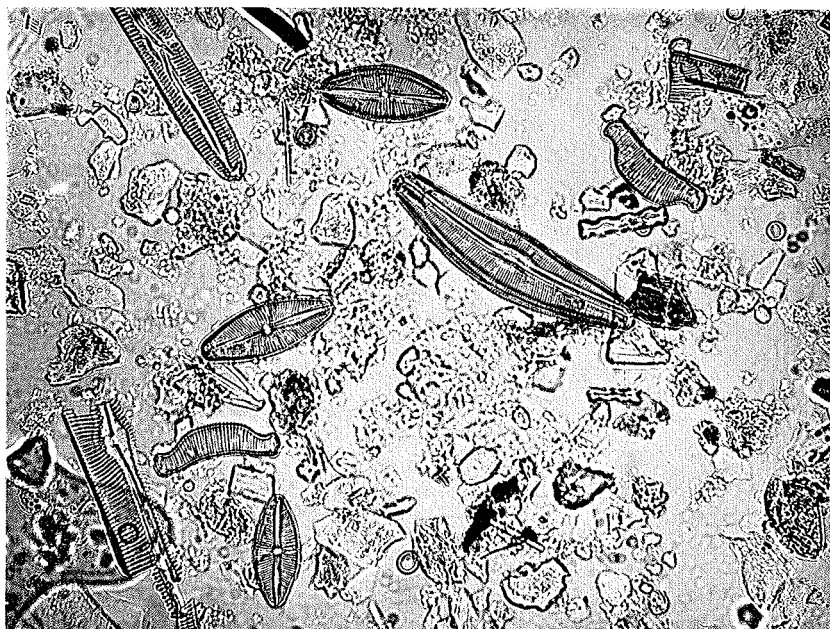


Abb. 8. Torf, Bohrung T 29, Interglazial, nordische Flora.
Navicula semen, *Eunotia praerupta*. Vergr. 240 ×

2. Das Altinterglazial.

Haben wir in *Aulacodiscus argus* ein Leitfossil des marinen Alluviums gefunden, das eine sichere Unterscheidung vom marinen Diluvium ermöglicht, so liegen die Verhältnisse für die Unterscheidung der beiden Interglaziale weniger günstig (vgl. BROCKMANN, 1936 a). Die Ablagerungen des älteren Interglazials sind erst wenig auf Diatomeen untersucht. Immerhin hat sich schon jetzt gezeigt, daß die Floren beider Interglaziale einander sehr ähnlich sind. Als besondere Eigentümlichkeiten der Holsteinsee (marine und brackische Schichten des älteren Interglazials) hat sich bis jetzt das Fehlen von *Triceratium favus* in der Diatomeenflora herausgestellt. Diese derbe Küstenform ist im marinen Nordsecalluvium und im Eem sehr häufig, und wegen ihrer Struktur ist die Art auch schon in kleinen Scherben leicht zu erkennen. Die eingehende Untersuchung der Ziegeleigrube Nindorf (BROCKMANN, 1934),

in der sich marine Gezeitenablagerungen des älteren Interglazials befinden, hatte bezüglich *Triceratium favus* ein negatives Ergebnis. Auch eine größere Zahl von Proben aus dem Untergrunde Hamburgs, die ich der Freundlichkeit Herrn Professor KOCHS verdanke, zeigte das gleiche Ergebnis. Wenn sich das Fehlen von *Triceratium favus* im älteren Interglazial bei der weiteren Untersuchung bestätigen sollte, so wäre damit ein bequemes Mittel zur Unterscheidung der beiden Interglaziale gewonnen.

Als weitere unterscheidende Merkmale ergaben sich bisher: *Cocconeis debesi* ist im Eem sehr häufig und im älteren Interglazial selten, *Cocconeis quarnerensis* dagegen ist im Eem selten und im älteren Interglazial häufig.

Zu der Aufteilung des älteren Interglazials in Dithmarscher Meer und Hamburger Meer (NEUMANN, 1933) kann vom Standpunkt der Diatomeenkunde noch keine Stellung genommen werden.

Bisher haben sich drei Typen von Ablagerungen des Altinterglazials ergeben:

1. vollsalzige Gezeitenablagerungen: Nindorf,
2. Ablagerungen eines ruhigen Meeres mit geringer Gezeitenbewegung: Burg,
3. brackisch-marine und brackische Ablagerungen eines stark abgeschlossenen Meeresteiles: Hamburg.

Es ist klar, daß die Diatomeenflora in den drei Typen schon allein aus ökologischen Gründen verschieden sein muß. Die Flora der Nindorfer Tone kommt der rezenten Nordseeflora am nächsten; die Flora von Burg klingt an das Eem von Oldenbüttel an, und das Hamburger Interglazial zeigt die Lokalflora einer stark abgeschlossenen brackischen Meeresbucht.

Die wesentlichen Unterschiede läßt schon die Zusammenstellung folgender Charakterformen erkennen:

	alluv. Nordsee	Eem	Nindorf	Burg	Hamburg
<i>Aulacodiscus argus</i>	+	—	—	—	—
<i>Biddulphia rhombus</i> v. <i>trigona</i>	+	—	—	—	—
<i>Actinopteryx splendens</i>	+	+	+	—	—
<i>Triceratium favus</i>	+	+	—	—	—
<i>Stephanopyxis turris</i>	—	+	r	—	+
<i>Terpsinoe americana</i>	—	+	—	—	+
<i>Cocconeis debesi</i>	—	+	r	—	—
<i>Cocconeis quarnerensis</i>	—	r	+	+	—
<i>Hyalodiscus subtilis</i>	—	—	—	—	+
<i>Melosira moniliformis</i>	—	—	—	—	+
<i>Campylodiscus echeneis</i>	—	—	—	—	c
<i>Chaetoceros</i> -Sporen	—	—	—	+	—

C. Ausblick ins Tertiär.

Wenn man die Entwicklung der Diatomeenflora der Nordsee rückschreitend verfolgt, so kommt man über das Altinterglazial kaum hinaus. Der

Zementstein von Jütland, zu den paläozänen Wassertuffen gehörend, ist seit langem bekannt durch seine subtropische Diatomeenflora, die zur neuzeitlichen gemäßigten Flora der Nordsee keine Beziehungen hat. Schon beim Jungtertiär scheint die Verknüpfung mit dem Quartär fast zu fehlen. Vom Rijks Geologischen Dienst in Haarlem erhielt ich früher 500 Bohrproben aus dem holländischen Pliozän zur Untersuchung auf Diatomeen (bisher nicht veröffentlicht). Unter diesen befindet sich eine Probe aus einer Tiefbohrung in Sommelsdijk (Provinz Zuidholland) — 68.50 bis 76.5 m Ofl., die nach freundlicher Mitteilung von Herrn Dr. STEENHUIS dem Jungpliozän angehört. Diese Probe enthält eine Flora, die sich zur Hauptsache aus verschiedenen Formen von *Aulacodiscus* (vorwiegend Gruppe *A. crux*) zusammensetzt, die in wärmeren Meeren zu Hause sind. Hierzu gesellen sich ganz vereinzelte Elemente der gemäßigten Flora unserer quartären Nordsee (*Podosira stelliger*, *Auliscus sculptus*, *Biddulphia rhombus*, *Triceratium spinosum*, *Grammatophora oceanica*). Es kündigt sich also dadurch schon das Herannahen der geologischen Neuzeit an.

Diatomeenschalen aus aufgearbeiteten älteren Formationen finden sich sporadisch in quartären Ablagerungen, sowohl im Sediment als auch im Glazialgeschiebe. So findet man hin und wieder derbe Schalen von *Coscinodiscus marginatus*, ferner sah ich einzelne Scherben von *Melosira ornata*, *Arachnoidiscus ehrenbergi* und *Isthmia enervis* in Auswaschungen von Geschiebelehm. Die Herkunft dieser Scherben bleibt ungewiß, solange das Muttergestein nicht untersucht ist. Wo derartige fremde Bestandteile in marinen Ablagerungen gefunden werden, ist ihnen keine Bedeutung beizumessen.

IV. Bemerkungen zur Oekologie und Verbreitung einiger Leitformen.

Melosira arenaria MOORE ist in erheblichem Maße eurytop. So gibt HUSTEDT (1930) unter anderem folgende Fundorte an: Im Litoral der meisten Seen verbreitet und häufig, im Gebirge gern auf überrieseltem Felsschutt. Dazu kommen nach der Vergesellschaftung in fossilen Lagern noch Fundorte, die auf einen halophilen Charakter der Art hindeuten. So fand ich sie in den ostpreußischen Haffen vor allem in der „Clypeus-Assoziation“ und im interglazialen Töck der Westküste (vgl. Abb. 7) in einer ganz ähnlichen Gesellschaft. H. HEIDEN (1912) und P. SCHULZ (1926) bezeichnen *M. arenaria* als Süß- und Brackwasserart. In HEIDENS Präparaten (von Bohrungen bei Warnemünde) fand ich sie gerade in Brackwassergesellschaften sehr viel. Trotz dieses Vorkommens an sehr unterschiedlichen Standorten kann man doch feststellen, daß die Art durchaus nicht allgemein verbreitet ist, sondern daß sie bestimmte Biotope bevorzugt, wodurch sie als Charakterform Bedeutung hat.

Coscinodiscus commutatus GRUN. An der Nordseeküste ist die Art vor allem Bewohnerin des unteren Brackwassers. In der Ostsee konnte ich sie neuerdings auch in Salzwasser unter 5‰ S als Massenform feststellen. In den

Ablagerungen der Nordseeküste habe ich *C. commutatus* bisher nur selten gefunden; es scheint, daß er erst in neuester Zeit als Massenform auftritt.

Coscinodiscus normani GREG. Das Salzbedürfnis dieser Art ergibt sich klar aus ihrem Massenvorkommen im oberen Brackwasser der Unterweser. In den Sietlandsgebieten und im übermoorten Flußklei der linksseitigen Mündungsarme des alten Weserdeltas findet sie sich auch fossil.

Hyalodiscus scoticus (KG.) GRUN. ist euryhalin, bevorzugt aber Seewasser geringer Konzentration und kann als Charakterform des unteren Brackwassers gelten. An den Küsten der mittleren Ostsee ist die Art noch eine gemeine Aufwuchsform. An der deutschen Nordseeküste habe ich sie bisher selten beobachtet; häufiger kommt sie in der Zuiderzee vor. Fossil tritt sie häufig in alten Brackwasserschichten der Nordseeküste auf, die vermutlich aus einer Zeit stammen, als die südliche Nordsee noch haffartige Beschaffenheit hatte.

Stephanopyxis turris (GREV. & ARN.) RALFS kommt rezent im Nordseep plankton vor. Fossil habe ich die Art in alluvialen Küstenablagerungen der Nordsee noch nicht beobachtet. In Litorinabildungen der Ostsee und in interglazialen Ablagerungen der Nordsee ist sie dagegen häufig. Es handelt sich aber nicht um die rezente Nordseeform, sondern um gröber areolierte, nicht zylindrische Schalen, die meist mit der var. *intermedia* GRUN. übereinstimmen.

Cyclotella striata (KG.) GRUN. ist eine Charakterform des oberen Brackwassers; hier tritt sie als Massenform auf, während sie weiter seewärts nur noch vereinzelt vorkommt. In Ablagerungen sind Flußsedimente durch sie gekennzeichnet.

Actinoptychus undulatus (E.) RALFS hat seine Hauptverbreitung in der brakisch-marinen Zone, er kommt aber auch noch im unteren Brackwasser vor. So konnte ich ihn wiederholt als fast einzige Planktonform im Kaiserhafen zu Bremerhaven (bei etwa 10‰ S) beobachten. In Küstenablagerungen kommen die Schalen dieser Art überwiegend allochthon vor; bei starker Häufung muß man allerdings mit teilweise autochthonem Auftreten rechnen.

Actinoptychus splendens (SHB.) RALFS meidet das Brackwasser. Darum fehlt er auch im Gegensatz zur vorigen Art in Ablagerungen der Ostsee. In vollsalzigem marinem Interglazial häufig.

Actinocyclus ehrenbergi RALFS hat seine Hauptverbreitung in der brakisch-marinen Zone; er geht aber noch weiter ins Brackwasser hinauf als *Actinoptychus undulatus*. Im Kaiserhafen von Bremerhaven, der im allgemeinen kein eigenes Diatomeenplankton erzeugt, konnte ich *A. ehrenbergi* einmal in Massenentwicklung beobachten (es handelt sich in diesem Fall um eine grün irisierende Form, die von der Art kaum getrennt werden kann). Im Frischen Haff kommt die Art in schwächerem Brackwasser vor.

Terpsinoe americana (BAIL.) RALFS ist lebend bisher an der Nordseeküste nicht beobachtet worden. Fossil kommt sie massenhaft in Litorina-

schichten bei Warnemünde vor (H. HEIDEN, 1902). In alten Brackwasserschichten der südlichen Nordseeküste vereinzelt. Charakterform des Eems.

Raphoneis amphiceros E. und **R. surirella** GRUN. kommen überwiegend in der brackisch-marinen Zone vor; sie sind aber wenig empfindlich gegen Salzwechsel und leben deshalb auch regelmäßig in den Flußmündungen. Die Zellen sind meistens festen Gegenständen angeheftet, und zwar nicht nur an einem Pol, sondern mit der ganzen Schalenfläche (wie *Cocconeis*). So findet man die Zellen am toten Detritus und am lebenden Plankton. Sogar noch in der mittleren Nordsee fand ich *Raphoneis surirella* an lebenden *Coscinodiscus*-Zellen. Die Verkittung ist so fest, daß die Schalen noch in fossilem Zustande an fremden Diatomeenschalen haften. Vermutlich kommt diese Anheftung dadurch zustande, daß beide Endporen Gallerte ausscheiden. Daneben findet man auch freie und mit einem Pol festsitzende Zellen.

In Ablagerungen sind die Schalen meistens als allochthon zu betrachten.

Grammatophora oceanica (E.) ist in Ablagerungen mehr verbreitet als die viel derbere *G. marina*, während letztere rezent an der Nordseeküste vielleicht häufiger ist. *G. oceanica* ist stark euryhalin, bevorzugt aber schwächeren Salzgehalt; darum ist sie die vorherrschende Form der Ostsee. Meistens handelt es sich um var. *macilenta* (W. SM.) GRUN.

Synedra cristallina (AG.) KG. habe ich bisher lebend an der deutschen Nordseeküste nicht gefunden, wohl aber wird sie von der englischen und norwegischen Küste gemeldet. In der westlichen Ostsee ist sie eine der gemeinsten Formen. Auch fossil ist sie dort stark verbreitet. An der Nordsee findet sie sich häufiger in den ältesten Brackwasserablagerungen (gemeinsam mit *Hyalodiscus scoticus* und *Terpsinoe americana*). Im marinen Interglazial häufig.

Synedra tabulata (AG.) KG. ist sehr euryhalin, Hauptverbreitung im schwächeren Salzwasser; ich betrachte sie als Charakterform des unteren Brackwassers. Da sie in Ablagerungen hauptsächlich autochthon vorkommt, ist sie (in entsprechender Gesellschaft) als Leitform verwendbar.

Synedra brockmanni HUST. ist vom Autor rezent in der Adria gefunden worden. Fossil ist sie eine wertvolle Leitform für Ablagerungen des Eems mit „lusitanischer“ Fauna.*)

Fragilaria inflata (HEID.) HUST. ist die wichtigste Massen- und Charakterform der ostpreußischen Haffe. Sie muß deshalb als halophil betrachtet werden. Im Nordseegebiet war sie bisher so gut wie unbekannt. Vor längeren Jahren beobachtete ich sie im Plankton des Bederkesaer Sees. In einer ähnlichen Gesellschaft fand ich sie fossil an der Westküste (Wattgrabung Gröde), hier merkwürdigerweise ohne var. *istvanffy*, die in den Haffen stets in großer Zahl mit der Art vorkommt. Neuerdings hat HUSTEDT (1939)

*) In BOCKMANN, 1932, ist bei Tafel 2, Fig. 12, versehentlich „*Synedra fulgens* var.“ stehengeblieben; es handelt sich um obige Art.

sie in Sedimenten der Ems unter Umständen gefunden, die auch auf den halophilen Charakter der Art zu deuten scheinen.

Cocconeis debesi HUST. Unter diesem Namen ist künftig eine fossil hauptsächlich in der Eemformation verbreitete Art zu führen, die sich bisher als *C. distans* in den Florenlisten findet (vgl. HUSTEDT, Kieselalgen II.).

Cocconeis quarnerensis GRUN. ist vorwiegend im Mittelmeer verbreitet. Rezent kommt sie anscheinend in der Nordsee nicht vor, in alluvialen Ablagerungen fehlt sie ebenfalls, in interglazialen marinen Schichten ist sie dagegen ziemlich häufig.

Scoliopleura tumida (BREB). RBH. gehört zu den typischen Arten der brackisch-marinen Zone, und zwar bevorzugt sie die reinen Schlickgebiete der Watten. In Ablagerungen ist sie schon wegen ihrer derben Schalen über-

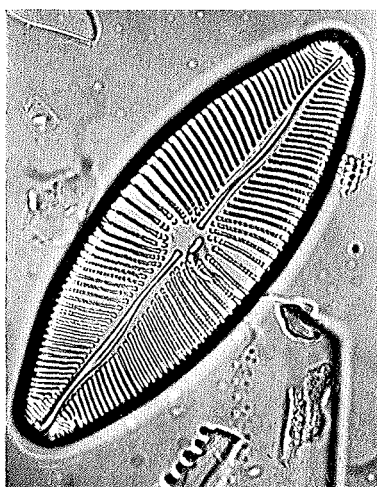


Abb. 9. Aus der gleichen Probe wie Abb. 8.

Navicula semen, Raphe wellig gebogen, Streifen in der Mitte locker, vor den Enden dicht und plötzlich konvergent. Vergr. 900 $\times$.

all allochthon erhalten, jedoch ist sie in Schichten, die ihrem Wohngebiete entsprechen, auch als Massenform autochthon abgelagert. Darum ist sie eine brauchbare Leitform für bestimmte Wattbildungen. var. *adriatica* hat die gleiche Verbreitung wie die Stammform.

Navicula cincta (E.) KG. ist stark eurytop, vor allem euryhalin; sie kommt in allen Salzstufen vom reinen Süßwasser bis zum reinen Meerwasser vor. Besonders häufig findet sie sich in flachen Pfützen und im oberen Saum des Gezeitengürtels, was vermutlich mit ihrem aerophilen Charakter zusammenhängt. Wo sie im Kleiboden in Massen vorkommt, kann man auf Verlandungs- und Sturmflutschichten schließen.

Navicula pusilla W. SM. ist eine ausgesprochene Küstenform, die zwar im Süßwasser vereinzelt vorkommt, aber erst im oberen Brackwasser häufig wird. Wichtig ist sie als Leitform, weil sie im Darg mit großer Regelmäßigkeit in Gesellschaft von *Diploneis interrupta* vorkommt.

Navicula elegans W. SM. kommt ebenfalls in Gesellschaft von *Diploneis interrupta* vor, außerdem fand ich sie in Ablagerungen schwachsalziger ruhiger Tümpel mit *Fragilaria construens* v. *subsalina* als Massenform.

Navicula semen E. ist eine nordische Form, die in postglazialen Lagern Skandinaviens und Nordamerikas sehr häufig ist. Lebend ist sie anscheinend bisher selten beobachtet. Sie ist eine wichtige Leitform für Ablagerungen kalten Klimas. An der Westküste bisher nur in wenigen diluvialen Bohrproben gefunden (Abb. 9).

Diploneis interrupta W. SM. ist die wichtigste Charakterform des Dargs der Nordseeküste. Allochthon kommen ihre Schalen in allen Gezeitenablagerungen vor; lebende Zellen habe ich bisher an der Nordseeküste nur im Brackwasser beobachtet, aber immer nur vereinzelt. So konnte ich *D. interrupta* am Weserufer bei Dedesdorf (oberes Brackwasser) im Phragmitetum auf Sandgrund, in der Oste unterhalb Oberndorf auf weichem Schlickwatt und in einem toten Geestearm bei der Schiffdorfer Schleuse feststellen. An der Ostsee fand ich sie bei Kitzberg (Kieler Förde) in einem Strandgraben zahlreich, und zwar in Gesellschaft von *Caloneis amphisbaena*, *Anomoeoneis sphaerophora*, *Navicula peregrina*, *N. pusilla*, *N. elegans*, *Epithemia turgida*, *Rhopalodia giba*, *Nitzschia tryblionella*, *N. hungarica*, *N. spectabilis* und verschiedenen Süßwasser-Pinnularien. Merkwürdig ist, daß *D. interrupta* in brackischen Ablagerungen an der Ostsee viel seltener ist als an der Nordsee. In den Litorinaschichten von Warnemünde und dem Conventer See (H. HEIDEN, 1900 und 1902) kommt sie nur vereinzelt vor, ebenso in den ostpreussischen Haffen. Ein typischer Darg mit der für diesen bezeichnenden Diatomeenflora fand sich dagegen im Rosental bei Greifswald (BROCKMANN, 1936): *Diploneis interrupta* als Massenform in Gesellschaft von *Diploneis ovalis*, *Navicula pusilla* und *N. peregrina*.

Diploneis subcincta (A. SCHM.) CLEVE habe ich bisher weder lebend noch fossil im Alluvium der deutschen Nordseeküste gefunden. Sie ist eine gute Leitform für manche Eemschichten, in denen sie sehr häufig vorkommt. Sie fehlt aber auch nicht ganz in Litorinabildungen der Ostsee.

Schriftenverzeichnis.

- BANTELMANN, A. (1939): Das nordfriesische Wattenmeer, eine Kulturlandschaft der Vergangenheit. — „WESTKÜSTE“ II, 1. Kiel 1939.
- BROCKMANN, CHR. (1906): Ueber das Verhalten der Planktondiatomeen usw. — Wissensch. Meeresunters. Abt. Helgoland N. F. Bd. 8, 1.
- BROCKMANN, CHR. (1911): Geologische Aufschlüsse im neuen Hafengelände zu Bremerhaven. — Aus der Heimat — für die Heimat H. N. F. 2. Geestemünde 1911.
- BROCKMANN, CHR. (1914): Brackwasserstudien. — Sept. Schr. Verein f. Nat. a. d. Unterweser. IV. Geestemünde. 1914.
- BROCKMANN, CHR. (1928): Die Diatomeen im marinen Quartär Hollands. — Abh. d. Sendenb. Naturf. Ges. Bd. 41. Frankfurt a. M. 1928.
- BROCKMANN, CHR. (1932): Die Diatomeen aus dem Interglazial von Oldenbüttel. (In: H.-L. HECK, Die Eem- und ihre begleitenden Junginterglazial-Ablagerungen bei Oldenbüttel in Holstein. — Abh. Pr. Geol. Landesanst. N. F. 140.) Berlin 1932.
- BROCKMANN, CHR. (1934): Die Diatomeenflora aus dem marinen Interglazial von Nindorf. — Abh. Nat. Ver. Brem. XXIX. 1937.
- BROCKMANN, CHR. (1935): Diatomeen und Schlick im Jade-Gebiet. Abh. Senkenb. Naturf. Ges. 430.
- BROCKMANN, CHR. (1936 a): Die Diatomeen im marinen Altinterglazial von Westholstein und Hamburg. (In: H.-O. GRAHLE, Die Ablagerungen der Holsteinsee usw. — Abh. Pr. Geol. Landesanst. N. F. 172.) Berlin 1936.
- BROCKMANN, CHR. (1936 b): Die Diatomeen aus den Litorinaschichten von Greifswald. (In: EMIL WERTH & JOSEF BAAS, Pollenanalytische Untersuchungen usw. — Abh. Senkenb. Jadebusen. Naturf. Ges. Abh. 434.) Frankfurt a. M. 1936.
- BROCKMANN, CHR. (1937): Küstennahe und küstenferne Sedimente in der Nordsee. — Abh. Nat. Brem. XXX. Bremen 1937.
- DITTMER, E. (1938): Schichtenaufbau und Entwicklungsgeschichte des dithmarscher Alluviums. — „WESTKÜSTE“ I, 2. Kiel 1938.
- EHRENBERG, CHR. G. (1866): Ueber einen Phytolitharien-Tuff als Gebirgsart in Mexiko. — Monatsber. Pr. Akad. d. Wissensch. März 1866. Berlin 1866.
- HEIDEN, H. (1900): Diatomeen des Conventer Sees bei Doberan von der Litorina- bis zur Jetztzeit. — Mitt. Mecklb. Geol. Landesanst. X. Rostock 1900.
- HEIDEN, H. (1902): Die Diatomeen aus den postglazialen Ablagerungen des Warnemünder Hafenbaus. — Ebenda. XIV. Rostock 1902.
- HEIDEN, H. und FRIEDRICH, P. (1912): Die Litorina- und Praelitorinabildungen unter dem Priwall bei Travemünde. — Mitt. Geol. Ges. Lübeck, 2. R. H. 25. Lübeck 1912.
- HUSTEDT, FR. (1927—1937): Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. RABENHORST, Kryptogamenflora 7.
- HUSTEDT, FR. (1939): Die Diatomeenflora in den Sedimenten der unteren Ems sowie auf den Watten in der Leybucht, des Memmert und bei der Insel Juist. — Abh. Nat. Ver. Brem. XXX. Bremen 1939.
- KOLBE, R. W. (1932): Grundlinien einer allgemeinen Oekologie der Diatomeen. — Ergebnisse der Biologie 8. Berlin 1932.
- KRIEGER, W.: Untersuchungen über das Hochmoor am Diemelsee. — Beiträge zur Naturdenkmalpflege Bd. XIII, 2.
- NEUMANN, H. (1933): Die Gliederung des Diluviums der Altmoränenlandschaft Schleswig-Holsteins und der südlich angrenzenden Gebiete. — Schr. Geol.-Paläont. Inst. Kiel. 1. Kiel 1933.
- REDEKE, H. C. (1933): Abriß der regionalen Limnologie der Niederlande. — Publ. Hydrobiol. Club, Amsterdam. 1933.
- SCHÜTTE, H. (1935): Das Alluvium des Jade-Weser-Gebiets. — Wirtschaftswissensch. Ges. Reihe B, 13. Oldenburg 1935.
- SCHULZ, P. (1926): Die Kieselalgen der Danziger Bucht. — Botan. Archiv. 13, 3—4. Königsberg 1926.
- WOHLENBERG, E. (1933): Das Andelpolster und die Entstehung einer charakteristischen Abrasionsform im Wattenmeer. Wiss. Meeresunters. N. F. Abt. Helgoland, XIX, 4.