

Westerküste

**ARCHIV
FÜR FORSCHUNG
TECHNIK UND VERWALTUNG
IN MARSCH UND WATTENMEER**

Küstenausschuß „Nord- und Ostsee“
Kiel-Wik
Hindenburgufer 247
F. 3 12 61-65

Westküste

ARCHIV
FÜR FORSCHUNG
TECHNIK UND VERWALTUNG
IN MARSCH UND WÄTTENMEER

HERAUSGEBER:
DER OBERPRÄSIDENT
DER PROVINZ SCHLESWIG-HOLSTEIN

JÄHRGANG 1938
HEFT 2

DRUCK UND KOMMISSIONSVERLAG:
WESTHOLSTEINISCHE VERLAGSANSTALT BOYENS & CO. HEIDE I. HOLST.

Inhaltsverzeichnis

ROHRS, Wilhelm, Regierungsbaurat, Neubauamt Deichbau Nösse in Keitum a./Sylt: Der Dammbau zur Sicherung des Seedeiches an der Friedrichskoogspitze in Süderdithmarschen	1
HABERSTROH, E. G., Regierungsbaurat, Oberpräsidium Kiel: Forschungsarbeiten im dithmarscher Wattenmeer	16
WOHLENBERG, Erich, Dr., Biologischer Sachbearbeiter, Forschungs-Abteilung des Marschenbauamtes Husum: Biologische Kulturmaßnahmen mit dem Queller (<i>Salicornia herbacea</i> L.) zur Landgewinnung im Wattenmeer	52
DITTMER, Ernst, Dr., Geologischer Sachbearbeiter, Forschungs-Abteilung des Marschenbauamtes Husum: Schichtenaufbau und Entwicklungsgeschichte des dithmarscher Alluviums	105

Westküste

Archiv für Forschung, Technik und Verwaltung in Marsch und Wattenmeer.

Die Zeitschrift WESTKÜSTE, Archiv für Forschung, Technik und Verwaltung in Marsch und Wattenmeer, erscheint dreimal im Jahre in zwanglosen Abständen mit insgesamt etwa 25 Druckbogen. Aufnahme können solche Originalarbeiten finden, die sich auf wissenschaftlicher Grundlage mit den Erscheinungen der deutschen Nordseeküste einschl. der Marschen und deren technischen, naturwissenschaftlichen, historischen und wirtschaftlichen Problemen befassen.

Bestellungen auf die Zeitschrift WESTKÜSTE durch den Buchhandel oder den Verlag. Der Jahresbezugspreis der WESTKÜSTE beträgt RM. 10.—, der Preis des Einzelheftes RM. 4.—.

Manuskripte sind zu richten an das Oberpräsidium in Kiel.

Der Dammbau zur Sicherung des Seedeiches an der Friedrichskoogspitze in Süderdithmarschen.

Von Wilhelm Röhrs.

1. Der Zweck des Unternehmens.

Zwischen Elbmündung und Dithmarscher Bucht springt die Linie des Nordseedeiches etwa 10 km weit spitz in das Wattenmeer vor und umschließt hier den vor einigen Jahren eingedeichten Adolf Hitler-Koog und den älteren Friedrichskoog. Noch 12 km weiter westlich, an der Grenze des Wattenmeeres gegen die offene See, liegt die kleine Insel Trischen, und zwischen dieser Insel und dem scharf umbiegenden Deichende, das als Friedrichskoogspitze bezeichnet wird, erstreckt sich ein schmaler, sandiger Wattrücken, die Marner Plate*).

Nach der Eindeichung des Friedrichskooges in den Jahren 1852 bis 1854 befand sich auf dieser Plate noch jahrzehntelang ein weites, grünes Vorland, das aber allmählich unter der Einwirkung von Stürmen und Fluten immer mehr abbrach und seit mehr als 10 Jahren von der See ganz verschlungen ist. Mit abnehmendem Vorland arbeitete sich eine tiefere, nordsüdlich verlaufende Wattrinne, der sogenannte Altfelder Priel, von Jahr zu Jahr dichter an den Deich heran, bis er gegen 1926 in bedrohliche Nähe der Friedrichskoogspitze gelangte. Dieser Priel berührt — von Nordwesten aus der Süderpiep und dem Flackstrom kommend — die Spitze auf etwa 300 m Länge, löst sich dann weiter nach Süden gehend vom Deich wieder ab und endet schließlich in einigen kleineren, flach auslaufenden Wattpriele einer Niederung. Da er keine unmittelbare Verbindung mit dem Einzugsgebiet der Elbe hat, zieht auch die Flut in gleicher Richtung in den Priel ein.

Mit Besorgnis wurde seit 1926 das bedrohliche Vorrücken des Altfelder Prieles gegen den Seedeich vor der Friedrichskoogspitze beobachtet. Nachdem damals kleinere Schutzbauten keinen Erfolg gebracht hatten und von den andringenden Naturkräften einfach überrannt waren, ergriff man in den Jahren 1930 und 1931 die ersten größeren Maßnahmen zur Verteidigung des Deiches. Der Deichfuß erhielt eine schwere Pflasterdecke aus Basaltsteinen, und hiervon ausgehend wurden vier Buhnen aus eisernen Spundwänden von 50 bis 80 m Länge mit einer kräftigen Kopfsicherung aus Schüttsteinen bis in das Ostufer des Prieles hinein gebaut.

Durch den Bau dieser Buhnen konnte das allmähliche Vorrücken des Prieles zwar für einige Zeit verzögert, aber nicht gänzlich verhindert werden. Von Zeit zu Zeit vorgenommene Peilungen ergaben, daß der Priel sich nun sehr schnell vertiefte. Während er vor Herstellung der Buhnen als flache

*) Die Lage des Dammes ist dem „Uebersichtsplan der Grundkarten der Wattaufnahme an der schleswig-holsteinischen Westküste“ (Anl. 1) und dem Lageplan hinter S. 46 zu entnehmen.

Mulde nur etwa 3 bis 4 m tief in das Watt eingeschnitten war, wuchs die Tiefe in den nächsten Jahren stellenweise bis auf 7 m unter MNW an. Hinzu kam eine so starke Abtragung des Wattes zwischen den eisernen Bühnen und dem Deichfuß, daß 1932 bereits eine Senkung der Basaltsteindecke an einzelnen Stellen des Deiches eintrat. Als dann noch der Priel in der Sturmflut vom 8. Februar 1934 infolge Wirbelbildung an zwei Bühnen um weitere 10 m vorrückte und hier nur noch 30 m vom Deichfuß entfernt lag, waren bereits mit der nächsten großen Sturmflut schwere Gefahren für Deich und Koog zu befürchten.

Dieser gefährliche Zustand erforderte mit größter Beschleunigung durchgreifende Maßnahmen, die einen umfassenden und dauernden Schutz der Friedrichskoogspitze mit dem dahinter liegenden 2200 Hektar großen Koog zum Ziele haben mußten. Wie die Erfahrung gezeigt hatte, würden weitere, rein verteidigende Maßnahmen, wie Deich- und Uferbefestigungen oder Bühnenbauten immer nur ein Notbehelf von kurzer Wirkungsdauer sein. Hier versprach allein der Angriff Erfolg, das heißt, nur die völlige Abriegelung des Altfelder Priels, sowie die Unterbindung der Nordsüd-Strömungen auf dem Watt und die Sicherung der angrenzenden Wattflächen auf weite Entfernung vor der Friedrichskoogspitze durch einen festen Damm konnte auf die Dauer einen wirksamen Schutz für den Deich bringen. Darüber hinaus durfte angenommen werden, daß ein derartiger Damm den Landanwuchs außendeichs fördern und somit einen Teil des früher verloren gegangenen Vorlandes wiederbringen würde.

Die Ausführung des Dammbaues wurde noch im Jahre 1934 beschlossen und sofort begonnen. Sie dauerte bis zum Herbst 1936. In den schweren Sturmfluten des Monats Oktober 1936 zeigte sich schon der volle Erfolg des Werkes. Auch später hat der Damm sich gut bewährt und bis heute beträchtliche Sinkstoffablagerungen, besonders auf seiner Südseite, bewirkt.

2. Lage und Bauart des Dammes.

Ausgehend vom Seedeich an seiner früher gefährdetsten Stelle, kreuzt der Damm rechtwinklig den Altfelder Priel sowie einige Nebenpriele und verläuft in westlicher Richtung als gerade Linie rund 1200 m weit, dann biegt er in schlankem Bogen etwas nach Norden ab und erreicht nach weiteren 1014 m an seinem Endpunkt den hohen Wattrücken der Marner Plate, der sich bis zur Insel Trischen hinzieht. Durch den Anschluß an diesen Wattrücken sollte vermieden werden, daß sich vor dem Kopf des Dammes erneut ein tiefer, durchlaufender Priel bildet und der Damm damit von See aus wieder aufgerollt wird. Gleichzeitig bietet die gewählte Linie die Möglichkeit, den Damm später ohne größere Schwierigkeiten bis zur Insel Trischen weiterzubauen, falls sich der Weiterbau zur Gewinnung von Neuland als zweckmäßig und wirtschaftlich erweisen sollte, was zur Zeit noch durch eingehende Beobachtungen und

Untersuchungen der Forschungsabteilung Büsum festgestellt wird (vgl. Aufsatz: Forschungsarbeiten im dithmarscher Wattenmeer).

Die Krone des 2214 m langen Dammes liegt westlich des Altfelder Prieles 3,00 m über Normalnull (NN), das sind 2,00 m unter höchstem Sturmflutstand oder 1,55 m über Mittelhochwasser. Ueber dem Priel steigt sie an und erreicht am Anschluß an den Seedeich dessen Kronenhöhe, etwa + 7,50 m NN oder 2,50 m über höchster Sturmflut. Bei sehr hohen Wasserständen wird also der Damm größtenteils überströmt. Das kann er dank seiner Bauart ohne Schaden ertragen, zumal der Wasserstandsunterschied beiderseits des Dammkörpers meist verhältnismäßig gering ist und das Watt durchweg auf $\pm 0,0$ bis $- 0,50$ m NN oder 3,00 bis 3,50 m unter der Dammkrone liegt, bei einem

Normaler Dammquerschnitt.

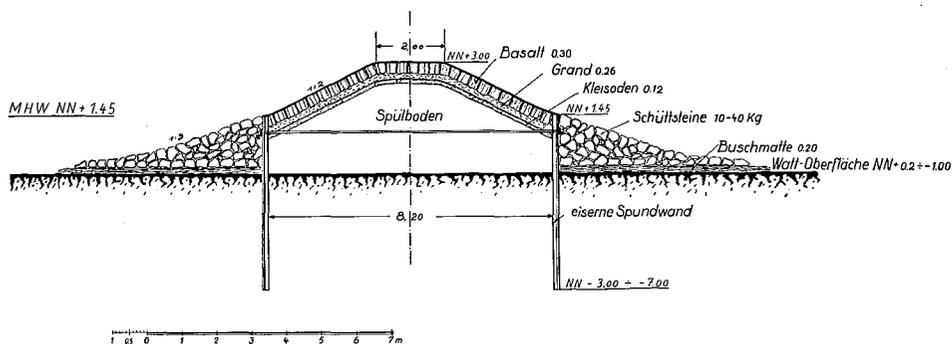


Abb. 1. Querschnitt des Dammes auf dem Watt westlich des Altfelder Prieles.

Ueberströmen also ein genügend hohes Wasserpolster vorhanden ist, um Wattabtragungen am leeseitigen Dammfuß zu verhüten. Bei mittlerem Hochwasserstand (+ 1,45 m NN) erreicht das Wasser die Dammhöhe nur etwa zur Hälfte. Mit halber Ebbe wird das Watt frei, so daß der Damm bei Mittelniedrigwasser ($- 1,75$ m NN), mit Ausnahme an einigen durchkreuzten tieferen Prielen, auf ganzer Länge heute trocken liegt.

Abbildung 1 zeigt den normalen Dammquerschnitt mit + 3,00 m NN Kronenhöhe. Die feste und dichte Grundlage bildet ein durchlaufender Kasten aus eisernen Spundwänden, die im Abstand von 8,20 m etwa zu $\frac{2}{3}$ ihrer Länge in den Wattboden gerammt sind und deren Oberkante auf Mittelhochwasser liegt. Zur größeren Sicherheit während der Bauausführung haben beide Spundwände streckenweise, in Form eiserner Querschotten im Abstand von durchweg 50 m, eine Verbindung durch Rundeisenanker und Querwände erhalten. Der Sandkern des Dammes, zwischen den Spundwänden im Spülverfahren durch Schwimmbagger eingebracht und dann im Trockenbetrieb

böschungsmäßig hochgearbeitet, ist zur Vermeidung von Bodenauswaschungen mit einer doppelten Lage Kleisoden abgedeckt. Darauf liegt eine 20 cm starke Schicht aus gesiebttem Pflasterkies von 30/80 mm Körnung als Bettung für das den seefesten Abschluß bildende schwere Pflaster aus 30 bis 35 cm langen Basaltsäulen. Dieses Basaltpflaster ist auf den Böschungen 1 : 2 geneigt und auf der 2 m breiten Dammkrone schwach gewölbt angelegt. Den weichen Uebergang der Pflasterböschungen zum Watt bilden zwei an die Spundwände gepackte, 1 : 3 abgeböschte Schüttsteinvorlagen aus geschlagenen Ostseefindlingen, die auf 25 bis 30 cm starken Faschinenmatten liegen. Von den Schüttsteinvorlagen ausgehend, verlaufen quer zur Dammachse in Abständen von 50 bis 500 m etwa 18 bis 20 stromabweisende Buhnen verschiedener Bauart, deren Aufgabe es ist, am Damm entlangziehende, schädliche Strömungen abzulenken, somit die Bildung von Längsrinnen zu verhindern und die Anlandung beiderseits des Bauwerkes zu fördern. Sie sind in Lage und Querschnitt jeweils den natürlichen Erfordernissen angepaßt. Einige dieser Buhnen bestehen aus flachen, steinbedeckten Faschinenmatten von 4 bis 8 m Breite, andere, die stärkere Strömungen brechen müssen, sind in ähnlicher Weise angelegt aber außerdem durch eine höher über das Watt hinausragende dichte Spundwand aus eisernen oder hölzernen Bohlen verstärkt. Ihre Länge schwankt je nach der Neigung und Oberflächengestalt des Watts zwischen 50 und 400 m (vgl. auch Abb. 20 u. 21 zum Aufsatz: Forschungsarbeiten im dithmarscher Wattenmeer).

An der Abdämmungsstelle des Altfelder Prieles und östlich davon bis zum Deichanschluß sind Dammquerschnitt und -sicherungen mit Rücksicht auf die größere Dammhöhe und die hier auftretenden stärkeren Angriffe der See kräftiger und mit weicheren Böschungsübergängen ausgeführt.

3. Die Bauausführung.

Da sich die Bauarbeiten bis 2500 m in das Watt hinein erstreckten und die Friedrichskoogspitze von Land nur auf einem sehr schwach befestigten Feldwege erreicht werden konnte — die nächste Bahnstation (Friedrichskoog III) liegt etwa 5 km binnendeichs —, war zunächst die Frage der Baustoffanfuhr zu klären. Außer Rammpfählen, Brückenhölzern und anderen Baustoffen kleinerer Mengen wurden für den Dammbau etwa gebraucht:

- 3 000 Tonnen eiserne Spundbohlen,
- 30 000 cbm Tannen- und Laubfaschinen,
- 60 000 Tonnen Schüttsteine,
- 10 000 Tonnen Grobkies als Pflasterbettung,
- 22 000 Tonnen Basaltpflastersteine.

Nach der Aufstellung des Bauplanes und dem Vergleich der Frachtkosten für die einzelnen Anfuhrmöglichkeiten wurden als wirtschaftlichste Bezugs-

wege die Reichsbahn als der unter allen Umständen zuverlässigste und der Seeweg als der billigste gewählt. Zu diesem Zwecke mußten im Anschluß an die Baustellenbahn eine Feldbahnverbindung zwischen dem Bahnhof Friedrichskoog III und der Friedrichskoogspitze gelegt und eine Löschrücke mit Kran und Gleisanlage am Altfelder Priel gebaut werden. Daneben wurden, soweit Sturmfluten dies nicht unmöglich machten, auch beträchtliche Mengen Faschinen und Schüttsteine mit flachgehenden Motorseglern bis an die einzelnen Baustellen herangebracht und dort zum unmittelbaren Verbau gelöscht. Nach Befestigung des Feldweges zur Friedrichskoogspitze konnten schließlich auch Faschinen und Hölzer mit Lastwagen herangefahren werden. Ein binnendeichs eingerichtetes, umfangreiches Lager in allen erforderlichen Baustoffen sicherte den Arbeitsfortgang nach Sturmflutschäden, Dammbrüchen und anderen Schwierigkeiten während der Bauzeit.

Die Reihenfolge der einzelnen Bauabschnitte zur Herstellung des Sicherungsdammes war durch die Höhenlage und Oberflächenform des Watts sowie durch die Gezeitenströmungen im Bereich der Baustelle gegeben. In der Linie des Dammes fiel das Watt vom Deichfuß aus zunächst in den tiefen, etwa 60 m breiten Altfelder Priel ab, stieg dann nach Kreuzung einiger Nebenpriele allmählich bis zu einer kleineren Wathöhe bei km 1,2 wieder an und ging nach weiteren 1000 m in den von Südosten kommenden hohen Wattrücken der Marner Plate über. Quer zur Dammlinie zog der Tidestrom; der Flutstrom lief von Norden nach Süden ein und der Ebbstrom in umgekehrter Richtung zurück. Besonders stark waren die Stromgeschwindigkeiten im Altfelder Priel, da südlich der Dammlinie eine größere tiefliegende Wattfläche zweimal täglich aufzufüllen und zu leeren war.

Es wäre ein kostspieliges und erfolgloses Wagnis gewesen, die Spundwände des Dammes vom Seedeich aus durch den Altfelder Priel zu rammen und so zu versuchen, das Bauwerk in einem Zuge herzustellen. Selbst wenn es gelungen wäre, auf diese Art bis in die größte Tiefe zu kommen, so hätte der Priel sich mit dem Vortrieb der Spundwände immer weiter nach Westen verlagert und damit eine Durchrammung unmöglich gemacht. Es kam vielmehr darauf an, den Priel als den gefährlichsten und mächtigsten Gegner zunächst gewissermaßen einzukreisen, das heißt an beiden Ufern sicher festzulegen, ihn dann, wenn er keine Ausweichmöglichkeit mehr hatte, schlagartig durch vollständige Verbauung zu vernichten und nun erst den Damm in seiner vollen Höhe profilmäßig auszubauen. Gleichzeitig mußte zu der neuen wassergefüllten großen Wattmulde, die südlich des Dammes infolge der Prielverbauung entstand und vorläufig keinen Abfluß mehr hatte, eine unschädliche Entlastungsrinne in sicherem Abstand vom Damm hergestellt werden.

Die Arbeit des Dammbaues begann also mit der Festlegung des Prielbettes auf großer Breite. Sohle und Uferböschungen wurden bis an den Fuß des Seedeiches heran und im Anschluß an die beiden nächstliegenden, bereits



Abb. 2. Brückenbau über den Altfelder Priel bei Mittelhochwasser.

1931 gebauten eisernen Buhnen mit Sinkstücken, oder auf den höheren Stellen mit Buschmatten, abgedeckt und schließlich mit einer schweren Steinschicht belastet. An der gefährdeten Deichseite konnte der Priel nun vorläufig nicht mehr ausweichen.

Im Frühjahr 1935 setzten dann die eigentlichen Bauarbeiten im Watt ein. Nachdem eine tief gegründete, hölzerne Brücke (Abb. 2) über den Priel geschlagen war, begannen mehrere Kolonnen Buscharbeiter auf der Westseite mit dem Vorstrecken der Faschinenmatten. Ihnen folgten zwei schnell arbeitende Rammen, die die beiden Längsspundwände und die Querschotten des Dammes ramnten (Abb. 3). Bauzüge und Schuten brachten Schüttsteine zur Belastung der Matten und zum Packen der unteren Dammböschungen, und schließlich wurden die Spundwandkästen abschnittsweise durch Schwimmbagger voll Sand gespült.

Wegen der tiefen Lage des Wattes, das auf der ganzen Baustrecke täglich zweimal unter Wasser kam, konnten diese Arbeiten mit Ausnahme des Spülbetriebes nur immer einige Stunden vor bis einige Stunden nach Niedrigwasser ausgeführt werden. Zu Sturmflutzeiten mußten sie manchmal tagelang unterbrochen werden. Wiederholt wurden dann soeben fertiggestellte oder angefangene Arbeiten wieder zerstört. Schuten wurden abgetrieben, Fördergleise verschlagen, Rammen umgeworfen und Spülleitungen gebrochen. Häufig sind auch mit Steinen, Spundbohlen oder Faschinen beladene Schuten gesunken, wo-

bei dann meistens die Faschinen- oder Steinladungen verloren gingen (Abb. 5 und 6).

Zweimal gerieten Buscharbeiter und Fahrzeugbesatzungen, die 1 bis 1½ km vor dem Deich beschäftigt waren, in Seenot. Im ersten Falle lief die Flut dermaßen schnell auf, daß etwa 10 Mann nicht mehr rechtzeitig zurückkehren und auch nicht mehr mit den Baustellenbooten geholt werden konnten. Im zweiten Falle — bei orkanartigem Sturm und Hochwasser, nachts — schlugen mehrere Räume eines Spülbaggers voll Wasser und das Fahrzeug drohte zu sinken. In beiden Fällen ist die Besatzung des Rettungsbootes „Hamburg“ aus Friedrichskoog-Hafen nach Anruf der Bauleitung mit größter Schnelligkeit fahrbereit gewesen, ausgelaufen und hat unter Leitung ihres Vormannes Hartmann trotz hohen Wellenganges und starken Sturmes alle Menschen retten können.

Je weiter die Dammspundwände nach Westen vorgetrieben wurden, desto stärker beeinflussten sie die Flut- und Ebbeströmungen. Der früher quer zur Dammrichtung über das freie Watt verlaufende Strom zog sich nun an den Spundwänden entlang bis zum Altfelder Priel oder zum jeweiligen Westende der Wände und bildete immer größere Rinnen und Kolke. Während die Längsrinnen fortlaufend durch Querbuhnen verbaut und später verfüllt werden konnten, bereiteten die Kolkbildungen vor Kopf der Spundwände dauernd wachsende Schwierigkeiten beim Rammen und beim Vorstrecken der Faschinematten. Namentlich in den entfernteren Wattsenken und Nebenprielen waren die Stromgeschwindigkeiten so erheblich, daß hier besondere Sicherungen angelegt werden mußten. Einen größeren Nebenpriel, ungefähr bei km 1, gelang es trotzdem nicht zu durchrammen. Hier wurde daher zunächst eine Entlastungsöffnung gelassen, um den Strom zu verteilen. Der dann einige Zeit später vorgenommene Versuch, diese Oeffnung in einer Tide zu durchrammen, mißlang ebenfalls. Die Spundwand zerriß unter dem Wasserdruck und verschwand in dem Loch (Abb. 4). Erst nach vollständiger Ausfüllung der nun 6 m tiefen Oeffnung mit Sand, der im Schutze eines schleunigst gebauten hohen Stein- und Kiesdammes durch zwei Bagger eingespült wurde, konnten die Spundwände auch hier geschlossen werden. Derartige, den Baufortgang hemmende Schwierigkeiten hörten erst auf, als der Wattrücken der Marner Plate gegen Ende September 1935 annähernd erreicht war und die Querströmungen auf ein erträgliches Maß zurückgingen.

Inzwischen hatte sich aber der Wasserzulauf zum Altfelder Priel so vermehrt, daß seine Abdämmung nicht weiter hinausgeschoben werden durfte. Täglich vorgenommene Peilungen ergaben zwar, daß der stetig zunehmende Flut- und Ebbestrom im Bereich des früher befestigten Prielbettes noch keinerlei schädliche Veränderungen hervorgerufen hatte. Dicht oberhalb und unterhalb dieser Stelle waren im Laufe der Monate große Kolke und Uferabbrüche entstanden, die sich allmählich dichter an den befestigten Prielabschnitt heranzogen und die hier eingebauten Sinkstücke und Ufersicherungen



Abb. 3. Längsspundwände des Dammes.



Abb. 4. Bruch der Spundwände an einem Nebenriel.

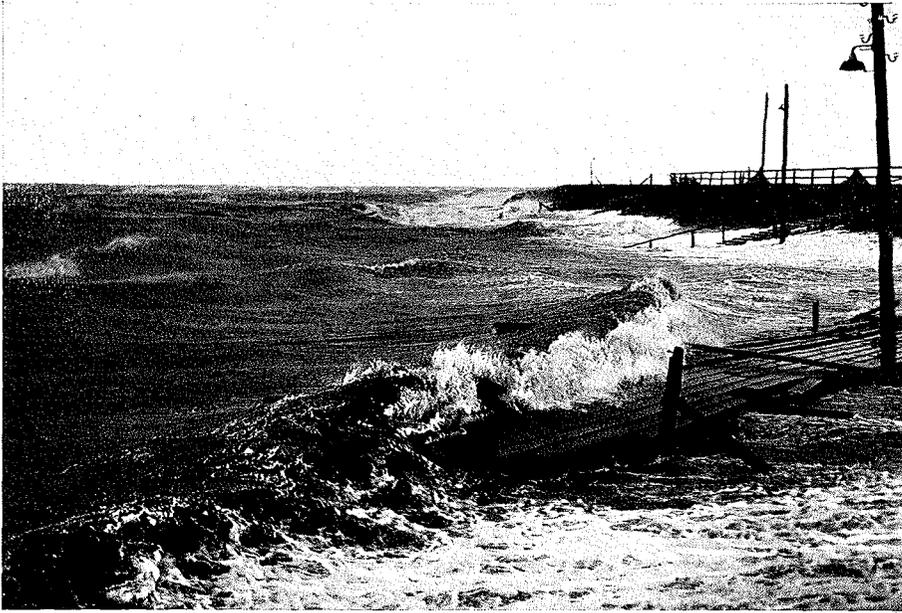


Abb. 5. Der Deich an der Friedrichskoogspitze bei Sturmflut.

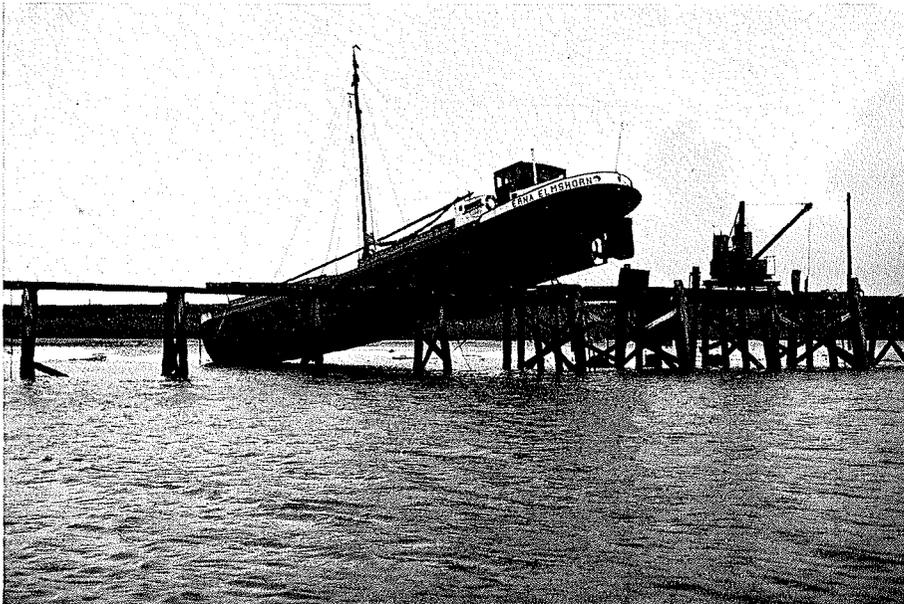


Abb. 6. Bei einer Sturmflut auf die Löschbrücke geworfener Motorsegler von 250 Tonnen Tragfähigkeit.



Abb. 9. Von Hand ausgehobener neuer Priel; an den Ufern freigespülte Muschelbänke.



Abb. 10. Der neue künstliche Priel einige Wochen später.

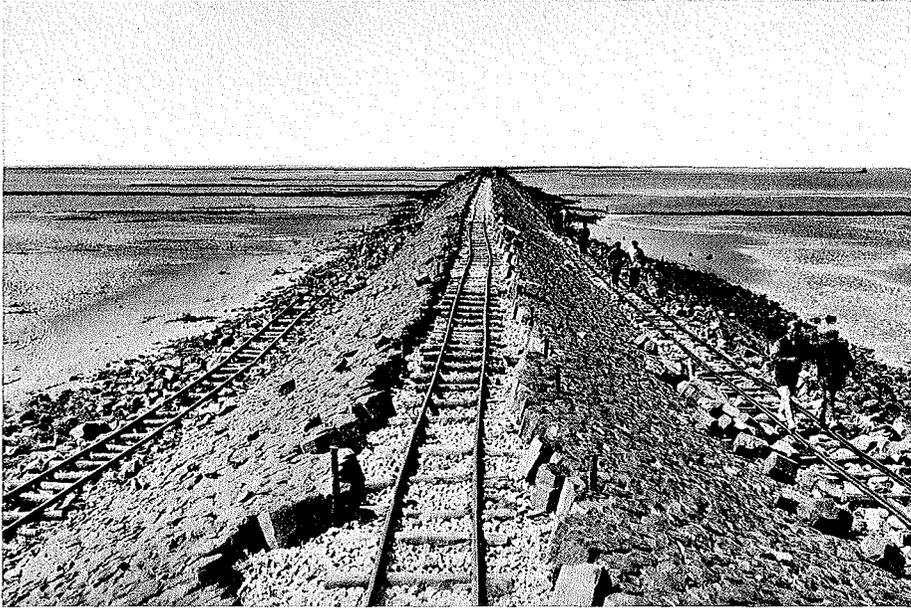


Abb. 11. Der Wattendamm kurz vor seiner Fertigstellung.



Abb. 12. Bau des Dammanschlusses an den Deich.

zwei Joche der Schüttbrücke setzten sich zentimeterweise, das Westufer brach immer weiter ab, und der Priel überrannte schließlich die erste starre Ufersicherung, eine vollständig in den Boden gerammte eiserne Spundwand, die Schritt für Schritt unterspült und umgelegt wurde. Erst an der zweiten Spundwand, nachdem 40 m des Ufers fortgerissen und Steine aller Art mit größter Beschleunigung stundenlang in die offene Lücke geschüttet worden waren, konnte der Strom unterbunden werden.

In den ersten Tagen des Oktober 1935 wurde der Steinwall dann auf seiner ganzen Länge, bis an den Seedeich der Friedrichskoogspitze heran, über Mittelhochwasser erhöht (Abb. 8) und durch weiteres Verziehen der Steine so verbreitert, daß er auch Sturm und Seegang, ohne Schaden zu nehmen, standhielt.

Für diese Ende September bis Anfang Oktober ausgeführten Verbauungsarbeiten waren rechnerisch 6000 Tonnen Schüttsteine vorgesehen, verbaut wurden dagegen etwa 16 000 Tonnen.

Südlich des Steinwalles, der so gelegt worden ist, daß er ohne weiteres als ebbeseitiges Stützwerk des Sicherungsdammes benutzt werden konnte, galt es nun, den abgeschnittenen Priel zu verfüllen. Zu diesem Zweck pumpte ein leistungsfähiger Spülbagger das Prielbett auf etwa 200 m Länge voll Sandboden. Ein Teil des Bodens trieb durch den anfangs noch undichten Wall wieder nach Norden zurück, füllte hier die Kolke aus und verflachte auch diesen offenen Teil des Prieles, der heute auf natürlichem Wege immer mehr versandet. Nach dem Sandspülen konnte mit den eigentlichen Arbeiten zur Herstellung des Dammes auch auf der Prielstrecke begonnen werden: die beiden Längsspundwände und das letzte Querschott wurden gerammt, die unteren Anschlüsse an den Deich hergestellt und der so entstandene, lange Spundwandkasten gleichfalls mit Sandboden gefüllt.

Mit der Abschließung und Dichtung des Altfelder Prieles hatte der obere Lauf seine Abflußmöglichkeit verloren. Südlich des Dammes entstand daher ein großes, etwa 1000 m breites Wasserbecken, das sich an den Dammspundwänden entlang einen neuen Abflußweg suchen mußte und die mit Sand gefüllten Spundwände an ihrer schwächsten Stelle nach einiger Zeit durchbrochen hätte, wenn nicht rechtzeitig eine künstliche, unschädliche Entlastungsrinne geschaffen worden wäre. Die als kleiner Wattgraben von Hand ausgeworfene Rinne verläuft etwa 500 m südlich des Dammes parallel zu diesem und mündet in das Pottschißloch, einen Nebenpriel des Neufahrwassers, welches zum Einzugsgebiet der Elbe gehört (Abb. 9). Sie erweiterte sich Anfang Oktober unter dem Druck der ein- und ausfließenden Wassermassen in wenigen Wochen zu einem breiten und tiefen, mit „Südpriel“ bezeichneten Strom und nimmt seit der Zeit das gesamte Wasser auf, das früher in den Altfelder Priel oder seine Nebenarme lief (Abb. 10). Eine Verlagerung des künstlichen Prieles an den Damm heran wird durch zwei längere Spundwandbuhnen verhindert (vgl. Lageplan hinter S. 46).

Da der Damm im Herbst 1935 nur bis Mittelhochwasser hergestellt werden konnte, wurden die Spundwandkästen, deren Sandinhalt inzwischen durch höhere Fluten zum Teil wieder herausgespült worden war, nochmals mittels Bagger aufgefüllt und dann sofort mit einer 30 cm starken Schicht aus Heidekraut oder Stroh und Faschinen unter Steinbelastung abgedeckt, um während der Wintermonate vor unangenehmen Ueberraschungen sicher zu sein. Nach Beseitigen dieser vorläufigen Decke im nächsten Frühjahr erfolgte dann der abschließende Ausbau des Dammquerschnittes: der obere Teil des Sandkernes wurde hergestellt, mit einer doppelten Lage Kleisoden belegt und durch das eingangs beschriebene Basaltpflaster auf Kiesbettung befestigt. Abbildung 11 zeigt den fast fertigen Damm. Weiter wurden die Anschlüsse an den Seedeich (Abb. 12) in voller Höhe gebaut und die letzten Sicherungsarbeiten, wie Bühnenbauten zum Schutze des Dammkopfes und Deichverstärkungsarbeiten, ausgeführt. Der schwierige Dammbau war schon im Herbst 1936 fertiggestellt und damit eine Sicherung des Seedeiches an der Friedrichskoogspitze erreicht.

Forschungsarbeiten im dithmarscher Wattenmeer.

Von Ernst Günther Haberstroh.

Inhalt.

I. Einführung	16
II. Arbeitsgebiet und allgemeine Aufgaben	17
III. Einrichtung der Forschungsabteilung Büsum	18
IV. Durchführung der Forschungsarbeiten	21
1. Arbeitsaufgaben	21
2. Bestandsaufnahmen im Wattenmeer	23
a) Lage- und Höhenvermessungen	24
b) Hand- und Echolotpeilungen	28
c) Luftbildaufnahmen	29
3. Gezeitenuntersuchungen	30
a) Wasserstandsbeobachtungen	31
b) Strommessungen, Sandwanderungs- u. Sinkstoffmessungen	34
4. Geologische Untersuchungen	40
5. Biologische Untersuchungen	41
6. Stand der Forschungsarbeiten	42
V. Teilergebnisse der Sonderuntersuchungen	43
VI. Zusammenfassung	50

I. Einführung.

Der Aufbau und die Aufgaben der Forschungsarbeiten an der schleswig-holsteinischen Westküste als Grundlage für die Planung und Durchführung der großen Landeskulturarbeiten in der Marsch und im Wattenmeer sind im ersten Heft dieser Zeitschrift dargelegt. Die Untersuchungen sind hiernach grundsätzlich für die gesamte Westküste nach einem umfassenden Plan ausgerichtet, auf die gleichen praktischen Arbeitsziele abgestellt und werden von einer Zentralstelle beim Oberpräsidium in Kiel einheitlich geleitet.

Seit der Einrichtung von zwei Forschungsabteilungen in Husum und Büsum für die Durchführung von allgemeinen Untersuchungen sind diesen Dienststellen Sonderaufgaben zugefallen. Diese haben sich zum Teil durch den verschiedenen Aufbau des Wattenmeeres in Nordfriesland und in Dithmarschen ergeben, sind aber vor allem durch die besonderen Baumaßnahmen begründet, für die vordringlich grundlegende Untersuchungen durchzuführen waren.

In den Beiträgen des vorliegenden zweiten Heftes der „Westküste“ soll ein Ueberblick über die Aufgaben und die Durchführung der Forschungsarbeiten im dithmarscher Wattenmeer gegeben und über Teilergebnisse der Untersuchungen berichtet werden.

II. Arbeitsgebiet und allgemeine Aufgaben.

Das Arbeitsgebiet der Forschungsabteilung Büsum umfaßt den Küstenabschnitt zwischen Eiderstedt und Elbe mit der Eidermündung, den dithmarscher Watten, der Meldorfer Bucht und dem nördlichen Teil der Außenelbe.

Durch die ständigen Stromverlagerungen der Eider im Norden, der Norder- und Süderpiep, sowie der Elbe im Süden ist dieses Wattengebiet vor der Küste mit seinen zahlreichen Sänden seit Jahrhunderten besonders stark verändert worden und bis heute nicht zur Ruhe gekommen. Deutlicher als in irgendeinem Gebiet sind hier noch jetzt die Auswirkungen der Kräfte zu beobachten, deren Erforschung grundlegend in Angriff genommen worden ist.

Die aufbauenden und zerstörenden Gezeiten, die regelmäßig wiederkehrenden, aber immer wieder verändert auftretenden Ebbe- und Flutströmungen, die Sturmfluten und die unmittelbaren Einflüsse von Wind und Eis beherrschen zusammen das Wattenmeer und verändern ständig die Oberflächenformen und die Lage der großen Wattströme und Priele. In den Mündungsgebieten der Eider und der Elbe sind die Veränderungen besonders groß, weil die meist aus locker gelagertem, feinstem Sand aufgebauten Watten und Strombänke den angreifenden Stromkräften nur geringen Widerstand entgegensetzen können. Auch sind in diesem Küstenabschnitt schützende Inseln und Halligen, wie in Nordfriesland, nicht vorhanden.

Auf- und Abtrag der durch Wasser oder Wind bewegten Sandkörnchen bewirken auch im Wattenmeer die bekannte „Wanderung der Sände“, also die Verlagerung der „Platen“, der „Sandbänke“ und der „Gründe“, sowie entsprechend der „Gatts“, der „Tiefs“, der „Löcher“ und der „Legden“. Der Untersuchung dieser, heute jedem Seebau-Ingenieur zum Begriff gewordenen „Sandwanderung“ kommt für die Landgewinnung im dithmarscher Bezirk eine besondere Bedeutung zu. Etwa vier Fünftel der Ablagerungen, die eine Aufhöhung der Wattfläche in der Landgewinnungszone bis zur Höhe des MThw bewirken, bestehen hier aus Sand. Nur ein Fünftel des durch weitere Ablagerung sich bildenden Landes, das wir bei einer Aufhöhung von 30 bis 50 cm über MThw als deichreif bezeichnen, wird von feineren Sinkstoffen gebildet, die sich vorwiegend in den höheren Lagen absetzen und den fruchtbaren Schlick aufbauen.

Um die Maßnahmen zur Förderung, in bestimmten Fällen aber auch zur Verhinderung der Sinkstoffablagerungen in richtiger Weise und an den geeigneten Küstenstrecken ansetzen zu können, ist es notwendig, die natürlichen Umlagerungsvorgänge im Watt zu erkennen, festzustellen und zu deuten. Grundlegende Untersuchungen über die Sandwanderung sind außerdem gerade im dithmarscher Wattenmeer auch für den Küstenschutz sowie für die Offenhaltung und Betonung der Seewasserstraßen in der Elbe, der Eider und der Piep von großem Nutzen.

Jede bauliche Maßnahme im Küstengebiet kann nicht auf Grund eines gerade betroffenen Zustandes der Watt- und Küstenformen entworfen

werden, weil dieser Zustand sich fortwährend ändert. Sie muß den Veränderungen der Oberflächenformen und den wirksamen Stromverhältnissen, in die sie mit bestimmter Zweckbestimmung eingefügt werden soll, weitgehend Rechnung tragen. Es genügt als Entwurfsgrundlage im Gegensatz zum Bauen auf dem festen Lande nicht, den augenblicklichen Zustand einmal zu erfassen, sondern es muß versucht werden, die bisherige und die künftig zu erwartende Entwicklung, aus welcher der gegenwärtige Zustand nur einen schmalen Ausschnitt darstellt, so klar wie möglich festzustellen. Das ist aber nur möglich, wenn es gelingt, die Kenntnis über die allgemeinen Bedingungen der Gezeitenbewegungen und der Windwirkungen, der Sandverfrachtung und der Sinkstoffbewegung im Küstengebiet durch umfassende Untersuchungen zu erweitern.

Die heute geplanten großen Dammbauten und Bedeichungen greifen im Gegensatz zu ähnlichen bisherigen Maßnahmen über den engeren Küstenbereich weit in das freie Wattenmeer hinaus. Zur Beurteilung ihrer Auswirkungen sind daher allgemeine und grundlegende Untersuchungen durchzuführen, wie sie von manchen Seebau-Ingenieuren, unter anderen von KREY und GAYE, wiederholt gefordert worden sind. An vielen Stellen sind da, wo man sich nicht allein auf vorhandene Erfahrungen stützen konnte, schon früher mühevollen und wertvollen örtlichen Untersuchungen durchgeführt worden. Sie beschränkten sich aber meist auf die Lösung von Einzelfragen in einem begrenzten Raum und lieferten Ergebnisse, die für die Gesamtforschung fast immer unausgenutzt bleiben mußten.

Solche Einzeluntersuchungen für besondere Seebaumaßnahmen werden auch in Zukunft notwendig sein. Sie können aber für die wichtigere Beantwortung der allgemeinen grundlegenden Fragen der Gezeiten- und Küstenströme, der Wasserstandsbewegungen und des Windstaues, der Sandwanderung und der Sinkstoffführung nutzbar gemacht werden, wenn sie mindestens in der gesamten Deutschen Bucht nach einheitlichen Meßverfahren durchgeführt und nach gleichen Grundsätzen künftig ausgewertet werden.

Dieser Grundsatz ist bei den Forschungsarbeiten an der Westküste in Nordfriesland genau so wie in Dithmarschen verfolgt und beachtet worden. Jede Untersuchung für örtliche Baupläne oder für Sonderfragen wird so durchgeführt, daß ihre Ergebnisse einen Beitrag zur allgemeinen Erforschung der grundsätzlichen Fragen an der Nordseeküste liefern und somit als Bausteine in das größere Werk der Meeresforschung eingefügt werden können.

III. Einrichtung der Forschungsabteilung Büsum.

Zur Durchführung der Untersuchungen im dithmarscher Wattenmeer wurde im Winter 1934/35 die Staatliche Forschungsstelle Westküste Büsum von der Preußischen Kulturbauverwaltung eingerichtet und 1936 nach der Neugliederung der Ortsbehörden dem Marschenbauamt Heide als Forschungs-

abteilung angegliedert. Für die Durchführung der allgemeinen hydrologischen, geologischen und biologischen Untersuchungen sowie die allgemeinen Aufgaben und die vordringlichen Arbeitsziele war ein Arbeitsplan für 10 Jahre aufgestellt. Bei der Inangriffnahme der technischen und wissenschaftlichen Forschungsarbeiten stand die neue Dienststelle vor folgenden Aufgaben:

Personell:

1. Einarbeitung des technischen Personals in die Arbeitsgebiete der Wattvermessung, der Strommessung und der Gezeitenuntersuchungen.
2. Ausrichtung der wissenschaftlichen Mitarbeiter auf die zweckgebundene Forschung.
3. Umstellung von Schiffspersonal und Hilfsarbeitern auf die Vermessungsarbeiten im Wattenmeer.

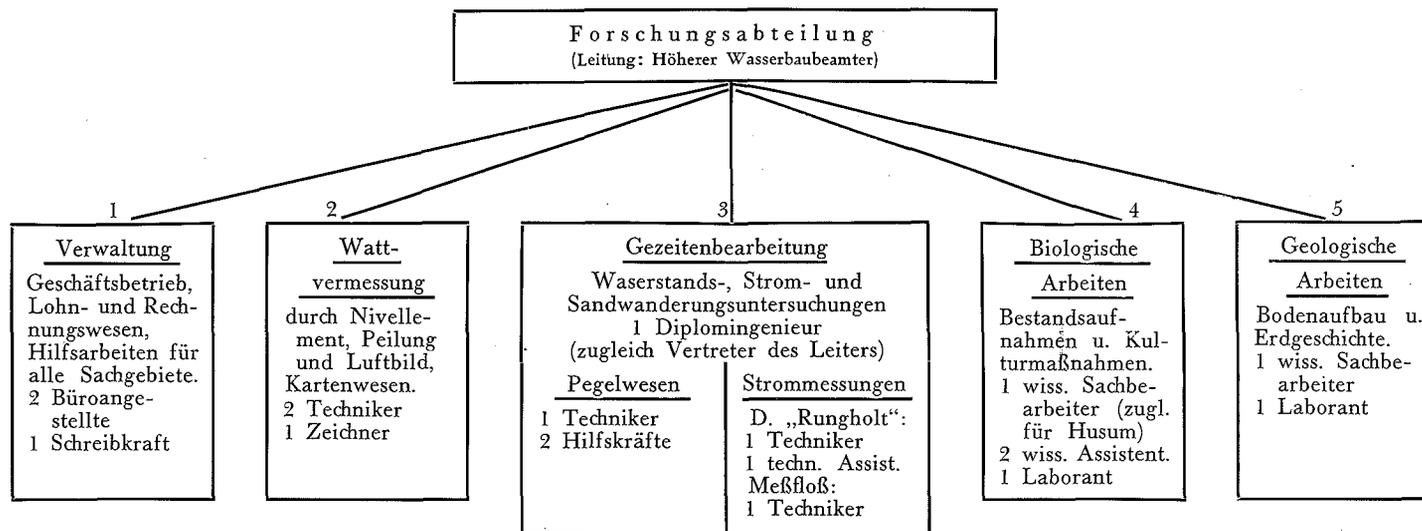
Sachlich:

1. Ausarbeitung von Untersuchungs- und Meßverfahren auf allen Arbeitsgebieten.
2. Beschaffung und Erprobung geeigneter Meßgeräte.
3. Einrichtung und Ausstattung eines wissenschaftlichen Laboratoriums.
4. Beschaffung und Ausrüstung geeigneter Verkehrs- und Meßfahrzeuge.

Die wichtigste und zugleich schwierigste Aufgabe bestand schon im Jahre 1935 darin, Arbeitskräfte zu finden, die geeignet und bereit waren, mit Verständnis und Ausdauer an den mit manchen Entbehrungen verbundenen Forschungsarbeiten mitzuwirken. Ohne diese Hilfskräfte wäre eine erfolgreiche Durchführung der Untersuchungen nicht möglich gewesen. Jeder Mitarbeiter, sei er Techniker, Wissenschaftler, Schiffsführer oder Arbeiter, mußte sich hier auf eine gänzlich neue Arbeitsaufgabe umstellen, da ähnliche Arbeiten an keiner Stelle bisher durchgeführt waren. Darüber hinaus mußte von jedem Angestellten eine möglichst vielseitige Einarbeitung gefordert werden, um wegen der Einförmigkeit mancher Meßarbeiten und Auswertungen besonders bei den technischen Untersuchungen einen Austausch der einzelnen Sachbearbeiter vornehmen zu können. Hierdurch ist gleichzeitig für eine enge Zusammenarbeit und für eine ständige Ueberprüfung und Vervollkommnung der Arbeitsverfahren beste Gewähr gegeben. Andererseits ist aber jedem Techniker ein Arbeitsgebiet draußen im Watt hauptamtlich übertragen, das er mit eigener Verantwortung bearbeitet. In diesem bestimmten, von ihm vermessenen Wattgebiet kann er durch regelmäßige Beobachtung wirksame Veränderungen feststellen und am besten beurteilen.

Der Aufbau und die Aufteilung der zu bewältigenden Arbeitsgebiete geht aus der nachfolgenden Darstellung des Aufbaus der Forschungsabteilung Büsum hervor. Die Dienststelle umfaßte hiernach im Jahre 1937 15 Angestellte (1 Diplom-Ingenieur, 4 Wissenschaftler, 5 Techniker, 2 Laboranten und 4 technische Hilfskräfte und Büroangestellte) und 20—30 Mann Schiffspersonal und Meßgehilfen.

Aufbau der Forschungsabteilung Büsum.



Fahrzeuge, Geräte und Ausrüstung der Forschungsabteilung Büsum.

- Zu 2—3: 1 Peilboot (Länge: 13,00 m, Tiefgang: 1,30 m) mit Atlas-Echolot und Echograph, zugleich für sonstige Vermessungsarbeiten im Wattenmeer.
- Zu 2—5: 1 Vermessungsschiff, mit Motor ausgerüsteter, umgebauter Ewer (Länge: 16,00 m, Tiefgang: 1,00 m), für Unterbringung von 12 Mann eingerichtet.
- Zu 3: 1 Meßdampfer „Rungholt“ (Länge: 27,00 m, Tiefgang: 1,80 m), mit elektrischem Strommesser, für beide Forschungsabteilungen.
- Zu 3: 1 Meßfloß (Grundfläche 4 × 16 m) für Strommessungen auf den hohen Wattflächen.
- Zu 2—3: 1 Beiboot, für Handpeilungen und Zubringerdienste, mit Kleinmotor ausgerüstet.
- Zu 2—3: Nivellierinstrumente, Theodolite, Sextanten, Ottflügel, Wassers schöpfer, Sandfalle usw.
- Zu 4—5: Wissenschaftliches Laboratorium mit vollständiger Ausrüstung, seit 1. April 1938 zu einem Zentrallaboratorium für die Westküste in Husum mit dem dortigen vereinigt.

IV. Durchführung der Untersuchungen.

1. *Arbeitsaufgaben.*

Im dithmarscher Wattenmeer war der Forschungsabteilung Büsum bei dem Beginn ihrer Arbeiten die vordringliche Aufgabe gestellt, Untersuchungen für die Planung eines Dammbaues vom Festland nach Trischen durchzuführen. Als Ausgangspunkt dieses Dammes war die Spitze des Friedrichskooges nördlich der Elbe vorgesehen, dessen notwendige Verteidigung im Jahre 1934 den Anlaß zur Planung einer derartigen Dammverbindung und damit gleichzeitig zur Durchführung umfassender Untersuchungen gegeben hat (vgl. den vorstehenden Aufsatz von RÖHRS „Der Dammbau zur Sicherung des Seedeiches an der Friedrichskoogspitze in Süderdithmarschen“).

Der Bauingenieur stand hier vor der Aufgabe, den Seedeich gegen einen sich zunehmend vertiefenden Priel in unmittelbarer Nähe des Deichfußes zu verteidigen. Nach den bisherigen Erfahrungen konnte hier nur eine Abdämmung des Prieles einen erfolgreichen Küstenschutz bedeuten. Jeder frei in die See hinausgeführte Damm stellt aber einen Eingriff in die Stromverhältnisse des Wattenmeeres dar. Er kann zu beiden Seiten Anlandungen bewirken, wird vor Kopf aber stets gefährdet sein. Denn ähnlich wie der seit 1854 rund 12 km vor die damalige Festlandsküste hinausragende schmale Friedrichskoog nördlich der Elbe als eine Riesebühne angesehen werden kann, wie das Luftbild in Abbildung 19 veranschaulicht, muß auch jeder Damm vor der Spitze dieses Kooges Bühnenwirkung erzeugen.

So verband sich bei der Planung des Dammbaues vor der Friedrichskoogspitze die Aufgabe des Küstenschutzes mit dem Gedanken der Landgewinnung, die in jedem Falle die erfolgreichste und zugleich wirtschaftlichste Sicherung der Küste bedeutet. Eine Fülle von Fragen, deren Klarstellung eine auch nur annähernd sichere Beurteilung der Auswirkung eines derartigen Bauwerks an der See ermöglicht hätte, mußte hier offen bleiben. Weder die Oberflächenformen noch die Stromverhältnisse in dem weiteren Baubereich waren bekannt. Ergebnisse der notwendigen Untersuchungen konnten aber wegen der drohenden Gefahr für die Küste nicht abgewartet werden. Man entschloß sich daher, einen 2,4 km langen Damm in Verlängerung der Durchdämmung frei ins Wattenmeer auf dem bis Trischen vorhandenen Wattrücken zu errichten, mit dem Plan, nach Abschluß eingehender Untersuchungen den Damm gegebenenfalls bis Trischen später weiterzuführen.

Der Dammbau, der in diesem Heft ausführlich beschrieben ist, kann in seiner doppelten Zweckbestimmung für Küstenschutz und Landgewinnung als ein technischer Großversuch angesehen werden, da ein ähnlicher frei ins Wattenmeer hinausgeführter Damm bisher an der Küste nicht vorhanden ist. Die Notwendigkeit eingehender und grundlegender Forschungsarbeiten im Wattenmeer ergab sich so zwingend, daß der Dammbau als beispielhafter An-

satzpunkt für die Untersuchungen bezeichnet werden kann. Sie wurden hier 1935 gleichzeitig mit dem Bau in Angriff genommen und gleichlaufend mit der Bauausführung durchgeführt. Die Auswertung des Dammbaues als „Großversuch“ hatte eine eingehende Erfassung der Oberflächenformen und der Stromverhältnisse in dem betroffenen Wattgebiet zur Voraussetzung. Erst durch die Wiederholung dieser Aufnahmen konnten die eingetretenen und künftig zu erwartenden Auswirkungen der Baumaßnahmen richtig beurteilt werden. Durch ständige Beobachtungen der Veränderungen war ferner festzustellen, ob eine Verteidigung des Dammkopfes auf die Dauer in seiner jetzigen Lage möglich ist, die vor dem Abschluß der Untersuchungen hatte festgelegt werden müssen.

Als eine Hauptaufgabe war ferner eingehend die Weiterführung des ausgeführten Dammes vor der Friedrichskoogspitze bis Trischen zu untersuchen. Diese Dammverbindung kann einmal als Küstenschutzmaßnahme notwendig werden, wenn festgestellt würde, daß als günstigste Lage des Dammkopfes die Insel Trischen anzusehen ist. Die Weiterführung des Dammes wird aber auch dann vorzuschlagen sein, wenn auf Grund der Untersuchungsergebnisse eine entscheidende Bedeutung für die Landgewinnung durch eine günstige Beeinflussung der Sinkstoffführung von dem Damm erwartet werden muß. In noch höherem Maße als die ausgeführte 2,4 km lange Buhne würde eine derartige 12 km lange Dammverbindung bis Trischen einen erheblichen und weittragenden Eingriff in die vorhandenen Verhältnisse des Wattenmeeres darstellen. Hierbei muß beachtet werden, daß der Raum, in dem derartige Maßnahmen geplant und durchgeführt werden sollen, nach der bisherigen natürlichen Entwicklung bereits in ständiger Umlagerung begriffen ist. Nicht nur die Wattformen, sondern auch die Kräfte, die sie gestalten, sind in diesem Raume selbst in steter Wechselwirkung wieder Änderungen unterworfen. Die Kenntnis der Kräfte ist daher die erste Voraussetzung für die Planung so einschneidender Baumaßnahmen. Es mußte in dem Zusammenhang der Bauuntersuchungen eingehend auch die Frage untersucht werden, in welchem Umfang die Insel Trischen oder besser der Buschsand als ein genügend sicherer Stützpunkt für den Kopf eines derartigen Dammes angesehen werden kann.

Um diese Fragen klären zu können, mußten in dem größeren Raum westlich des Friedrichskooges zunächst die gegenwärtigen Oberflächenformen und die Gezeitenkräfte festgestellt werden. Erst auf einer umfassenden Bestandsaufnahme konnte die Untersuchung über die natürliche künftige Entwicklung und über die Auswirkungen großer Baumaßnahmen aufgebaut werden. Diese Bestandsaufnahme ist zunächst in dem Raume der Marnier Plate mit den Wattströmen Neufahrwasser im Süden und Flackstrom im Norden durchgeführt worden (vgl. Lageplan nach S. 46). Es ergab sich dabei bald die Notwendigkeit, die Untersuchungen im Süden bis zur Elbe und im Norden bis zur Piep auszudehnen, da die Gezeitenkräfte aus dem zu betrachtenden Gebiet allein nicht gedeutet werden konnten. Die Beziehungen

der Gezeitenströme auf der Marner Plate, deren Kenntnis für die praktische Arbeit vor allem wichtig war, konnten nur durch eine Untersuchung der Gezeitenverhältnisse in dem größeren Raume geklärt werden.

War so im dithmarscher Wattenmeer die Aufgabenstellung eine besondere, zu der ähnliche Aufgaben an der Eider, am Wesselburener Watt und vor dem Büsumer Hafen hinzukamen, so wurde bei der Durchführung der Untersuchungen die allgemeine Arbeitsrichtung verfolgt, die für die Forschung in Marsch und Watt in der Tabelle 2 zum Aufsatz LORENZEN „Planung und Forschung“ im Heft 1 übersichtlich dargestellt ist. Die einheitlich ausgerichteten Untersuchungen müssen hiernach von einer Feststellung des Bestandes der Watten durch Vermessung, Peilung und Luftbildaufnahmen ausgehen. Die Gezeitenbewegungen sind als Grundlage für die Erfassung des Kräftehaushaltes im Wattenmeere durch Wasserstandsbeobachtungen, Strommessungen und Sinkstoffmessungen zu ermitteln. Erst auf diesen Bestandsaufnahmen, die durch erdgeschichtliche und biologische Untersuchungen zu ergänzen sind, kann sich eine Auswertung und Deutung der Vorgänge im Wattenmeer als Grundlage für die Planung und Durchführung unserer Landeskulturmaßnahmen an der Küste aufbauen.

2. Bestandsaufnahmen im Wattenmeer.

Im Arbeitsgebiet der Forschungsabteilung Büsum lagen bei Beginn der Untersuchungen von dem damaligen und dem früheren Zustand des Wattenmeeres nach Aufbau und Oberflächengestalt keine brauchbaren Unterlagen vor. Die seit 1865 von der Kriegsmarine herausgegebenen Seekarten sind für die Wattforschung nicht ausreichend. Sie beschränken sich nämlich, ihrem Zweck entsprechend, auf die Festlegung der gepeilten Wassertiefen der offenen Seegebiete und der großen Schiffahrtsrinnen, während Sandbänke und Watten entweder gar nicht oder nur in ihren Randgebieten erfaßt werden, soweit sie an schiffbare Ströme angrenzen. Die amtlichen Landesaufnahmen reichen über die Festlandküste nicht hinaus. Selbst Karten der Deich- und Vorländer geben von den Watten selten mehr als einen schmalen Küstenstreifen und diesen meist auf Grund unsicherer Grundlagen wieder. Der so erfaßte Raum reicht aber ohne Geländekenntnis kaum aus, um die Entwässerung des Vorlandes und der Landgewinnungsgebiete ausreichend planen und beurteilen zu können.

Die vordringliche Aufgabe der Forschungsabteilungen war daher die Schaffung einer Bestandsaufnahme der Oberflächenformen der Watten, Sände und Priele in ihrem gegenwärtigen Zustand als wichtigste Grundlage für alle weiteren Untersuchungen. Durch die Wiederholung dieser Aufnahmen werden erstmalig vermessungsmäßig die Lage- und Höhenveränderungen im Watt festgestellt und damit die Gebiete erfaßt, auf denen Vertiefungen, also Abtrag stattgefunden hat, und die aufgehöhten Wattflächen ermittelt, auf denen sich Sand abgelagert haben muß. Erst durch diese genaue Abgrenzung

der Auf- und Abtragsgebiete können Gesetzmäßigkeiten der Veränderungen festgestellt und damit der Gang der künftigen Entwicklung eindeutig untersucht werden. Die Bestandsaufnahme erfolgt durch Lage- und Höhenvermessung, durch Peilung und durch das Luftbild. Sie wird für die jüngste Vergangenheit — das heißt für die letzten 2—3 Jahrhunderte — durch die Bearbeitung und den Vergleich der alten Seekarten und für die erdgeschichtliche Entwicklung durch die Untersuchung des Bodenaufbaues der Marschen und Watten mit Hilfe von Bohrungen ergänzt (vgl. Abschnitt 4 und den Aufsatz DITTMER, „Schichtenaufbau und Entwicklungsgeschichte des dithmarscher Alluviums“).

a) Lage- und Höhenvermessungen.

Die bei Ebbe trockenfallenden Wattflächen sind ihrer Lage und Höhe nach planmäßig vermessen. Ausgehend von Hauptstandlinien, deren dauernde Erhaltung im Watt durch Anlage von festen Punkten die Voraussetzung für Wiederholungsaufnahmen bildet, sind je nach den Formen der Wattgebiete in Abständen von 200 oder 400 m Querprofile durch Nivellement bis an die Prielkanten gelegt worden. Zur Sicherung der Festpunkte sind 2—4 m lange Vierkanteisen benutzt (4/4 cm), die mittels einer kurz oberhalb der Spitze angebrachten spiralförmig gebogenen Eisenplatte (30 cm Durchmesser) in das Watt eingeschraubt werden. Die 20—40 cm über die Wattfläche hinausragenden, mit Nummernschild versehenen Eisen sind nach der Lage winkelmäßig eingemessen, koordinatenmäßig berechnet und nach ihrer Höhe einnivelliert.

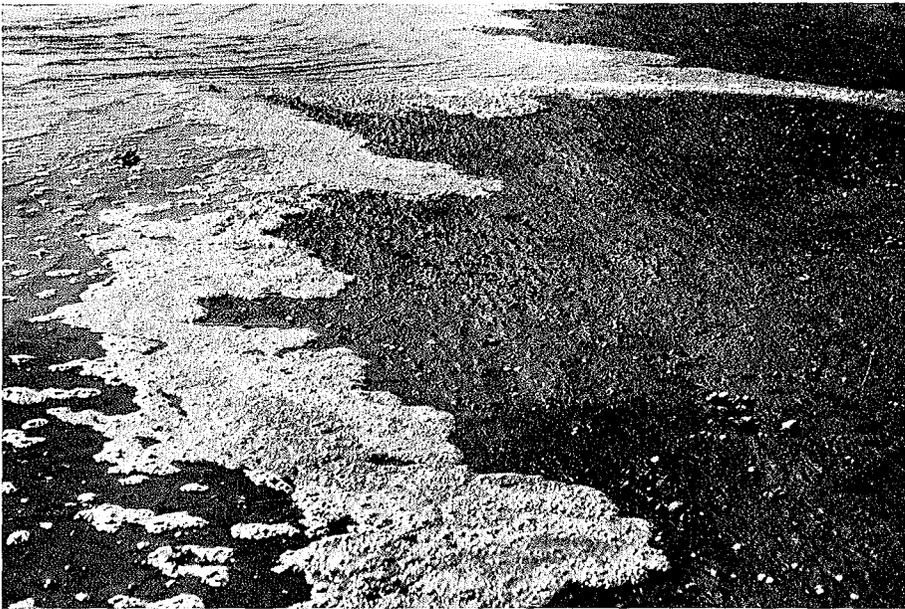
Die Wathöhen müssen in den Profilen auf den ausgedehnten Flächen mit größter Genauigkeit in engen Abständen von 50 m eingemessen werden, weil oft schon sehr geringe, kaum sichtbare Höhenveränderungen im Watt von Bedeutung sind. Ein Höhenabtrag von nur 10 cm bedeutet auf einer im Wattenmeer „kleinen“ Fläche von beispielsweise 1000 ha für den Wasserhaushalt schon eine Zusatzmenge von 1 Million m³ Wasser, die irgendein Priel in jeder Tide bei Ebbe und Flut mehr leisten muß. Der gleiche Abtrag der Wattoberfläche verursacht eine für Sinkstoffablagerungen und biologisches Leben oft schon entscheidende längere Ueberflutungsdauer von täglich zweimal etwa einer halben Stunde. In den Grenzhöhen des mittleren Niedrig- und Hochwasserstandes wirken sich derartige Höhenveränderungen naturgemäß am stärksten aus, wie überhaupt neues Land durch natürliche Sinkstoffablagerungen nur in Zentimeter-, ja, Millimeter-Beträgen emporwächst.

Zur Durchführung der Vermessungsarbeiten fährt das Meßpersonal entweder mit Kutter täglich bei Einsetzen der Ebbe an die Arbeitsgebiete oder wird bei entlegeneren Watten dort auf einem hierfür besonders als Wohnschiff eingerichteten Motorewer für 6—12 Arbeitstage untergebracht (vgl. Abb. 3). Die Vermessungsarbeiten im Wattenmeer, von dessen Landschaft die Abbildungen 1 und 2 eine Anschauung vermitteln mögen, lassen sich kaum mit



Bildarchiv Westküste.
B — d 28
Aufn. Hamburger
Luftbild, 13. Okt. 1933,
Nr. 6225
Freigegeben R. L. M.

Abb. 1. Luftbild vom Südteil der Meldorfer Bucht bei Niedrigwasser mit dem verzweigten Prielnetz. — Links: die Hallig Helmsand, rechts: Landgewinnung nördlich des Friedrichskoogs.



Bildarchiv Westküste
B — b XII 81
Aufn. E. G. Haberstroh

Abb. 2. Kommendes Wasser, die ständige Gefahr für die Arbeiten im Watt, überflutet täglich zweimal die Wattflächen.

Aufnahmen auf dem Festlande vergleichen. Beschränkte Arbeitszeit, die durch das Trockenfallen der Watten von 4—6 Stunden bestimmt wird und sich täglich nach der Tide verlagert, Unübersichtlichkeit des durch verzweigte Priele zerrissenen Geländes und die ständige, durch Nebel, Wetterumschlag und früher aufkommende Flut bedingte Lebensgefahr erfordern bei allen Untersuchungen im Wattenmeer von Techniker, Wissenschaftler, Schiffspersonal und Meßgehilfen ein hohes Maß von Können, Entschlossenheit und Einsatzbereitschaft, ohne die eine Ausführung der geleisteten Untersuchungen nicht denkbar gewesen wäre. Sind doch in drei Jahren unter diesen Arbeitsbedingungen rund 36 000 ha Flächen im dithmarscher Watt zum Teil bereits zweibis dreimal wiederholt aufgemessen worden. Während die erstmaligen Vermessungen besonders engmaschig und genau durchgeführt werden, genügt es, Wiederholungsaufnahmen auf die Gebiete der größten Veränderlichkeit zu beschränken; sobald hierüber Anhaltspunkte durch die Beobachtung gewonnen sind.

Für die Auftragung der Vermessungen und die Ausarbeitung der Höhenschichtenlinien ist, den Erfordernissen entsprechend, ein Kartenmaßstab von 1 : 10 000 für die gesamte Westküste gewählt worden, der nur für Sonderaufnahmen durch Pläne im Maßstab 1 : 5000 ergänzt wird.

Um für die vom gesamten Wattenmeer vorgesehenen und später zu wiederholenden Aufnahmen eine Einheitlichkeit der Pläne in Form, Maßstab und Darstellung sicherzustellen, ist für das Westküstengebiet ein „Grundkartennetz“ festgelegt. Nach dem als Anlage beigegebenen Uebersichtsplan im Maßstab 1:200 000 sind von Sylt bis zur Elbe 198 „Grundkarten der Wattaufnahmen an der schleswig-holsteinischen Westküste“ durch das angegebene Netz festgelegt. Dies Grundkartennetz baut sich auf dem vom Reichsamt für Landesaufnahme festgelegten Netz der topographischen Grundkarten derart auf, daß jeweils das Gebiet einer „Grundkarte der Wattaufnahme“ (1 : 10 000) sich mit dem von acht „Grundkarten des Deutschen Reiches“ (1 : 5000) deckt. Die Karten besitzen somit Kantenlängen von 40 cm „Hoch“ und 80 cm „Rechts“ und tragen das Gauss-Krügersche Koordinatennetz (1 km Abstand). Sie werden in drei Ausfertigungen hergestellt, als Meßplan, als Höhenplan und als Luftbildplan.

Meßplan und Höhenplan werden auf Kodakklarzell aufgetragen, das gegenüber gewöhnlichem Pauspapier erhebliche Vorteile durch seine größere Beständigkeit besitzt. Während der Ausarbeitung der Höhenlinien gerade im Wattenmeer mit seinen geringen Höhenunterschieden Ungenauigkeiten anhaften können, bleibt der Meßplan mit den aufgetragenen Festpunkten, Standlinien, Höhen- und Tiefenzahlen in Zweifelsfällen die unwiderlegbare Grundlage für den Vergleich und die Feststellung von Veränderungen nach wiederholten Vermessungen. Der bisher vermessene Teil dieses „Grund-

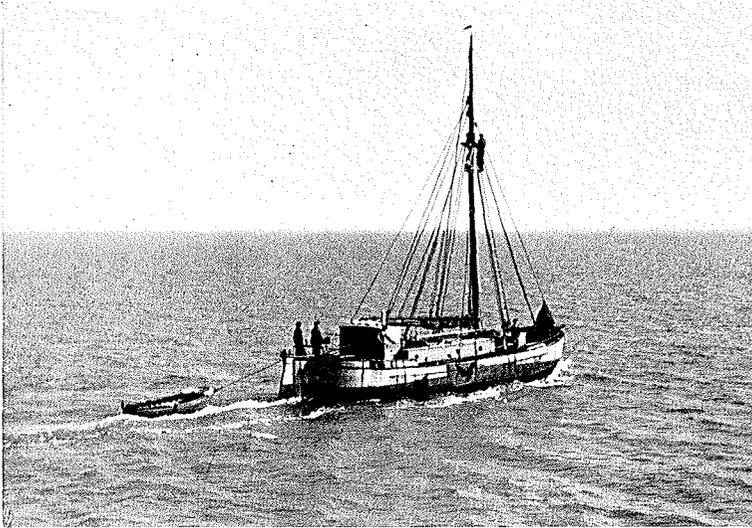


Abb. 3.
 Motorkutter
 „Tertius“,
 als Wohnschiff
 für 12 Mann
 eingerichtet.
 Bildarchiv Westküste
 B — b XXIV 27

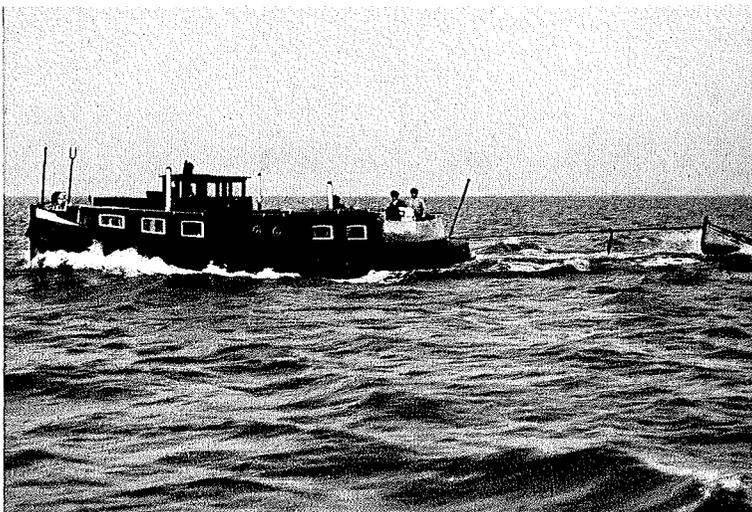


Abb. 4.
 Motorboot
 „Isern Hinnerk“
 mit eingebauter
 Echolotanlage.
 Bildarchiv Westküste
 B — a 66

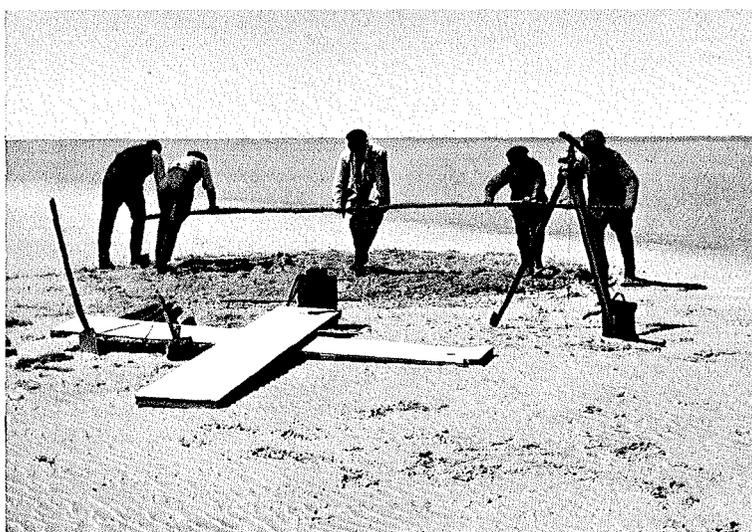


Abb. 5.
 Eindrehen eines
 Schraubeisens
 zur Sicherung
 eines Festpunktes
 im Watt. Vorne
 Holzkreuz für
 Fliegerpaßpunkt.
 Bildarchiv Westküste
 B — a 39
 Aufn. E. G. Haberstroh

kartenwerkes der Wattaufnahmen der schleswig-holsteinischen Westküste“ ist für das dithmarscher Gebiet in dem beigefügten Uebersichtsplan rot schraffiert bezeichnet.

b) Hand- und Echolot-Peilungen.

Die Lage- und Tiefenveränderungen der Wattströme und Priele sind bedeutend größer als die Umlagerungen auf den trockenfallenden Wattflächen. Während die Wathöhenveränderungen, abgesehen von den Außensänden, in der Regel Dezimeter betragen, dabei allerdings erhebliche Massenumlagerungen wegen der Größe der Flächen ergeben können, rechnen die Tiefenveränderungen in den Strömen nach Metern und die Uferverlagerungen der Priele, waagrecht gemessen, oft nach Zehn-, ja Hundert-Meterbeträgen.

Die angreifenden Gezeitenstromkräfte wirken sich gerade in den Strömen und Prielen des Wattenmeeres am stärksten und sichtbarsten aus. Der nach den ausgeführten Bohrungen bis zu 15 m mächtige, ungeschichtete Bodenaufbau im dithmarscher Wattenmeer läßt vermuten, daß auch in der Vergangenheit die Ströme den leichten Wattsand schon wiederholt „durchgepflügt“ und umgelagert haben. Die Lage- und Querschnittsaufmessung der Priele und Ströme durch Peilung muß daher gerade im dithmarscher Gebiet sorgfältig durchgeführt werden und ist mit Rücksicht auf die beobachteten Veränderungen an besonders veränderlichen Stellen bereits häufiger wiederholt worden.

Die bekannte Handpeilung mit Peilstock, Lot und Peilleine, die übrigens auch bei der Wattvermessung neben der Meßkette benutzt wird, kann im Wattenmeer nur für Priele bis zu 300 oder 400 m Breite durchgeführt werden. Derartige Peilprofile werden nach Möglichkeit in Verlängerung anschließend an Wattmeßprofile aufgenommen.

Für die Aufnahme der breiteren Wattströme und der Seegebiete zwischen den Außensänden ist das Hochperioden-Echolot in der Ausführung der Atlas-Werke, Bremen, erstmalig auch für Wassertiefen bis 1,50 m mit Erfolg verwendet worden. Das mit Echographen verbundene Gerät, das mit Hochfrequenzströmen arbeitet, ist auf einem für die Vermessung zweckmäßig hergerichteten Motorboot „Isern Hinnerk“ eingebaut (vgl. Abb. 4). Bei dem Durchfahren der durch Baken und Signalflaggen bezeichneten und eingemessenen Profile werden die durchfahrenen Wassertiefen mit einer Folge von 15 Lotungen in der Sekunde gemessen und durch Magnetschreibstift auf gewachste Papierstreifen aufgezeichnet. Bei einer mittleren Fahrgeschwindigkeit von 3 m in der Sekunde entsteht so im Gegensatz zur Handlotung eine geschlossene Aufzeichnung der Tiefen und Formen der Prielsohle im Profil, die aus den gleichzeitigen Pegelbeobachtungen auf NN beschickt und nach der Profileinmessung in den Meßplan übertragen werden. In längeren Peilprofilen werden durch Vorwärtseinschnitt des fahrenden, mit Korbsignalball ausgerüsteten Motorbootes Zwischenpunkte mit Theodolit eingemessen, wäh-

rend Anfangs- und Endpunkt jedes Peilprofiles mit dem Sextanten nach den vorhandenen und ergänzten Signalen (Baken, T.P.-Punkte, Kirchtürme) durch Rückwärtseinschnitt festgelegt werden (vgl. Abb. 6).

Nur mit diesem neuzeitlichen Peilgerät war es möglich, schnell einen umfassenden Ueberblick in dem genannten Untersuchungsgebiet zu gewinnen. Durch planmäßige Wiederholung der Peilungen sind bereits die Veränderungen besonders vom Flackstrom und vom Neufahrwasser festgestellt worden und damit wichtige Grundlagen für die Untersuchung der Sandwanderung geschaffen.

c) Luftbildaufnahmen.

Im Bereiche der Wattströme und in den Außengebieten der Eider und Elbe mit den unbeständigen, beweglichen Sandbänken und Platen erfolgen größere Veränderungen und Umlagerungen teilweise schon in so kurzen Zeiträumen, daß die Erfassung eines „Zustandes“ solcher Arbeitsgebiete durch Vermessung oder Peilung unmöglich ist. Nach dem Abschluß einer Wattvermessung oder Peilung können in dem kurz vorher aufgenommenen anschließenden Wattgebiet besonders an Prielkanten schon derartige Veränderungen eingetreten sein, daß ein gleichzeitiger Zustand des größeren Wattbereiches nicht erfaßt und dargestellt werden kann.

Diese Schwierigkeit, die in weit höherem Maße für die Vermessung größerer Watträume zutrifft, wird durch Luftbildaufnahmen überwunden. Vom Flugzeug aus ist es möglich, große Wattgebiete in kürzester Zeit aufzunehmen und in ihrem augenblicklichen Zustand festzuhalten. Innerhalb einer Stunde kann beispielsweise während des Niedrigwassers einer Tide der einmalige Zustand einer bis zu 6000 ha großen Aufnahmefläche von der Luftbildkamera erfaßt werden. Als weiterer Vorteil läßt das Luftbild in ungleich umfassenderer Weise, als es die eingehendste Wattvermessung vermag, die Form der Watten und Sandbänke, der großen Wattströme und der kleinsten Prielnetze deutlich erkennen. Die gute Darstellung der Strombänke, der Riffeln und zum Teil auch der Oberflächenbeschaffenheit läßt Schlüsse auf die in den einzelnen Gebieten wirksamen Kräfte zu. Eine teilweise höhenmäßige Auswertung der Luftbilder ist durch die Beobachtung der Tidewasserstände während der Aufnahmezeit vorbereitet.

Die Luftbildschrägaufnahmen, die anfangs bei Wattuntersuchungen in der Meldorfer Bucht 1934 durchgeführt wurden, geben zwar eine gute Anschauung, aber keine maßgetreue Wiedergabe des Geländes. Es ist daher die Fliegereisenkrechtaufnahme in den Dienst der Wattforschung gestellt worden. In drei Jahren ist nahezu das gesamte Wattenmeer der Westküste bereits luftbildmäßig aufgenommen worden. Die Aufnahmen liegen als entzerrte Luftbildpläne im Maßstab 1 : 10 000 — von Teilgebieten außerdem im Maßstab 1 : 5000 — heute für ein Gebiet von rund 2500 km² vor, das für die ge-

samte Westküste in dem beigehefteten Uebersichtsplan stark rot umrandet angegeben ist.

Es besteht der Plan, diese Aufnahmen zu wiederholen, um Veränderungen besonders in den Gebieten festzustellen, in denen die Wattvermessung schwer oder überhaupt nicht durchführbar ist.

Für die Entzerrung der Senkrechtaufnahmen sind im Wattenmeer Paßpunkte erforderlich. Sie werden durch Schraubeisen (vgl. Festpunktbeschreibungen auf Seite 24) gesichert, mit Theodolit winkelmäßig durch Rückwärts-einschnitt eingemessen und durch weiße Holzplatten-Winkel von 6 m Schenkellänge oder durch Leinenbahnen im Vorland und an den Deichen während des Aufnahmezuges bezeichnet (vgl. Abb. 5).

Die Fliegeraufnahmen sind von der Hansa-Luftbild ausgeführt und entzerrt. Sie sind im Wattenmeer nur möglich bei wolkenfreiem Himmel, klarer Sicht, Niedrigwasser, unter mittleren Tideverhältnissen und günstiger Tageszeit. Bei dem Versetzen der Tidezeiten und dem unbeständigen Westküstenwetter vergehen manchmal Monate, ehe diese Bedingungen zusammen-treffen und die Aufnahmen durchgeführt werden können.

Die fertiggestellten Luftbildpläne, die auch verkleinert als Uebersichts-pläne im Maßstab 1 : 25 000 vorliegen, haben die dafür aufgewandten Kosten und mühevollen Arbeiten gelohnt. Nur durch das Luftbild war es möglich, so schnell eine ausgezeichnete Anschauung und Uebersicht über den großen, bis-her nahezu unbekanntem Wattenmeerraum vor unserer Küste zu gewinnen. Ueber die schwierige Entzerrung von Fliegerwattaufnahmen und die erreichte Plangenaugigkeit wird noch besonders zu berichten sein.

3. Gezeitenuntersuchungen.

Von grundlegender Bedeutung für alle Untersuchungen und Folgerungen im Wattenmeer ist eine genaue Kenntnis der Gezeitenbewegungen. Die Fest-stellung der Wasserstandsbewegungen und der Strömungen sowie ihrer Gesetze ist die bedeutendste aber auch schwierigste Aufgabe der Forschungsarbeiten, weil die zerstörenden und verfrachtenden Gezeitenstromkräfte die Umlage-rungen im Wattenmeer bewirken und dabei selbst wieder diesen Verände-rungen in steter Wechselwirkung unterworfen sind.

Für die Vergangenheit ist eine Feststellung dieser Kräfte nur sehr unvollkommen nach den früheren Wattformen möglich. Kartenmäßige Dar-stellungen und erdgeschichtliche Untersuchungen sind Hilfsmittel dazu. Für die Voraussage der künftig zu erwartenden Veränderungen bietet die Messung der gegenwärtigen waagerechten und senkrechten Gezeitenbewegungen jedoch die wichtigste Grundlage.

Die Messungen und ihre Auswertung für praktische Bedürfnisse wären einfacher, wenn die Strömungen im Wattenmeer allein von erfassbaren Gesetz-mäßigkeiten — wie etwa im Wasserlauf von Gefälle, Reibung und Bettform —

abhängen würden. Neben den kosmischen Gesetzen unterliegen aber die Gezeitenbewegungen, besonders an der Küste, den schwer erfassbaren, weil stets verändert auftretenden ungesetzmäßigen Einflüssen des Windes, der Gestalt und der Formen des Wattenmeeres und den durch ihre Umlagerungen ständig veränderten Wasserräumen. Mit der vergleichenden Betrachtung von Pegelaufzeichnungen, die für geschlossene Stromgebiete Anhaltspunkte geben können, ist es also im Gezeitenbereich nicht allein getan.

Es müssen vielmehr umfangreiche Messungen durchgeführt und daraus die mittleren und die äußersten Stromgeschwindigkeiten und Wasserstände, sowie ihre Abhängigkeit vom Wind und von den Wattformen ermittelt werden. Eine Bestandsaufnahme durch Beobachtung und Messung muß also auch hier der eigentlichen Auswertung der Gezeitenuntersuchungen vorangehen.

a) Wasserstandsbeobachtungen.

Die laufende Aufzeichnung der Tidewasserstände erfolgt im dithmarscher Arbeitsgebiet wie an der übrigen Nordseeküste durch mehrere selbstschreibende Pegel, und zwar seit 1896 in Tönning, seit 1915 im Hafen Büsum, seit 1931 im Hafen Trischen und seit 1930 im Hafen Friedrichskoog (vgl. eingeleiteten Lageplan hinter Seite 46). Zusammen mit den Unterlagen des bereits seit 1840 betriebenen Schreibpegels Cuxhaven lagen somit bereits wertvolle Aufzeichnungen bei Beginn der Arbeiten vor. Sie konnten jedoch für die Lösung der gestellten Aufgaben nicht ausreichen.

Die bisherigen Schreibpegel standen sämtlich, mit Ausnahme vom Pegel Trischen, unmittelbar an der Küste und hier vorwiegend an Orten, deren Wasserbewegungen durch die verschiedensten Stau- und Gefällseinflüsse mehr oder weniger stark beeinflusst sind. Vom Wattenmeer selbst waren überhaupt keine Wasserstandsbeobachtungen vorhanden.

Diese Lücke ist vorläufig durch die Errichtung neuer Schreibpegel an der Friedrichskoogspitze, im Flackstrom und im Sommerkoog-Steertloch geschlossen, während die Pegel in Friedrichskooghafen und auf Trischen aus den Häfen, wo Niedrigwasserstände nur gestört oder wegen Trockenfallens überhaupt nicht aufgezeichnet wurden, an die Wattströme umgesetzt worden sind (vgl. Abb. 8 und 9). Weitere Schreibpegel sind im Meldorfer Hafen und an der Eider in Vollerwiek vom Wasserbauamt Tönning errichtet worden. Für die gesamte Westküste sind die zur Zeit aufgestellten Schreibpegel in dem beigegebenen Uebersichtsplan eingetragen.

Die Aufzeichnungen der Schreibpegel liefern nur brauchbare Unterlagen, wenn ihre Wartung und Unterhaltung gerade mit Rücksicht auf die im Wattenmeer entgegenstehenden besonderen Schwierigkeiten sorgfältig durchgeführt werden und die Prüfung des Betriebes und der Höheneinmessung laufend erfolgt. Jede hierfür aufgewandte Mühe lohnt in dem gleichen Maße wie jede Störung weittragende, weil unersetzliche Ausfälle von Beobachtungen zur Folge hat.

Abb 6.
 Signalturm des Festpunktes
 FP 10 auf Hallig Helmsand.
 Rechts Unterkunftshütte
 für Landgewinnungs-
 arbeiter.
 Vorne Abbruchkante.
 Bildarchiv Westküste B — b XI, 45
 23. Juni 1936

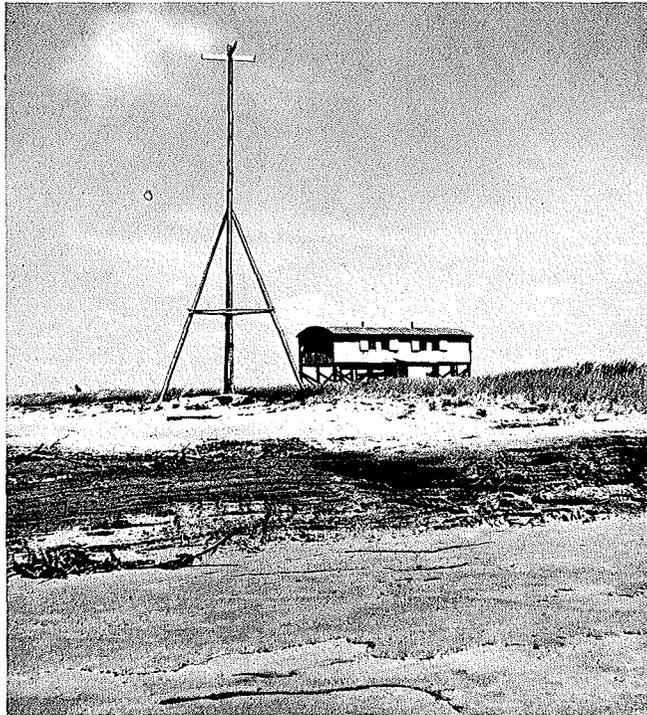


Abb. 7.
 Tassenpegel auf dem
 Südsand Trischen in
 geöffnetem Zustand,
 Tassenabstand 10 cm.
 Bildarchiv Westküste B — b 38
 Aufn. E. G. Haberstroh, 25. Juli 1935





Abb. 8.
Alter Schreibpegel
Trischen am bisherigen
Standort im Hafenpriel
bei Niedrigwasser.
Rechts der alte Lattenpegel.
Bildarchiv Westküste B — a 36
25. Juli 1935



Abb. 9.
Schreibpegel Trischen auf
neu errichtetem Dalben am
neuen Standort im Neu-
fahrwasser. Im Hinter-
grund die Insel Trischen
mit Bake.
Bildarchiv Westküste
B — b XLIV, 26
Aufn. E.G.Haberstroh, 12.Feb.1937

Die einheitliche Bearbeitung ist an der Westküste durch das Zusammenfassen aller Pegelaufgaben bei den Forschungsabteilungen erreicht.

Das Ziel, die Abhängigkeiten der Wasserstandsbewegung höhenmäßig und zeitlich in der Form der Tidewelle von dem Wind, dem Gefälle und den Watt- und Prielformen klarer zu übersehen, hat eine weitere Ergänzung der Beobachtungen in dreifacher Hinsicht notwendig gemacht.

1. An der Küste und auf Trischen, Tertius und Helmsand sind sogenannte *Tassenpegel* errichtet, deren Tassen höhenmäßig eingemessen sind. In diesen werden bei Sturmfluten die höchsten Hochwasserstände durch Abzählung der obersten wassergefüllten Tasse beobachtet. Ihr Vergleich soll in Verbindung mit den Schreibpegeln und den Windbeobachtungen eine Kenntnis über die Auswirkung der Stürme auf die Hochwasserstände an den verschiedenen Küstenstrecken verschaffen und damit die praktischen Folgerungen für die Deichhöhen stützen (vgl. Abb. 7).

2. An einzelnen Wattströmen sind besonders in den für Dammbauten wichtigen Untersuchungsgebieten *Hilfspegel* aufgestellt. An diesen ebenfalls höhenmäßig eingemessenen Lattenpegeln werden bei ruhiger See die Wasserstände beobachtet, um Anhaltspunkte für die Ueberströmung der Watten und die vorhandenen Gefällverhältnisse zu gewinnen.

3. Erst der *Hochseepiegel* hat es ermöglicht, die Wasserstände in den Mündungen der großen Wattströme und im offenen Seegebiet zu beobachten. Dieses neuzeitliche Gerät ist in der Bauart von RAUSCHELBACH von den Forschungsabteilungen beschafft und verwendet worden (Abb. 10). Es wird auf dem Meeresboden ausgelegt und zeichnet auf photographischem Wege die wechselnden Wassertiefen von der Meßdüse bis zur freien Wasseroberfläche durch Druckmessung während einer Beobachtungszeit bis zu vier Wochen in regelmäßiger Folge selbsttätig auf. Trotz der vielen Störungen, denen ein solches sinnreich durchgebildetes Feinmeßgerät unter Wasser ausgesetzt ist, sind einwandfreie Aufzeichnungen von den Auslegungen erzielt, deren Auswertung die Gezeitenabteilung des Marineobservatoriums Wilhelmshaven übernommen hat.

Das Auflaufen der Tidewelle von der See zur Küste ist somit durch die verschiedenen Pegelmessungen eindeutig erfaßt worden. Die Bearbeitung der gesamten Wasserstandsbeobachtungen ermöglicht, die Beziehungen zwischen den „ungestörten“ Gezeitenbewegungen im freien Seegebiet mit denen im Wattenmeer und an der Küste klarzustellen und liefert durch weitere Auswertung für die Untersuchung des Wasseraustausches zwischen den einzelnen Wattstromgebieten einen wertvollen Beitrag.

b) Strommessungen, Sandwanderungs- und Sinkstoffmessungen.

Eine unentbehrliche Ergänzung finden die Wasserstandsbeobachtungen durch die unmittelbaren Messungen der waagerechten Gezeitenbewegungen, die nicht voneinander getrennt werden können. Die Feststellung der Strom-

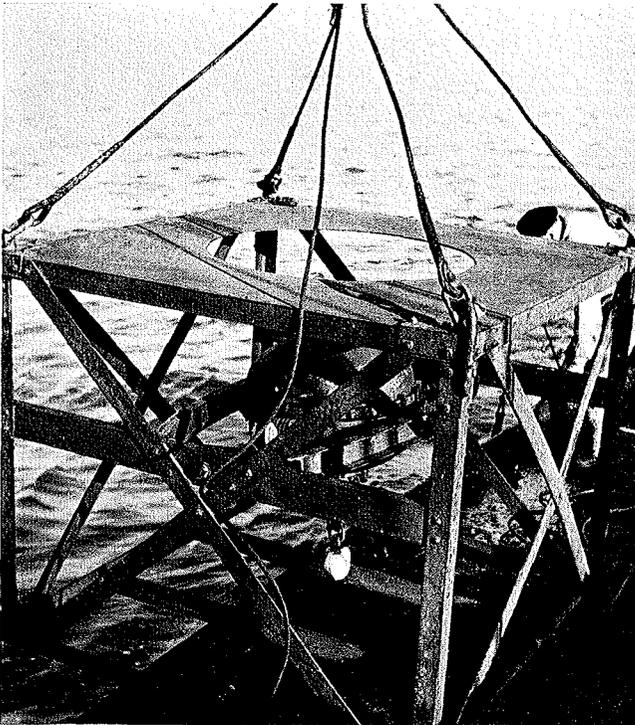


Abb. 10.
Hochseepegel an Bord
vor dem Versenken.
Das eigentliche Gerät
ist in dem Eisengerüst
kardanisch aufgehängt
und durch Lot belastet.
Bildarchiv Westküste B — a 94



Abb. 11.
Meßdampfer „Rungholt“
mit Meßkajüte auf dem
Achterdeck auf Position
vor 4 Ankern liegend.
Bildarchiv Westküste B — a 51
Aufn. E. G. Haberstroh

geschwindigkeiten nach Größe und Richtung bleibt die entscheidende Grundlage für die Untersuchung und Beurteilung des Wasserhaushaltes im Wattenmeer, der Räumungskraft eines Wattstromes, des Abtrages, der Verfrachtung und der Ablagerung des Sandes und der Schlickstoffe und damit für die Planung jeder baulichen Maßnahme an unserer Küste. Dieser Bedeutung entsprechend nehmen die Strommessungen im Arbeitsplan und in der Durchführung der Westküstenforschung einen sehr breiten Raum ein. In drei Arbeitsjahren ist im dithmarscher Wattenmeer bei den verschiedensten Wetterlagen der Strom über etwa 300 volle Tiden an rund 200 Meßstellen zum Teil wiederholt gemessen worden.

Für die Strommessung in den Wattströmen und den Seerandgebieten mußte ein Dampfer als Meßfahrzeug besonders hergerichtet werden. Er ist in Zusammenarbeit mit der Gezeitenabteilung der Deutschen Seewarte — jetzt des Marineobservatoriums — mit zwei bifilar aufgehängten, selbstschreibenden elektrischen Strommeßgeräten der Askania-Werke nach der Bauart von RAUSCHELBACH ausgerüstet worden (Abb. 11, 12 u. 13).

Die Einrichtung des Dampfers Rungholt mit einer besonderen Meßkajüte, den Ankervorrichtungen für ein sicheres „Vermuren“ im Strom und die Unterbringung der 10—12köpfigen Besatzung, die stets über ganze Tiden (13—14 Stunden) ununterbrochen bei jedem Wetter ihren schweren Dienst zu versehen hat und bis zu 14 Tagen draußen im Wattenmeer bleiben muß, wird einmal besonders in der „Westküste“ dargelegt werden. Das gleiche gilt für eine eingehende Beschreibung der vielfältigen Messungen, für die zur Gewährleistung einer gleichmäßigen und einheitlichen Durchführung auch bei Ablösung des Meßpersonals besondere Richtlinien ausgearbeitet worden sind.

Die allgemeine Aufgabenstellung, die, wie eingangs hervorgehoben, sich nicht in der Einzelmessung erschöpft, sondern durch Klarstellung der Sinkstoff- und Sandwanderungsbewegung allgemeine Grundlagen für Landerhaltung und Landgewinnung schaffen soll, hat gleichzeitig die äußerst mögliche Ausnutzung des Meßdampfers notwendig gemacht. Neben der eigentlichen Messung des Stromes nach Geschwindigkeit und Richtung sind teils regelmäßig, teils vorübergehend folgende Beobachtungen und Messungen von Bord ausgeführt worden:

1. Ortsbestimmung mit Sextant,
2. Wetterbeobachtung (Barometerstand, Lufttemperatur),
3. Windmessung durch anzeigenden Anemometer,
4. Seegangsbeobachtung und Sichttiefenbestimmung,
5. Tiefenlotung,
6. Grundentnahme durch Bodengreifer,
7. Salzgehaltsbestimmung durch Wasserentnahme,
8. Wassertemperaturmessung,
9. Wasserschöpfung zur Sinkstoffmessung,
10. Sandfallenmessung mit Gerät von LÜDERS (Abb. 14).

Große Bedeutung kommt bei diesen Beobachtungen den unmittelbaren Sinkstoffmessungen durch Wasserschöpfgerät für die Landgewinnung zu. Die verfrachtete Einheitssinkstoffmenge (gr/l) wird nach Ausschleudern (Zentrifugieren) der in verschiedenen Tiefen über ganze Tiden entnommenen Einheitswassermengen (1 Liter) gewichtsmäßig bestimmt. Die bisherigen Ergebnisse haben bereits eine Beziehung zwischen der Sinkstoffverfrachtung und der Gezeitenbewegung erkennen lassen, deren Messungen und Auswertungen überhaupt nicht voneinander zu trennen sind. Es ergab sich daraus die Notwendigkeit zur Durchführung großräumiger Untersuchungen, die ihrer Bedeutung für den Sinkstoffhaushalt des Wattenmeeres entsprechend, im Rahmen eines Sonderarbeitsplanes in Nordfriesland in Angriff genommen worden sind. Sie werden zu gegebener Zeit in der „Westküste“ beschrieben werden.

Mit dem Meßdampfer ist es nicht möglich, die Stromverhältnisse auf den weiten Wattflächen zu untersuchen, die selbst bei Hochwasser nur eine Wassertiefe von 1 bis 2 m aufweisen. Die Feststellung der teilweise ganz anderen Voraussetzungen der Ueberströmungen der Wattgebiete und besonders der als Wasserscheiden bei Niedrigwasser trockenfallenden Wattrücken ist so wichtig, daß hierfür besondere Meßflöße eingesetzt werden mußten.

Die Herrichtung eines Holzfloßes ist unter einfachen Verhältnissen auf Binnengewässern außerordentlich einfach. Hier im Wattenmeer waren aber bei einem geringen Tiefgang von 60—80 cm zwei schwierige Forderungen zu erfüllen: Die Seetüchtigkeit und die Unterbringung des Meßpersonals an Bord. Das zur Zeit verwendete Meßfloß mißt im Grundriß 4×16 m. Es ist im Unterbau aus durchgehenden, verbolzten, 30 cm starken Rundhölzern hergestellt, auf deren Bohlenabdeckung eine durch Eisenanker gegen Umschlagen gesicherte Meßhütte, eine Ankerwinde sowie Ausleger und Mast für einen Windmesser errichtet worden sind. Der schwere Unterbau und die Unmöglichkeit, auf dem Watt im Seegang bei der gefürchteten Grundberührung Leck zu schlagen, geben dem Floß eine überlegene Seetüchtigkeit. Auf vorgeschobenen Meßstellen, die im Büsumer Gebiet bis westlich von Buschsand mit dem Meßfloß ausgedehnt werden konnten, muß ein besonders flach gehender Kutter, der das Floß an die Meßstellen verschleppt, zur Sicherheit der Mannschaft in beständiger Bereitschaft liegen (Abb. 15, 16 u. 17).

Die Strommessungen vom Floß werden mit dem einfachen, handlichen Ott-Flügel mit Richtungsanzeiger von einem Techniker und einem Meßgehilfen durchgeführt, für deren Unterbringung an Bord die Schutzhütte eingerichtet ist. Ähnlich wie bei den Messungen vom Dampfer werden auch vom Floß die Strommessungen vor allem durch Windmessung, Sinkstoffmessung und Hilfspegelablesung ergänzt. Die Meßzeit ist infolge der von der Wattohöhe bestimmten Ueberflutungsdauer auf meist acht bis zehn Stunden begrenzt.

Abb. 12.
Dampfer Rungholt
mit Strommeßgerät
am Ausleger.
Der Dampfer ist bei
Niedrigwasser im
Altfelder Priel
trockengefallen.
Bildarchiv Westküste
B — a 10

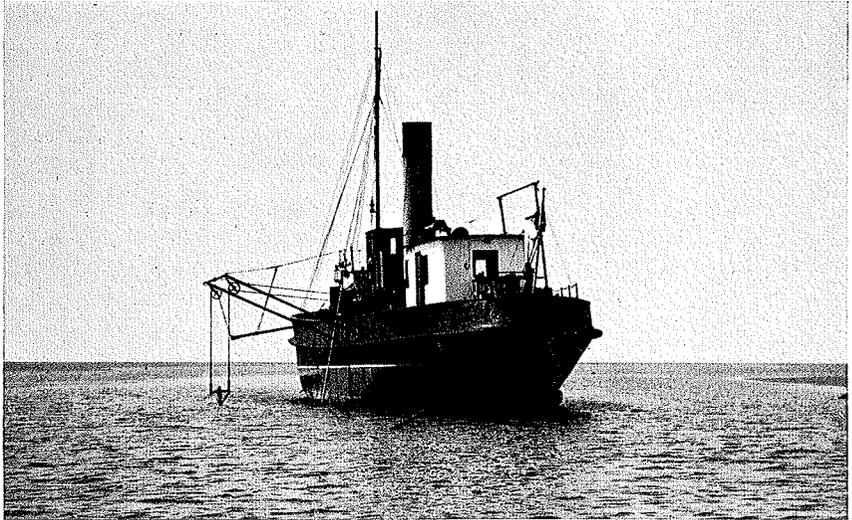


Abb. 13.
Strommesser nach
Rauschelbach,
an 2 elektrischen Lei-
tungskabeln (bifilar)
aufgehängt während
einer Oberflächen-
messung. Meßflügel
20 cm unter dem
Wasserspiegel.
Bildarchiv Westküste
B — a 11
Aufn. E. G. Haberstroh,
25. Juni 1935

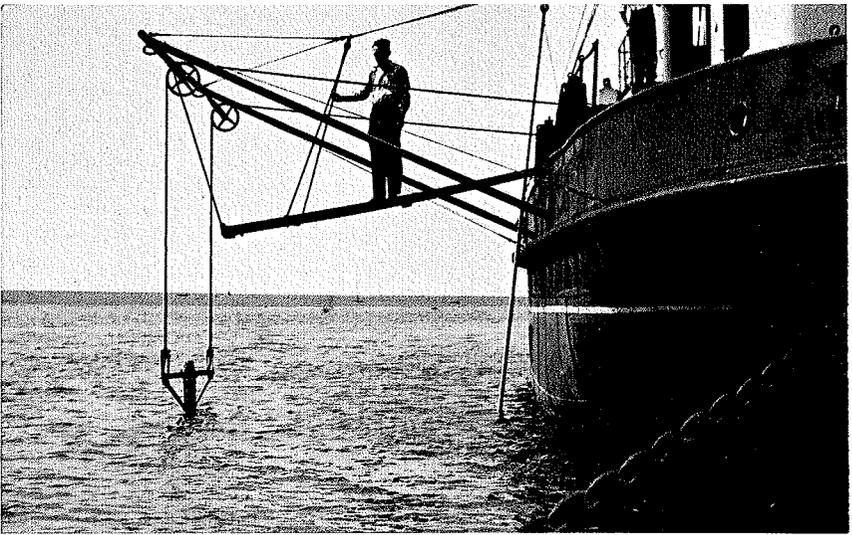
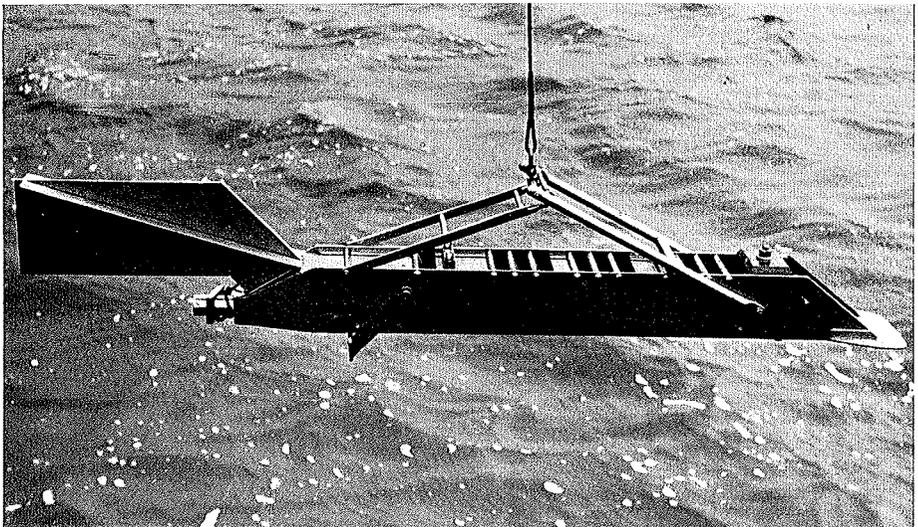


Abb. 14.
Sandfalle nach
Lüders in meß-
fertigem Zu-
stand während
des Ablassens
auf den Grund.
Bildarchiv Westküste
B — a
Aufn. E. Dittmer



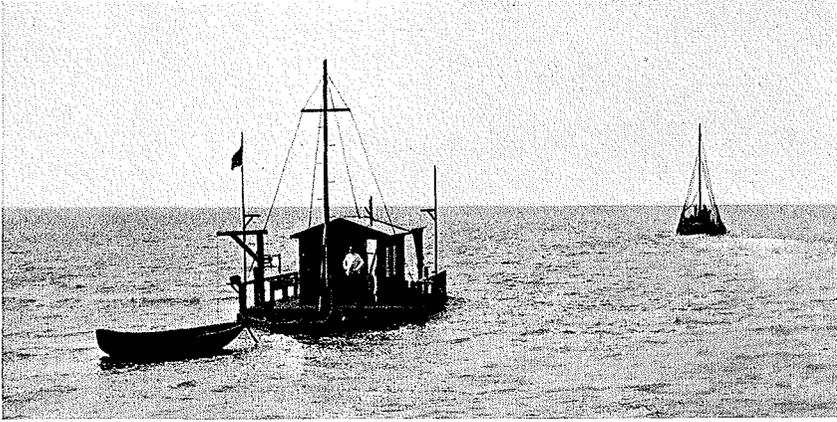


Abb. 15.
Meßfloß auf
Position verankert.
Auf dem Mast
der Windmesser,
im Hintergrund
der Schleppkutter.
Bildarchiv Westküste
B — a 139

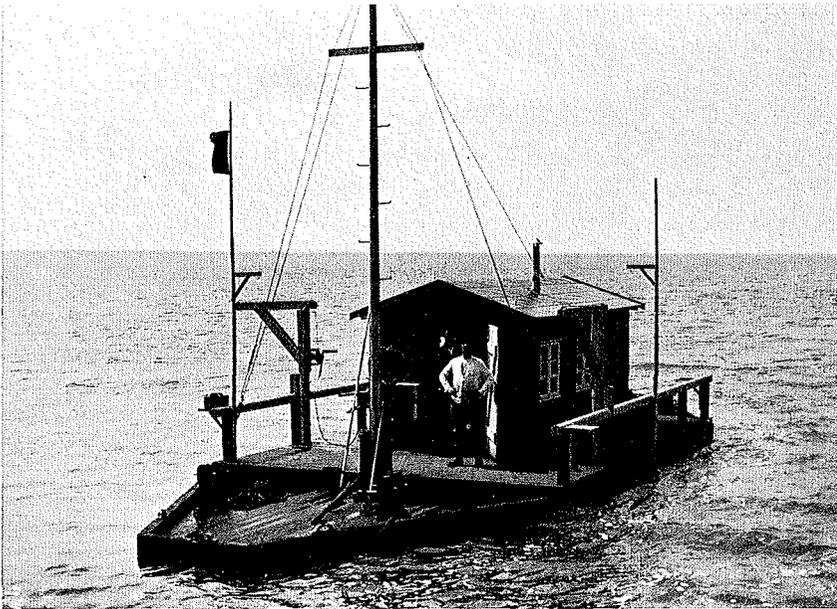


Abb. 16.
Meßfloß mit
Unterkunftshütte
auf dem 4×16 m
großen Unterbau.
Zu beiden Seiten
Ausleger für die
Meßgeräte.
Bildarchiv Westküste
B — a 138

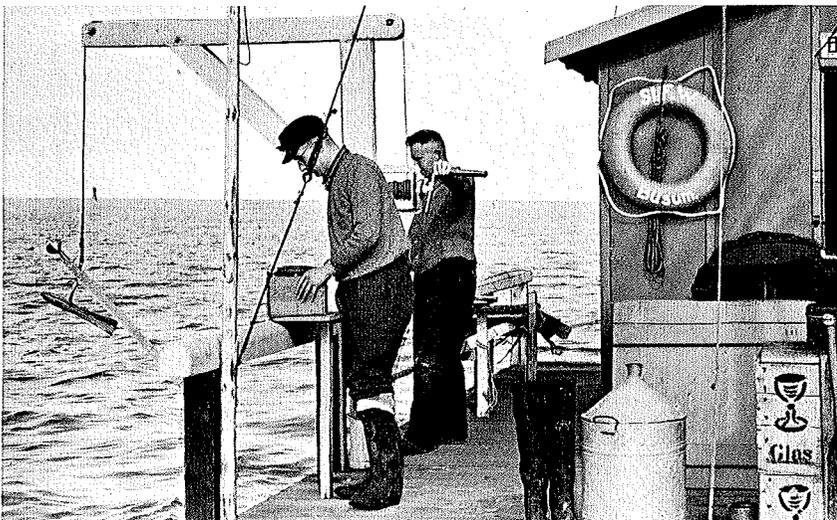


Abb. 17.
Strommessung vom
Floß. Am Ausleger
der Ott-Flügel. Rich-
tungsbestimmung
durch Kompaß.
Bildarchiv Westküste
B — b XXIII, 5
Aufn. E. G. Haberstroh,
30. Sept. 1936

Nur mit dem Meßfloß konnten die bisher völlig ungeklärten Stromverhältnisse auf den Wattrücken festgestellt werden. Ihre Kenntnis hat besonders für die Voruntersuchung des Trischendamms einen sehr wertvollen Beitrag geliefert.

4. Geologische Untersuchungen.

Die dem Geologen im Rahmen der Westküstenforschung gestellte Aufgabe umfaßt die Klarstellung des großräumigen Schichtenaufbaues unserer Marschen und Watten und eine Deutung der erdgeschichtlichen Entwicklung der Nordseeküste bis etwa zum Beginn des Alluviums.

Durch verschiedene geologische Einzeluntersuchungen ist bekannt, daß die Festlandsküste nicht erst in geschichtlicher Zeit, sondern in viel stärkerem Maße in erdgeschichtlicher Vergangenheit ihre Lage gegen das Meer wiederholt geändert hat. Auch ist nachgewiesen, daß diese Küstenverlagerungen durch erhebliche Höhenverschiebungen zwischen Land und Meeresspiegel eingeleitet sein müssen. Die genaue Kenntnis dieser erdgeschichtlichen Entwicklung ist nur auf Grund einer genauen Untersuchung des Schichtenaufbaues unserer Küstengebiete möglich, der für Dithmarschen bisher fast unbekannt war.

Diese Untersuchungen können durch die gleichzeitige Feststellung der Eigenschaften des Bodens als Baugrund wertvoll werden. Sie sind aber vor allem erforderlich, weil wir aus den Umlagerungen unserer Küste in der Vergangenheit auf die Kräfte, welche die Oberflächenformen gestaltet haben, schließen können. So gewinnen wir aus dem Studium der Vergangenheit ein Hilfsmittel für die Beurteilung der gegenwärtigen und künftig zu erwartenden natürlichen Veränderungen im Wattenmeere.

Eine bisher fehlende Kenntnis des Schichtenaufbaues in Dithmarschen mußte erst mühsam erarbeitet werden. Sie ist erforderlich als Grundlage für die Feststellung und Deutung der nachweisbaren waagerechten und gegebenenfalls auch der senkrechten Verlagerungen, welche die Nordseeküste in der erdgeschichtlichen Vergangenheit bis etwa zum Beginn des Alluviums durchgemacht hat.

Es waren daher in dem Küstenraum von der Geest im Osten bis zur freien See im Westen Bohrungen in der Marsch und im Watt anzusetzen. Die angetroffenen und entnommenen Bodenproben wurden nach folgenden grundlegenden Gesichtspunkten ausgewertet:

1. Alter und Aufbau der angetroffenen Schichten.
2. Deutung der früheren Oberflächenbeschaffenheit und der wirksamen Kräfte, welche diese Schichten aufgebaut haben können.
3. Vergleich von anstehenden und bewegten Stoffen als Beitrag zur Lösung der Sandwanderungs- und Sinkstofffrage.

Die nicht unwichtige Altersbestimmung der angetroffenen Schichten ist im Watt- und Marschgebiet durch den Mangel an Leitfossilien erschwert und nur möglich durch eingehende Bodenuntersuchung und Bestimmung der in den einzelnen Schichten angetroffenen Mollusken, Pollen und Diatomeen. Diese Bestimmungen sind teils in eigenem Laboratorium durchgeführt, teils auftragsweise vergeben worden.

Die Deutung der in früheren Zeiten wirksamen Kräfte aus dem angetroffenen Bodenaufbau setzt eine gute Kenntnis der heute im Wattenmeer feststellbaren Umlagerungen durch ständige Beobachtung und Zusammenarbeit mit dem Wasserbauingenieur voraus. Es war daher vom Geologen eine völlig neue, praktisch ausgerichtete Betrachtungsweise erst zu erarbeiten. Ueber die Ergebnisse der bisherigen erdgeschichtlichen Untersuchungen ist in dem Aufsatz DITTMER „Schichtenaufbau und Entwicklungsgeschichte des dithmarscher Alluviums“ eingehend von dem geologischen Sachbearbeiter berichtet.

Nicht behandelt sind darin die Oberflächenkartierungen, die durchgeführt sind, um einen Ueberblick über die Verteilung der sandigen und der schlickigen Wattböden in großen Gebieten vor unserer Küste zu gewinnen. Ergänzend sind auch die auf dem Untergrund der Priele und Wattströme anstehenden Böden an Hand von Greiferproben besonders auf ihre Kornzusammensetzung untersucht worden. Hierdurch ist in Verbindung mit der Bestimmung von Schwermineralien ein Vergleich zwischen anstehenden und verfrachteten Stoffen und damit eine Untersuchung der Sandwanderung und der Sinkstoffbewegung möglich, über die später in der „Westküste“ berichtet werden wird.

5. *Biologische Untersuchungen.*

Kann bereits der bodenkundige Geologe aus den angetroffenen Ablagerungen der Wattoberfläche gewisse Rückschlüsse auf ihre Beständigkeit oder die stattfindenden Veränderungen ziehen, so sind im Watt lebende Tiere und Pflanzen, ja selbst Kleinlebewesen für den Biologen ein vielleicht noch feineres Unterscheidungsmerkmal äußerlich ähnlich erscheinender Wattflächen. Die Zahl der im Watt lebenden Arten von Tieren und Pflanzen ist allerdings gering. Diese wenigen besiedeln jedoch unsere Küsten- und Wattflächen in so unvorstellbaren Massen, daß sie rein mengenmäßig bei den Umlagerungen im Watt und besonders augenscheinlich bei der Neulandbildung einen nicht unerheblichen Anteil ausmachen. Aber in noch stärkerem Maße sind bestimmte Eigenschaften der Lebewesen von mittelbarem oder unmittelbarem Einfluß auf die Bodenerhaltung und Bodenbildung und damit von Bedeutung für die Sinkstoffbewegung im Watt.

Dem Biologen ist in der Wattenmeeresforschung daher die Aufgabe gestellt, den Anteil der Pflanzen und Tiere an dem Abbau, der Erhaltung und der Neubildung von Ablagerungen im Watt festzustellen, sowie durch Ver-

suche und Kulturmaßnahmen nach Möglichkeit ihre Mitwirkung zu lenken und zu fördern. Das praktische Arbeitsziel der biologischen Forschung besteht also in der Förderung der natürlichen Anlandungsvorgänge und der Ergänzung der landwirtschaftlichen Forschung durch biologisch-bodenkundliche Feststellungen.

Wie alle bisher genannten Untersuchungen mußte auch die biologische Arbeit von einer Bestandsaufnahme ausgehen, da die vorhandene Kenntnis über die Bedeutung der Lebewesen im Haushalt des Wattenmeeres für die praktische Aufgabe nicht ausreichte. Diese forderte eine stets enge Beziehung zu den natürlichen Vorgängen durch ständige Beobachtung und Feststellung der Lebewelt in ihrer Gesamtheit draußen im Watt und in ihrer Bedeutung für die Landerhaltung und Landgewinnung.

Durch diese gleich zu Beginn von der biologischen Forschung eingehaltene Arbeitsrichtung ist heute bereits eine gute Kenntnis über die Besiedlung verschiedener Wattböden gewonnen. Wir sind hiermit in die Lage versetzt, die Güte eines Bodens nicht nur nach seinen chemischen, physikalischen und bodenkundlichen Eigenschaften zu beurteilen, sondern können ergänzend hierzu auch die biologische Oberflächenbesiedlung als weiteres wichtiges Unterscheidungsmerkmal sehr ähnlich anmutender Watt- und Vorlandflächen ansehen.

Die praktische Nutzenanwendung der biologischen Forschung liegt vor allem in den durchgeführten biologischen Kulturmaßnahmen. Sie sind besonders erfolgreich mit dem Queller, der mit Recht als Pionier der Landgewinnung bezeichneten häufigsten Salzwasserpflanze im Wattenmeer, durchgeführt und als Ausschnitt der biologischen Arbeiten im Aufsatz WOHLBERG „Biologische Kulturmaßnahmen mit dem Queller zur Landgewinnung im Wattenmeer“ von dem biologischen Sachbearbeiter ausführlich dargelegt. Hierin ist auch das Laboratorium, das für die geologischen und biologischen Untersuchungen besonders eingerichtet wurde, kurz beschrieben.

6. Stand der Forschungsarbeiten.

Die vorstehenden Darlegungen sollten einen Ueberblick über die zu lösenden Aufgaben und die Forschungsarbeiten geben, die im dithmarscher Wattenmeer jetzt drei Jahre durchgeführt worden sind. Der Umfang dieser Arbeiten läßt es nicht zu, im Rahmen eines zusammenfassenden Aufsatzes auf die Einzelheiten der Durchführung der Untersuchungen und die Arbeitsverfahren näher einzugehen. Sie mußten allgemein auf die praktische Wattenmeerforschung erst ausgerichtet oder aber ganz neu entwickelt und erprobt werden. In jedem Fall ist das Untersuchungsverfahren auf das Arbeitsziel der Landgewinnung und Landerhaltung abgestellt worden. Es muß hier wegen der Durchführung der Untersuchungen, der Verfahren und ihrer Fehlergrenzen

sowie der bisherigen Ergebnisse auf die amtlichen Berichte verwiesen werden, die über die Forschungsarbeiten ausgearbeitet werden, soweit nicht Aufsätze in dieser Zeitschrift zu erwarten sind.

Durch die bisherigen Arbeiten, besonders die zur Bestandsaufnahme, ist ein erster allgemeiner Ueberblick über das gesamte Arbeitsgebiet der Forschungsabteilung Büsum gewonnen worden. Von dem engeren, durch die Bauaufgaben bestimmten Wattgebiet liegt eine geschlossene eingehende Bestandsaufnahme durch Vermessung und Peilung vor. Sie ist zum Teil bereits mehrmals wiederholt, so daß über die hier wirksamen Veränderungen ein klares Bild gewonnen worden ist.

Die Gezeitenbewegungen sind durch die Strommessungen so klar erfaßt, daß eine Feststellung und Auswertung des Kräftehaushaltes in diesem Gebiet ausgearbeitet werden kann. Diese Arbeiten sind im Gange und für Teilgebiete abgeschlossen worden. Die Stromverhältnisse auf den Watten und in den Prielen sind für den Raum zwischen Piep und Elbe klargestellt und durch Stromkarten veranschaulicht. Auch über die Sinkstoffbewegungen liegen Ergebnisse vor, die den Weg für eine weitere Untersuchung und Lösung der Sinkstofffrage aufgezeigt haben.

Neben den Sonderuntersuchungen sind aus allen Arbeitsgebieten grundsätzliche Erkenntnisse gewonnen, die eine Förderung der allgemeinen Forschungsaufgaben bedeuten. So liegt durch die Luftbildpläne eine Uebersicht über das gesamte Wattgebiet zwischen Elbe und Eiderstedt vor. Der erdgeschichtliche Aufbau des Alluviums ist durch Bohrungen für Dithmarschen in großen Zügen klargestellt worden. Mit Hilfe der laufenden Wasserstandsbeobachtungen des engen Pegelnetzes und der Windmessungen sind umfangreiche Unterlagen für grundsätzliche Untersuchungen der Gezeitenbewegungen und des Windeinflusses geschaffen worden.

V. Teilergebnisse der Sonderuntersuchungen.

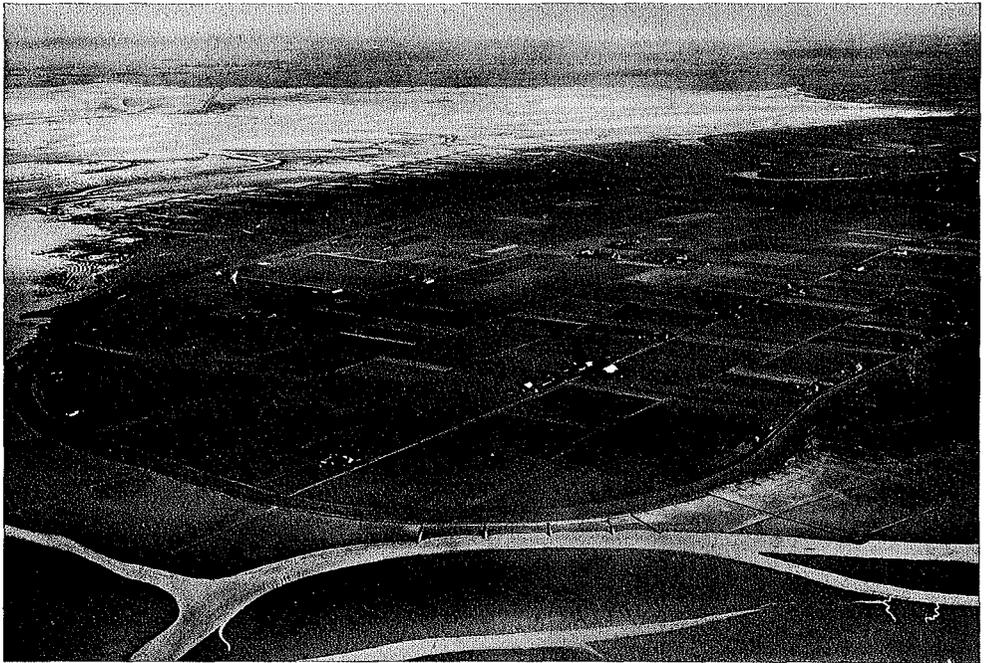
Aus dem dithmarscher Arbeitsgebiet soll noch kurz einiges von den Untersuchungsergebnissen in der Frage des Dammbaues vor der Friedrichskoogspitze, seiner etwaigen Weiterführung und der Sicherung der Insel Trischen angedeutet werden (vgl. Aufsatz RÖHRS und Abschnitt IV, 1 dieses Aufsatzes).

Die Umgestaltungen und Verlagerungen, die in dem Wattengebiet vor der Friedrichskoogspitze in kaum einem Jahre nach der Fertigstellung des Dammes eingetreten sind, gehen am anschaulichsten aus der Gegenüberstellung der beiden Luftbildschrägaufnahmen Abbildung 20 und 21 hervor. Der einstmals 7—9 m tiefe Altfelder Priel, den das Luftbild in Abbildung 19 in unmittelbarer Nähe des Deichfußes zeigt, ist heute im Dammbereich völlig versandet und verschlickt. Die hier in so kurzer Zeit natürlich abgelagerten Bodenmassen



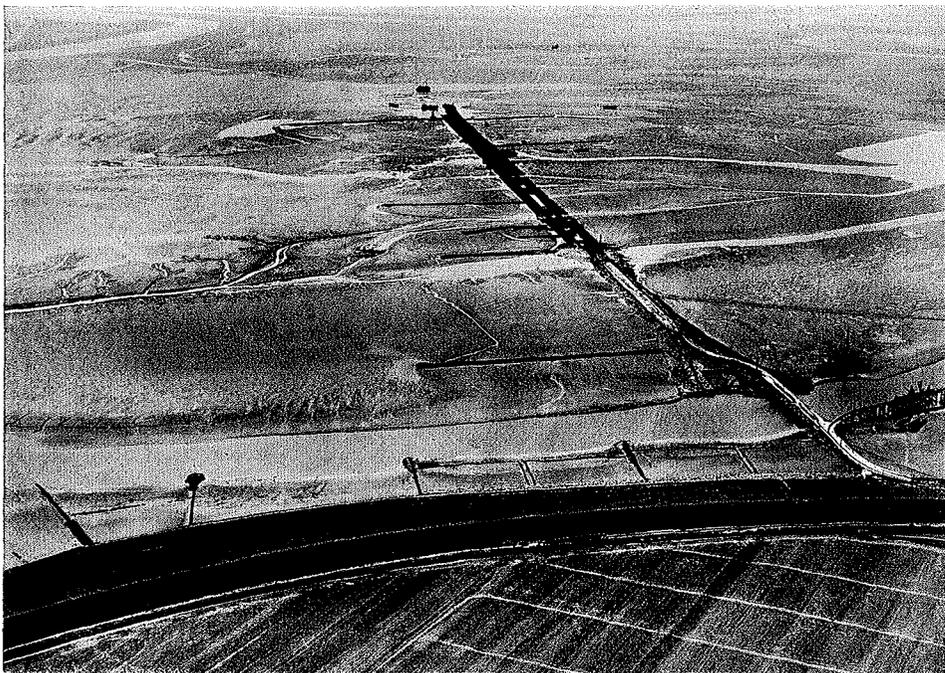
Bildarchiv
Westküste
B — b LIX, 39
Aufn. E. Wohlenberg,
12. Juni 1936

Abb. 18. Prielverlagerung nördlich der Hallig Helmsand mit Buschlahnung im Abbruch.



Bildarchiv Westküste
B — d 30
Aufn.
Hamburger Luftbild
13. Oktober 1933
Nr. 6227
Freigegeben R. L. M.

Abb. 19. Der Friedrichskoog ragt buhnenartig von der Küste ins Wattenmeer hinaus.
Links: die Meldorfer Bucht, vorne der noch nicht abgedämmte Altfelder Priel
in bedrohlicher Nähe vor dem Deichfuß.



Bildarchiv
Westküste
B — d 40
Aufn.
Hansa-Luftbild,
22. August 1935
Nr. 28342
Freigegeben
R. L. M.

Abb. 20. Damm vor der Friedrichskoogspitze während der Bauausführung.
Links: das Pottschiffloch, vorne der überbrückte Altfelder Priel.



Bildarchiv
Westküste
B — d 49
Aufn.
Hansa-Luftbild,
11. Juni 1937
Nr. 29641
Freigegeben
R. L. M.

Abb. 21. Damm vor der Friedrichskoogspitze nach der Fertigstellung. Der linke (südl.) Teil des abgedämmten Altfelder Priels ist versandet. Rechts: ein 1935 am tiefen Priel errichteter Pegeldalben, der bei T n w. jetzt bereits trocken fällt.

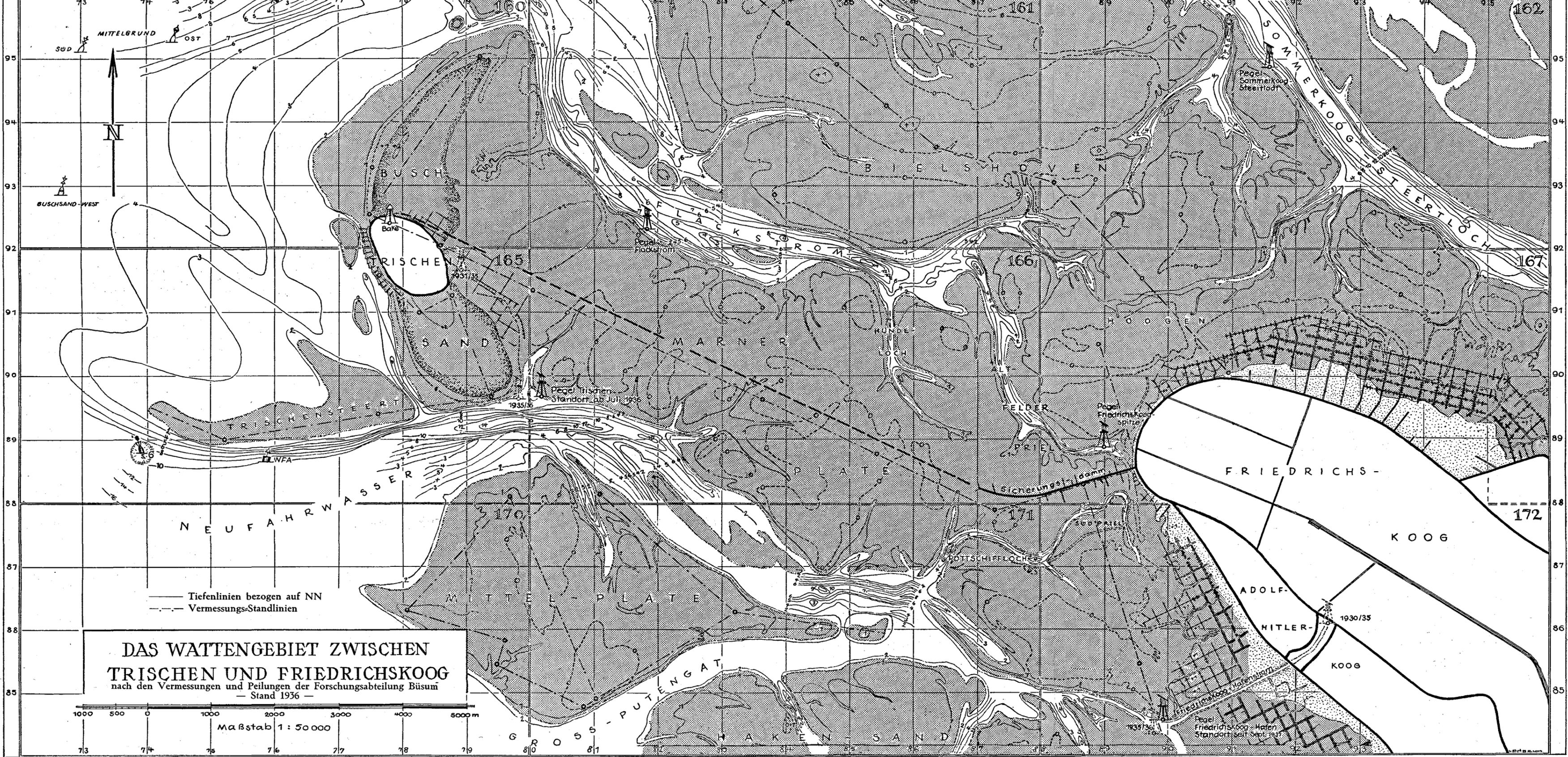
von rund 2 Mill. m³ müssen auch dann noch bedeutsam erscheinen, wenn man beachtet, daß der Priel an der Baustelle nach der Durchdämmung künstlich aufgespült worden ist. Auch auf den weiten Wattflächen zu beiden Seiten des Dammes sind günstige Ablagerungen festgestellt, sodaß die an das Bauwerk gestellten Erwartungen eingetreten sind.

Die Strömungen sind im allgemeinen auf den Watten durch den Dammbau verringert worden und damit die nachgewiesenen Sinkstoffbewegungen auf den meisten Flächen von örtlichen, vorläufig unbedeutenden Prielneubildungen abgesehen, günstig beeinflußt.

Stärkere Veränderungen sind bei den Gezeitenstrombewegungen der Hauptvorfluter dieses Gebietes, dem Altfelder Priel im Norden und dem Pottschißloch im Süden festgestellt worden. Eine künstlich schon beim Bau geförderte große Prielneubildung, die zur Entwässerung des nach der Abdämmung abgeschnittenen Südteiles des Altfelder Prieles erforderlich war, hat die nachgewiesenen großen Veränderungen der Gezeitenstromverhältnisse entscheidend eingeleitet und beeinflußt (vgl. Abb. 22). Die Ebbe- und besonders die Flutströmungen im sogenannten Pottschißloch südlich des Dammes haben sich durch die hierdurch bewirkte Vergrößerung ihres Einzugsgebietes um rund 265 ha nach der Bauausführung vergrößert. Sie überwiegen heute bereits die Stromkräfte im Altfelder Priel und sind noch im Zunehmen begriffen.

Während so südlich des Dammes die Räumungskraft und der Querschnitt des Pottschißlochs in gegenseitiger Abhängigkeit zunehmen, geht die Entwicklung nördlich des Dammes im Altfelder Priel in entgegengesetzter Richtung. Die durch die Abdämmung verringerte und weiter abnehmende Räumungskraft bewirkt hier eine wachsende Verlandung und Querschnitteinengung und damit wieder ein weiteres Abnehmen der Räumungskraft. Die hiernach erklärliche Steigerung der Spannung zwischen wachsenden Gezeitenstromkräften im Süden und abnehmendem Strom im Norden muß sich vor dem Dammkopf durch ein starkes Anwachsen der Wattüberströmungen auswirken. Die Strommessungen mit dem Floß haben 1936 nach der Fertigstellung des Dammes Geschwindigkeiten ergeben, die mit 0,80 m/sec um das Doppelte höher sind als die 1935 hier gemessenen Werte, und sich auch noch 1937 weiter vergrößert haben. Die angewachsenen Stromgeschwindigkeiten haben bereits Austiefungen bewirkt, die bei weiterem Fortschreiten eine Prielverbindung von Norden nach Süden und damit einen Durchbruch des Wattrückens vor dem Dammkopf zur Folge haben können. Eingetretene Abtragungen auf dem Watt an den Sicherungsmatten des Dammkopfes sind auf Abbildung 23 erkennbar, während Abbildung 22 eine Anschauung der Umlagerungen im Watt vermittelt.

In dem nebenstehenden Lageplan 1 : 50 000 ist das Wattengebiet zwischen Trischen und Friedrichskoog auf Grund der Vermessungen und Peilungen der Forschungsabteilungen nach dem Stande vom Jahre 1936 dargestellt. Die-



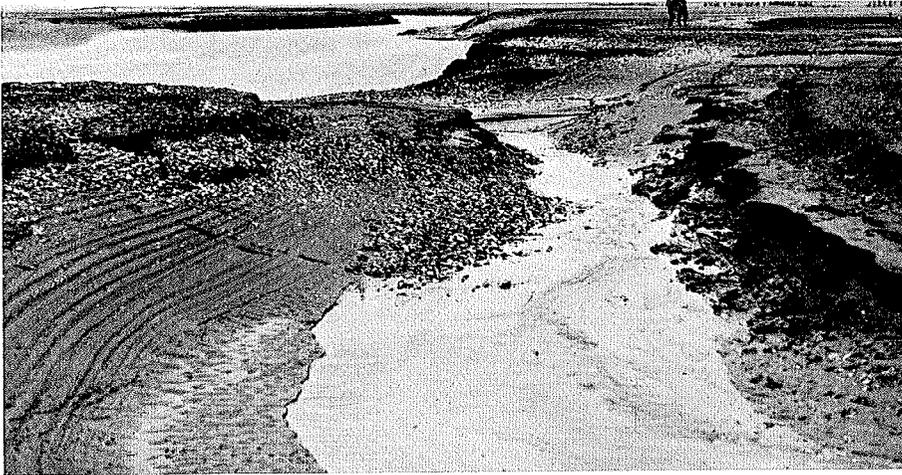
73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95

160 161 162 163 164 165 166 167 170 171 172

MITTELGRUND
 BUSCH
 SAND
 TRISCHEN
 NEUFÄHRWASSER
 MARNER
 PLATE
 FLACKSTROM
 BIJELSHOVEN
 HOOGEN
 FRIEDRICHSKOOG
 ADOLF-HITLER-KOOG
 SOMMERKOOG
 STEERTLOCH
 GROSSEPUTENGAT
 HAKEN-SAND

Pegel Trischen Standort ab Juli 1936
 Pegel Friedrichskoog Spitze
 Pegel Friedrichskoog Haren Standort seit Sept. 1937
 1935/36
 1930/35

Busch Sand West
 Busch Sand Ost
 Sicherungsdamm
 Spottschiffloche
 Südpateel
 Friedrichskoog Molenstern



Bildarchiv
Westküste
B - b II, 20
Aufn.
E. G. Haberstroh
7. Mai 1936

Abb. 22. Prielneubildungen südlich des Damms Friedrichskoogspitze lassen die hier wirksamen Kräfte erkennen.



Bildarchiv
Westküste
B - a 201
Aufn.
E. G. Haberstroh
27. Juni 1937

Abb. 23. Tiefgehende Wattabtragungen im Süden der mit Steinbelag beschwerten Buschmatte zur Sicherung des Dammkopfes.

ser Ausschnitt von neun Grundkarten der Wattaufnahmen soll eine Uebersicht über die Watt- und Prielformen und ihre vermessungsmäßige Erfassung in dem engeren Raum vermitteln, der für die Beurteilung einer Dammverbindung von Friedrichskoog nach Trischen notwendig ist. Die untersuchte Dammlinie ist in dem Lageplan stark gestrichelt eingetragen.

Die Stromgeschwindigkeits- und Sinkstoffmessungen auf der Marner Plate haben eine überwiegende Ueberströmung dieses Wattrückens von Norden nach Süden während der ganzen Tide ergeben. Nach einer anfänglichen Ueberflutung der Watten vom Flackstrom und vom Neufahrwasser ist ein Gefälle von Norden nach Süden vorhanden, das auch noch über Hochwasser hinaus ein ununterbrochenes Ueberströmen in südlichen Richtungen bewirkt. Eine eingehende Berechnung der Wassermengen aus den gemessenen Geschwindigkeitswerten hat für mittlere Tideverhältnisse eine Ueberströmungsmenge der Marner Plate von 28,9 Mill. m³ vor dem Dammbau (1935) und von 24,5 Mill. m³ nach dem Dammbau (1936) je Tide ergeben. In dieser Gegenüberstellung, die abschnittsweise für verschiedene Querschnitte durchgeführt ist, wurde gleichzeitig in dem 1150 m breiten Bereich vor der Dammspitze eine Zunahme der Ueberströmung von 4,5 Mill. m³ (1935) auf 7,9 Mill. m³ (1936) nach dem Dammbau festgestellt. Sie ist durch eine Vertiefung des Ueberströmungsquerschnittes infolge der Watabtragungen und durch eine Zunahme der Geschwindigkeiten verursacht.

Mit der Ueberströmung der Marner Plate gehen auch erhebliche Sinkstoffmengen nach Süden und damit für die Landgewinnung in der Meldorfer Bucht sehr wahrscheinlich verloren. Rechnet man mit einem mittleren Sinkstoffgehalt von 50 mg/l, einem Wert, der nach den Messungen noch höher liegt, so würde das einen Verlust von $24,5 \text{ Mill. m}^3 \times 50 \text{ mg/l} = 1225$ to Trockengewicht Schlick je Tide bedeuten. Diese Mengen würden nach einer Dammverbindung bis Trischen nicht mehr den gleichen Weg nehmen können und vielleicht der Landgewinnung in der Meldorfer Bucht zugute kommen.

Im engen Zusammenhang mit den Untersuchungen darüber, ob der vorhandene Damm für Küstenschutz und Landgewinnung die dauernd beste Lösung darstellt, steht die Frage der dauernden Sicherung der Insel Trischen, die den Kopf des Dammes bilden würde. Durch die Bedeichung eines 82 ha großen Kooges, die im Jahre 1924—26 im Anschluß an die natürlichen, im Westen anstehenden Dünen ausgeführt worden ist, hat der Buschsand eine besondere Bedeutung erhalten. Die großen Sturmfluten vom 18. und 27. Oktober 1936 haben an dem Weststrand und den angrenzenden Dünen außerordentlich starke Sandabbrüche verursacht (vgl. Abb. 24). Es war in dem darauffolgenden Winter zu entscheiden, ob der bereits seit Jahren beobachtete Abtrag des Weststrandes der Insel durch Küstenschutzmaßnahmen aufgehalten und die Dünen durch Deckwerke gegen Sturmflutschäden gesichert werden sollten. Da es um die Sicherung einer zwar kleinen, aber fruchtbaren Land-



Bildarchiv
Westküste
B — a 148
Aufn.
E. G. Haberstroh
23. Okt. 1936

Abb. 24. Sturmschäden am Weststrande von Trischen nach der Flut vom 18. Oktober 1936. Das leichte Deckwerk ist zerstört, die Bühnen sind hinterspült und die Dünen bis zu 30 m Breite von der Sturmflutbrandung abgetragen.

fläche ging, die Kosten für vorläufige Sicherungsmaßnahmen zu rund 2 Mill. RM veranschlagt waren, mußte die Entscheidung auch hier auf das sorgfältigste überlegt werden.

Durch die Untersuchungen, über die noch einmal gesondert zu berichten sein wird, ist festgestellt worden, daß Trischen nur als Teil des großen Buschandes betrachtet und gesichert werden kann. Die für zurückliegende Jahrzehnte nachgewiesene ständige West-Ost-Wanderung dieses Sandes ist aber durch bauliche Maßnahmen mit vertretbaren Kosten nicht aufzuhalten. Der Buschsand besitzt für den Küstenschutz des Festlandes insofern eine Bedeutung, als seinem Bestande auch die Marner Plate sehr wahrscheinlich ihren ununterbrochenen Zusammenhang vom Festlande bis zur Insel verdankt. Für ein gänzliches Verschwinden des Buschandes besteht, abgesehen von den nachgewiesenen Verlagerungen, keine Gefahr. Je stärker aber der Sand sich der Küste nähert, desto mehr wird er an Bedeutung als Schutzwerk für die Küste gewinnen. Eine Ausführung großer und teurer Sicherungsbauten, die selbst bei schwerster Durchbildung noch keine Gewähr für einen dauernden Erfolg bieten können, ist daher nicht für vertretbar gehalten worden.

Durch die ausgeführten Untersuchungen ist ein klares, hier nur kurz angedeutetes Ergebnis erzielt worden, das uns in den Stand gesetzt hat, die Küstenschutzbauwerke nicht als Einzelmaßnahmen, sondern in ihrem Zusam-

menhang mit den großen Umlagerungen, den Gezeitenbewegungen und den sich daraus ergebenden Notwendigkeiten im größeren Raum des Wattenmeeres zu erkennen und entsprechend zu beurteilen.

Neben den allgemeinen und den besonderen Untersuchungen im Raume Friedrichskoog—Trischen mußten Sonderuntersuchungen unter anderem im Eidermündungsgebiet ausgeführt werden. Diese Arbeiten sind zunächst auf die wichtigsten örtlichen Messungen und Gezeitenbeobachtungen beschränkt. Sie werden vorläufig als Unterlagen für einen Modellversuch vom Eidergebiete, der bei der Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau in Berlin ausgeführt wird, verwertet. Durch diese Untersuchungen sollen Grundlagen für die Planung größerer Landgewinnungsmaßnahmen und eine etwaige Festlegung der Eider als Seewasserstraße gewonnen werden.

Die Aufgaben und der Umfang der geleisteten und noch durchzuführenden Forschungsarbeiten werden durch die besonders gelagerten Verhältnisse in der Marsch und im Wattenmeer der Nordsee einerseits und durch die Größe der Westküstenaufgabe andererseits bestimmt. Von der Forschung, der Planung und Ausführung aller Baumaßnahmen des Küstenschutzes, der Landgewinnung und der Marschentwässerung bis zur Nutzung und Besiedlung des Landes stellen alle Aufgaben an der Westküste eine geschlossene Einheit dar.

VI. Zusammenfassung.

Der vorliegende Bericht gibt einen Ueberblick über die Forschungsarbeiten im Dithmarscher Wattenmeer zwischen Eider und Elbe, die seit drei Jahren von der Forschungsabteilung in Büsum unter Leitung der Zentralstelle für die Untersuchungen an der schleswig-holsteinischen Westküste beim Oberpräsidium in Kiel planmäßig durchgeführt werden. Zweck der Arbeiten ist die Feststellung der hydrologischen, geologischen und biologischen Grundlagen für die Planung und Durchführung der Baumaßnahmen zur Landerhaltung, Neulandgewinnung und Marschentwässerung.

Durch eingehende Untersuchungen werden die Ursachen der ständigen Veränderungen an der Küste, die Umlagerungen im Wattenmeer festgestellt und die Bedingungen der Neulandbildung erforscht. Die Bearbeitung dieser Aufgaben geht aus von einer genauen Bestandsaufnahme der gegenwärtigen und früheren Oberflächenform des Wattenmeeres, der wirksamen Gezeitenstromkräfte und des Sinkstoffhaushaltes.

Die umfassende Bestandsaufnahme des gesamten Wattenmeeres durch lage- und höhenmäßige Vermessung und Peilung ist bereits für große Flächen, besonders in dem Raume zwischen Elbe und Norderpiep fertiggestellt. Durch Luftbildaufnahmen ist eine erste Uebersicht nahezu über das gesamte Arbeitsgebiet der Forschungsabteilung Büsum gewonnen worden.

Zur Erforschung der Gezeitenbewegung werden umfangreiche Wasserstandsbeobachtungen mit Hilfe von Schreib-, Tassen-, Hilfs- und Hochsepegeln zwischen Elbe und Eider durchgeführt. Die Gezeitenstromkräfte sowie die Sand- und Sinkstoffbewegungen werden durch Strommessungen in den großen Strömen und Prielen sowie auf den Wattflächen festgestellt. Sie haben für alle Zweige der Forschung ausschlaggebende Bedeutung.

Eingehende geologische Untersuchungen haben den Aufbau und die erdgeschichtliche Entwicklung des Alluviums von Dithmarschen klargestellt.

Die biologischen Grundlagen der Landgewinnung sind der Gegenstand umfassender wissenschaftlicher Forschungsarbeit, die bereits praktisch durch Kulturmaßnahmen für die Beschleunigung der Neulandbildung nutzbar gemacht werden konnte.

Nach einem Ueberblick über den Stand der Forschungsarbeiten werden einige Ergebnisse von Untersuchungen mitgeteilt, die sich mit der Auswirkung einer Sicherungsmole vor der Friedrichskoogspitze, der Frage einer Dammverbindung vom Festland nach Trischen und der Sicherung des Buschandes befassen.

Biologische Kulturmaßnahmen mit dem Queller (*Salicornia herbacea* L.) zur Landgewinnung im Wattenmeer.

Von Erich Wohlenberg.

Inhalt.

I. Einführung	
A. Grundsätzliche Richtlinien zur angewandten Biologie an der Nordseeküste	53
B. Das Wattenmeer-Laboratorium in Büsum	55
II. Das natürliche Salicornietum an der Nordseeküste	
A. Die Samenerzeugung	57
B. Die Samenstreuung und Samenverbreitung	58
C. Der dynamische Zustand im Salicornietum der Küste	60
III. Die praktischen Kulturmaßnahmen mit dem Queller	
A. Voruntersuchungen	62
B. Samengewinnung im Großen	
1. Ernte und Lagerung der Mutterpflanzen	64
2. Drusch und Spülung	66
3. Keimfähigkeit	69
4. Folgen am abgeernteten Standort	70
C. Die Technik der Ansaat	
1. Der Watt-Drillschlitten	70
2. Die Drillschar	72
3. Die Drillkufe	75
D. Die Abhängigkeit der Ansaat von den Eigenschaften der Wattablagerungen	
1. Chemische Standortseigenschaften	76
2. Physikalische Standortseigenschaften	
a) Wassergehalt und Korngrößen Aufbau der Sedimente	80
b) Ueberflutungsdauer und Wasserbewegung	82
3. Die biologische Eignung der Standorte	84
E. Durchführung und Ergebnisse der künstlichen Ansaat	
1. Die mengenmäßige Nutzleistung	89
2. Die natürliche Nachfolgeschaft der künstlichen Impfreiheiten auf Sand- und Schlickwatten	93
3. Ansaat und dynamischer Zustand	98
IV. Zusammenfassung und Folgerungen für die praktische Landgewinnung	101
Schriftenverzeichnis	

I. Einführung.

A. Grundsätzliche Richtlinien zur angewandten Biologie an der Nordseeküste.

Auf allen Gebieten der Wissenschaft tritt heute in Deutschland die Forschung mehr und mehr aus ihrem früher vorherrschenden Aufgabenkreis heraus auf eine breitere Ebene, um sich großen nationalen Zielen sinn- und zweckvoll einzugliedern. Bei einer solchen Ausrichtung auf handgreifliche Ziele fallen dem Forscher zweierlei Aufgaben zu, erstens: die wissenschaftlichen Grundlagen überhaupt erst einmal zu schaffen, und zweitens: die aus ihnen gewonnenen Erkenntnisse auf breiter Grundlage in praktische Arbeit und darüber hinaus in praktischen Gewinn umzusetzen. Die dem Forscher bei einer solchen Eingliederung im Vergleich zur Tätigkeit des sogenannten „freien“ Wissenschaftlers auferlegten Bindungen bedeuten nichts angesichts der beglückenden Aufgabe, mit dem Gelernten und Erfahrenen, vor allem aber mit dem im neuen Arbeitsbereich noch zu Erdenkenden, an der Erringung eines großen Zieles zum Wohle der gesamten Nation mithelfen zu dürfen.

Die Aufgabe der Westküstenarbeit heißt: Landerhaltung und Landgewinn! Diese beiden Worte umfassen ein Arbeitsvorhaben, wie es dringender und zeitgemäßer nicht gedacht werden kann.

Entsprechend der natürlichen Ordnung der Verlandungserscheinungen am Wattenmeer fällt eine Teilaufgabe dieser großen Aufgabengruppe „Landerhaltung und Landgewinn“ der biologischen F o r s c h u n g und in aufgabengemäßer Weiterführung der biologischen P r a x i s zu.

Es ist eine allgemein bekannte und anerkannte Tatsache, daß die natürliche Verlandung des Wattenmeeres mit Hilfe der dort beheimateten Wattpflanzen erfolgt. Ueber die Vorgänge aber, in denen die Verlandung in ihren Einzelercheinungen abläuft, ist man nur schlecht unterrichtet, so daß auf viele Fragen, die für die Landbildung und damit auch für die Landgewinnung von grundsätzlicher und entscheidender Bedeutung sind, keine Antwort gegeben werden kann.

Bei der Landgewinnung geht es nicht allein darum, an der Küste möglichst viel Sand oder Schlick anzuhäufen, sondern auch dafür Sorge zu tragen, daß diese Grundstoffe einer bestimmten E n t w i c k l u n g unterworfen werden. Diese Entwicklung ist eine natürliche, jedoch keine im anorganischen Sediment allein ruhende, sondern sie wird hervorgerufen und getragen von einer Unzahl kleinster, eng miteinander gekoppelter biologischer Kräfte. Mit ihnen einher gehen eine Reihe im Einzelnen noch nicht bekannter chemischer Umsetzungen und struktureller Veränderungen. Es ist daher notwendig, sich von der ebenso einfachen wie bequemen Vorstellung freizumachen, daß das Watt vor unseren Deichen nichts anderes darstellt, als eine bloße Anhäufung von mehr oder weniger schlickigen Sandmassen. Diese stellen — mengenmäßig

gesehen — zwar den Hauptanteil dar, aber sie bilden nur den Rohstoff, der erst dann der Gewinnung würdig wird, wenn er nach Zusammensetzung und Höhenlage durch biologische und chemische Vorgänge die oben genannte Entwicklung durchgemacht hat. Die in diesem Ablauf vor sich gehenden Umwandlungen und Anreicherungen heben, zusammen mit den laufenden Beimengungen toniger und aus dem Wasser absinkender organischer Stoffe, den Wattsand aus dem Zustand der rohen Ablagerung heraus und leiten seine Entwicklung zum Boden ein.

Unter dem Einfluß der früheren Forschungsergebnisse aus dem Wattenmeer sind wir daran gewöhnt, die Leistung der Lebewesen für die Landbildung erst von der Verlandungszone an zu würdigen. Das kommt daher, weil sie dort am sinnfälligsten in Erscheinung tritt. Aber die Wirkung der Lebewesen erschöpft sich nicht in derjenigen der höheren Pflanzen, sondern sie umfaßt alle, gleichgültig ob Tier oder Pflanze, abwärts über die Algen bis zu den mit bloßem Auge nicht mehr erkennbaren Mikroorganismen des Wassers und der Sedimente. Die eigentliche Verlandungszone ist in diesem Haushalt lebendiger und toter Stoffe nur das Schlußglied einer langen Kette. Die Vorgänge in dieser Entwicklungsreihe berechtigen zu der Aussage, daß bereits im nackten Watt in gewissem Sinne eine Art „Bodenbildung“ vorhanden ist.

Von dieser breiteren Grundlage her ordnet sich die biologische Fragestellung ein in das große und schwierige Forschungsgebiet der Landentstehung als einen an unserer Küste naturgegebenen Zustand. Eine der neuen Aufgaben des Biologen an der Westküste ist, den natürlichen Entwicklungsgang unserer Seemarschen zu fördern und zu beschleunigen. Damit wird er mitten hineingestellt in die von der Natur vorgeschriebene und darum gesetzmäßige Entwicklungsreihe vom Watt zum ersten grünen Vorland. Die Stellung des Biologen zu den Fragen der Landgewinnung ist eine vielseitige und denkbar eng mit den elementaren Erscheinungen des Wattenmeeres verbundene. Wesen und Maß der biologischen Betätigung im Rahmen der Westküstenaufgaben werden durch die natürliche Ordnung bestimmt.

Jedem Lebewesen sind bekanntlich in der Natur bestimmte Grenzen für die Entfaltung seiner Lebensäußerungen gesetzt. Innerhalb dieser Grenzen richtet es vielfach eindeutig erkennbare und bestimmbare Ansprüche an den von ihm besiedelten Lebensraum. So auch im Wattenmeer. Alle Organismen haben einerseits durch ihre bloße Existenz, andererseits durch den Ablauf ihrer Lebenserscheinungen eine Bedeutung für die Vorgänge bei der Verlandung, und zwar stets eine an ihre Art gebundene; sie verfügen alle über eine individuelle Leistung für den Auf- oder Abbau der Watten. Hieraus ergibt sich, daß erst einmal die Gesamtheit der im Wattenmeer lebenden Organismen in den Kreis der biologischen Forschung einbezogen werden muß. Erst dann ist die Gewähr dafür gegeben, die gewonnenen Einzelerkenntnisse nutzbringend anzuwenden. Dazu bedarf es nicht nur der Kenntnis der im Wattenmeer leben-

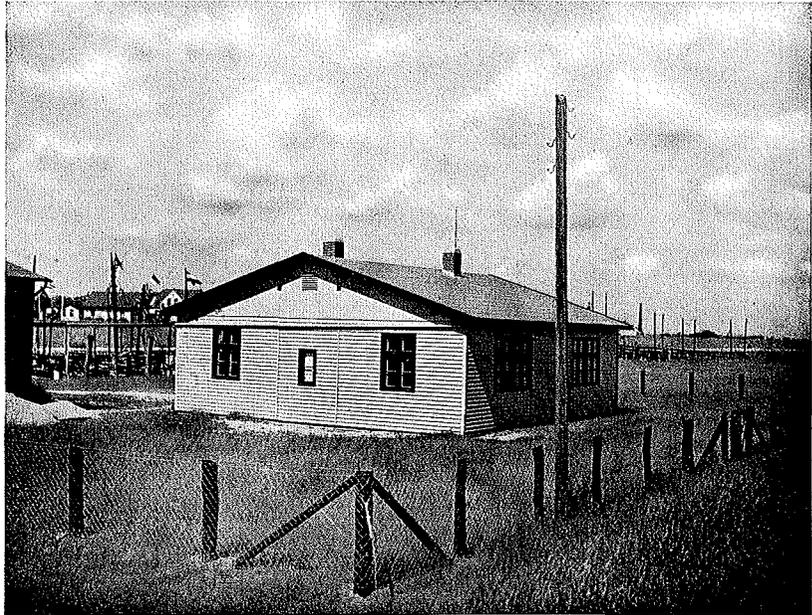
den Pflanzen und Tiere als solcher, sondern darüber hinaus erwächst die Aufgabe, die Lebensweise unter verschiedenen Standortbedingungen, den Lebensablauf des Einzelindividuums sowohl als auch ganzer Gesellschaften, das Vergesellschaftungsbestreben der Arten untereinander, ihre Verbreitung in der Landschaft, sowie die physikalischen und chemischen Eigenschaften ihrer Wohn- und Lebensbezirke klarzulegen. Erst auf Grund dieser Erkenntnisse sind die Voraussetzungen für die planmäßige Nutzenanwendung eines bestimmten, ausgewählten Lebewesens oder einer Organismengruppe erfüllt. Nur so ruht die Beurteilung und Einschätzung der Leistung auf einer sicheren, wissenschaftlich erarbeiteten Grundlage. Nach Erfüllung dieser Voraussetzungen steht und fällt die praktische biologische Arbeit mit der Innehaltung des ebenso einfachen wie klaren Grundsatzes: Mit natürlichen Mitteln die Willkür der natürlichen Kräfte zu lenken, ihr Maß zu steigern und nutzbar zu machen! Auf dieser engen Bindung zum naturgegebenen Gegenstand beruhen Stärke und Umfang, aber auch die Beschränkung der biologischen Arbeitsweise. Die Grenzen sind von der Natur gesetzt, sie müssen innegehalten werden. So hat durch sie der praktische Einsatz des jüngsten Zweiges der Meeresbiologie eine klare Zielsetzung und auch seine Begrenzung gefunden.

B. Das Wattenmeer-Laboratorium in Büsum.

Den neuen Aufgaben gegenüber bestand das dringende Bedürfnis nach einer an der Küste gelegenen Arbeitsstätte. Sie forderten von vornherein die ökologische Ausrichtung der gesamten Wattbiologie und, zur folgerichtigen Erfüllung der arbeitstechnischen Grundlagen, die standortnahe Lage der Arbeitsstätte. So wurde im Herbst 1934 vom Gauleiter und Oberpräsidenten der Provinz Schleswig-Holstein der Bau eines Wattenmeer-Laboratoriums verfügt. Allseitig von Watt und Wasser umgeben, wurde es in Büsum auf der dem Orte nach Süden vorgelagerten Hafensinsel im Mai 1935 errichtet (Abb. 1). Entsprechend der voraussichtlichen Entwicklung und künftigen Aufgabenstellung der Wattenforschung erhielt das Laboratorium durch den Bau einer zerleg- und versetzbaren Holzbaracke von vornherein den Charakter eines vorübergehenden Stützpunktes. Den späteren Bedürfnissen entsprechend sollte eine Versetzung an andere Punkte der Küste möglich sein.*)

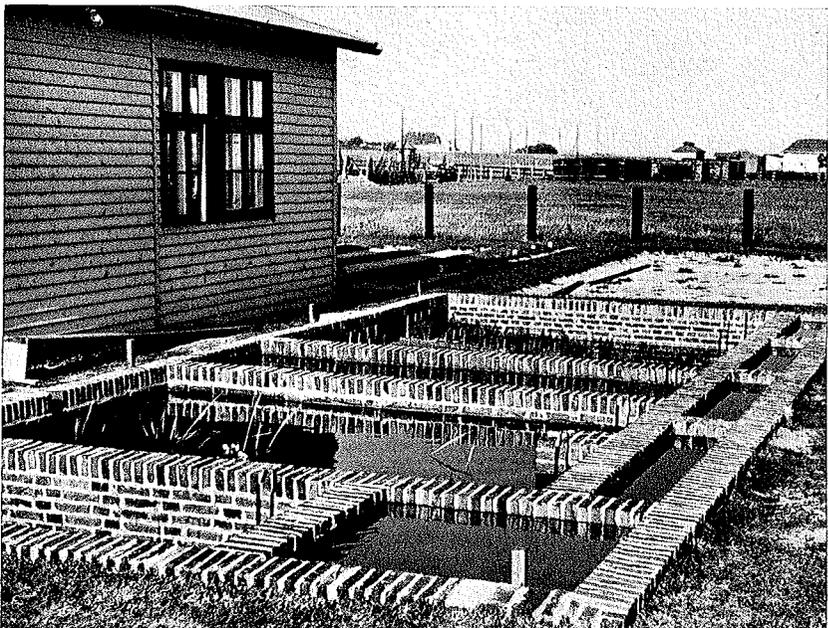
Auf einer Grundfläche von 100 qm enthält das Laboratorium vier Arbeitszimmer, eine Dunkelkammer und einen Wägeraum. Jedes Arbeitszimmer ist mit großen Fenstern versehen und besitzt einen See- und Süßwasseranschluß. Die wissenschaftlich-technische Ausstattung der Räume wurde bestimmt durch die Art der zu erledigenden Aufgaben. Da diese nicht von einem einzigen wissenschaftlichen Fachgebiet zu erledigen waren, mußten auf kleinem Raum viel-

*) Am 1. April 1938 ist der Personal- und Sachbestand des Büsumer Laboratoriums auf die Forschungs-Abteilung Husum übergegangen. Zwei wissensch. Arbeitsplätze und die Freiland-Gezeitenanlage für Wattkulturen bleiben einstweilen in Büsum bestehen.



Bildarchiv Westküste
B — a 595

Abb. 1. Das Wattenmeer-Laboratorium der Staatl. Forschungsabteilung in Büsum.



Bildarchiv Westküste
B — b LXXIV/2
Aufnahmen
E. Wohlenberg

Abb. 2. Die Freilandkulturanlage mit künstlicher Gezeitenbewegung beim Laboratorium in Büsum. Es ist gerade „Hochwasser“. Links: Die verschieden tiefen Kulturbecken. Rechts: Der Bestauungskanal.

seitige Untersuchungsmöglichkeiten geschaffen werden. Hierdurch und vor allem durch die unmittelbare Lage im Untersuchungsgebiete unterscheidet sich das Büsumer Laboratorium von anderen, für den Zweck angewandter Aufgaben errichteten wissenschaftlichen Arbeitsstätten. Es wurde zur Hauptsache für die biologische, daneben aber auch für die geologische und bodenkundliche Arbeitsrichtung ausgestattet. Eines der Arbeitszimmer dient gleichzeitig als Kulturraum für biologische Versuche, während ein anderes mit einer sechsteiligen Schlammvorrichtung nach ATTERBERG und SCHÖNE ausgestattet ist. Für Veraschungsanalysen ist ein Abzug mit Propangas-Feuerung vorhanden. Das Vorbereiten und Trocknen der zu untersuchenden Bodenproben erfolgt in einem elektrischen, selbsttätig auf plus und minus 1 Grad einzustellenden Trockenschrank. Für Plankton- und Sinkstoffuntersuchungen ist eine Standzentrifuge mit einem Umdrehungsvermögen von 3000/Min. auf einer massiven Untermauerung aufgestellt. Die serienmäßigen Wägungen für die Sinkstoffuntersuchungen werden auf einer Schnelldämpfungswaage (Bunge) im besonderen Wägeraum durchgeführt.

Die zur Hauptsache am natürlichen Standort angelegten Versuchskulturen werden beim Laboratorium in einer erstmalig errichteten künstlichen Gezeitenanlage ergänzt und wiederholt. Abbildung 2 läßt die Anordnung der verschieden tiefen, mit verschiedenen Wattarten beschickten Becken erkennen. Ebbe und Flut werden hierin dem natürlichen Rhythmus entsprechend nachgeahmt. Da die ökologischen Faktoren im freien Wattenmeer versuchsmäßig nicht einzuengen oder abzuändern sind, ist der Anlage die Aufgabe zugefallen, eine Auslese unter den verwickelten ökologischen Standortseigenschaften unter sonst gleichbleibenden kosmischen Bedingungen zu erzielen. Es handelt sich um die Einengung der Hauptfaktorengruppen Ueberflutungsdauer—Wasserbewegung einerseits und Bodenaufbau andererseits. Ueber die Ergebnisse dieser Gezeitenanlage wird später berichtet werden. Durch die Lage des Laboratoriums direkt am Watt und die Möglichkeit, die Versuche im freien Gelände mit den Ergebnissen der Gezeitenanlage ständig zu vergleichen, sind die Voraussetzungen für eine den Aufgaben entsprechende Arbeitsweise geschaffen worden.

Im folgenden wird über ein Teilgebiet der angewandten biologischen Forschung an der Westküste berichtet.

II. Das natürliche Salicornietum der Nordseeküste.

A. Die Samenerzeugung.

In einer ersten dynamisch gerichteten Untersuchung des Salicornietums als Pioniergesellschaft (WOHLENBERG, 1933) wurde die Samenerzeugung der Initial- und Optimalphasen behandelt. Auf Grund umfangreicher Zählungen wurde für die obere Optimalphase eine Samenzahl von etwa 250 000 für den Quadratmeter genannt. Es handelt sich hierbei nicht um eine

Höchstzahl. Aber selbst wenn die Durchschnittszahl erheblich kleiner eingesetzt würde, etwa mit 150 000, und man einen örtlich begrenzten Küstenabschnitt (um nicht etwa die ganze Küste mit Tausenden von Hektar einsetzen zu müssen) auf seine Samenerzeugung veranschlagen würde, so käme man — wie so oft in der Meeresbiologie — sehr schnell zu legionenhaften Zahlen. Nehmen wir zum Beispiel die gut vorstellbare Ausgangsfläche von einem Hektar, so würde eine durchaus normale Optimalphase dieser Flächengröße 1,5 Milliarden Samen jährlich hervorbringen. Wir sehen also, daß der Queller als Glied der Chenopodiaceen-Familie selbst am unwirtlichsten Standort — im Gezeitenbereich der Nordsee — einen guten Vertreter seiner Sippe hinsichtlich der Samenerzeugung darstellt, das heißt unter dem hier in Frage kommenden Gesichtspunkt der *m ö g l i c h e n* Vermehrungsziffer. Die Lebenskraft des *Salicornietums* ist in der Tat achtunggebietend.

Nun drängen sich angesichts solcher Zahlen mit Recht zwei Fragen vor, erstens: wo verbleiben diese Samenmengen, und zweitens: warum sich noch der Mühe der künstlichen Ausbreitung unterziehen, wenn der natürliche Samenüberschuß schon so gewaltig ist? Besonders die zweite Frage ist dem Verfasser vor und während der ersten Versuchsjahre immer wieder entgegengehalten worden. Man vertrat den Standpunkt, daß sich der Queller ganz von selber einstelle, und daß das Bestreben, die Watten mit Hilfe künstlicher Ansaaten eher zum Verlanden zu bringen, nicht den Erfahrungen an der Küste entspräche. Dagegen sollen an dieser Stelle nur zwei Gegenfragen gestellt werden, nämlich:

1. Gewiß, der Queller kommt auf natürliche Weise, aber *w a n n* kommt er?!

und 2. In welchem Umfang erscheint die Initialphase und mit welcher *S t o ß k r a f t* schiebt sie sich in die nackten Wattzonen vor?

Denn, die Westküstenaufgabe heißt ja nicht nur, Land überhaupt zu schaffen, sondern schnell, das heißt in befristeter Zeit eine möglichst große und wirtschaftlich ergiebige Fläche zu gewinnen.

B. Samenstreuung und Samenverbreitung.

Innerhalb des umfangreichen Queller-Schrifttums berichten lediglich BUCHENAU und FOCKE (1873) und der Verfasser (1933) darüber, daß die Samen des Quellers „keineswegs leicht ausfallen“. Von einer Samenstreuung im eigentlichen Sinne des Wortes kann beim Watt-Typus, *Salicornia herbacea f. stricta*, überhaupt nicht die Rede sein. Der Watt-Typ^{*)} streut gar nicht, sondern die Samen werden durch langsame Zersetzung des parenchymatischen Gewebes allmählich frei. Das chlorophyllhaltige Gewebe stirbt nach der Samenreife im Laufe des Herbstes und Winters ab und wird

*) Die Typen und Formen und deren standortliche Bedingtheit sind Gegenstand eingehender Untersuchungen, worüber später zu berichten sein wird (KÖNIG).

weiterhin durch die für das Wattenmeer bezeichnenden Wechselvorgänge wie Ueberflutung, Trockenfallen, Aussüßung, Salzanreicherung, Bewegung durch Wind, Wellen, Strömung, Tiere u. a. so weit zersetzt und mürbe, daß die Samen leicht vom Wasser herausgewaschen werden können.

Wohl gibt es Quellerformen, deren Samen nach dem Absprengen der Perigondeckel herauspringen oder vom Wind herausgeschleudert werden. Diese Formen stehen jedoch nicht so tief im Gezeitenbereich, daß sie täglich vom Meerwasser durchtränkt werden. Der Watt-Typ *Sal. herb. f. stricta* verhält sich stets anders während der Samenreife, nicht nur im Watt, sondern auch an höher gelegenen Standorten. Die Perigondeckel werden bei dieser Form nicht ohne weiteres frei, sondern der Samen verharrt auch nach der Reifung noch lange in der Umklammerung des sich immer enger um das zentrale, verholzte Leitbündel zusammenziehenden Gewebes, nachdem dieses keinerlei Blattgrün mehr enthält. So kommt es, daß man noch im Frühjahr viele Pflanzen des Vorjahres mit einem Teil der Samen besetzt findet (WOHLENBERG, 1933). In der Regel natürlich verläßt der Hauptteil der Samen die Mutterpflanze während des Herbstes und Winters. Nach und nach werden die Fruchtaschen leer. Gerade in dem Umstand, daß dieser Vorgang kein augenblicklicher ist, sondern die Pflanze erst im Laufe der Herbst- und Wintermonate ihre Samen freigibt, liegt eine besondere, bisher vollkommen unbeachtet gebliebene Eigenschaft der Wattform „*stricta*“. Würde nämlich aller Samen schon im Reifemonat Oktober frei, so könnte gegebenenfalls eine einzige ungünstige Flut den ganzen Samenvorrat entführen und durch standortfremde Ablagerungen vernichten. Beim Watt-Typus ist eine solche Gefahr infolge der Art und Weise der Samenabgabe nicht vorhanden. Finden im Oktober Samenverluste statt, so können diese zum Teil in den nächsten Monaten durch Nachschübe ergänzt und wieder gutgemacht werden.

Die durch die „Verwitterung“ freigewordenen Samen werden danach zum größten Teil willkürlich vom Wasser verfrachtet. Sie gelangen zum Teil mit dem Ebbstrom hinaus in die tieferen Wattströme und in diesen unter Umständen sogar bis in die offene Nordsee, zum Teil aber auch in das eigene Herkunftsgebiet, nämlich in die ohnehin dicht besiedelte obere Verlandungszone, auf den Vorlandrasen oder als Spülsaum an den Deichfuß, während ein letzter Teil, vielleicht der geringste, auf den bisher nackten Wattflächen zur Ablagerung kommt. Von diesen letztgenannten Samen wiederum findet nur ein bestimmter Teil solche Gebiete, welche die für das Gedeihen des Quellers notwendigen Bedingungen bieten. Es wird also nur mit einem kleinen Prozentsatz zu rechnen sein, der schließlich in dem für das *Salicornietum* geltenden Bereich verbleibt und unter günstigen Ueberwinterungsbedingungen im folgenden Jahre die Initialphase verkörpern kann. Daß diesem Samenvorrat außerdem noch erhebliche Verminderungsfaktoren begegnen, soll der Vollständigkeit halber erwähnt werden. Sie werden weiter unten behandelt. Wir sehen also,

welch große Anzahl *negativer* Verbreitungsumstände dem auf den ersten Blick übergroß erscheinenden Samenangebot gegenüberstehen.

Ohne Frage ist dem auf- und abflutenden Wasser die größte Bedeutung für die Samenbeförderung zuzuschreiben, so daß die Art der Strömung für die natürliche Besamung neuer Vegetationsgebiete die größte Bedeutung hat. Ist die Strömung in der offenen Nordsee schon verwickelt und nicht von streng wiederkehrender Gesetzmäßigkeit, so erst recht im Wattenmeer. Die bei Hochwasser sehr häufig nur geringen Wassertiefen und die verwickelten Prielsysteme, sowie die jeweils herrschende Wetterlage sind Erscheinungen, die das Strömungsbild im Wattenmeer ganz erheblich beeinflussen und umgestalten können. Es gibt Standorte, die seit Jahren immer wieder große Samenüberschüsse erhalten, ohne daß sie verwertet werden können, andere dagegen, die jahrelang vergeblich auf die erste Besamung warten müssen. Dort gelangt der größte Teil der jungen Pflanzen infolge zu großer Besiedlungsdichte nicht über das erste Keimblattstadium hinaus, und hier kann die Initialphase aus Samenmangel nicht entstehen, obgleich dieser Standort längst all jene Bedingungen erfüllt, die für die Pioniergesellschaft erforderlich wären.

Diese soeben geschilderten Umstände bilden keine Seltenheit, sondern sind an allen Küstenabschnitten zu beobachten. Sie veranlassen uns, die Frage nach der Verbreitung des Quellers ökonomisch zu betrachten, aber die zeitweilig ausgesprochene Willkür in der natürlichen Samenverbreitung läßt keinerlei haushaltsmäßige Berechnung, viel weniger Verfügung zu.

C. Der dynamische Zustand im *Salicornietum* der Küste.

Die überschläglichen Untersuchungen über den Samenhaushalt der Küste haben erkennen lassen, daß sich Samennachfrage und Samenangebot durchaus nicht in einem harmonischen Gleichgewicht befinden, sondern daß von Gegend zu Gegend außerordentlich unregelmäßige und sprunghafte Verhältnisse die Regel sein können. Obwohl wir wissen, daß die Quellergesellschaft gerade in der einseitigen Ausbildung an unserer Nordseeküste eine mit einer hervorragenden Arealenergie ausgestattete Pflanzengesellschaft ist, unterliegt diese Eigenenergie — wie im vorhergehenden Abschnitt dargelegt wurde — doch in sehr starkem Maße dem einen, für die Erstbesiedlung vorwiegend entscheidenden Faktor *Strömung*.

Die Tatsache, daß es an der Küste Quellergebiete gibt, die auf verhältnismäßig kleinräumigen Zonen das Vielhundertfache dessen an Samen hervorbringen, was im günstigsten Falle zur örtlichen Neu- und Wiederbesiedlung überhaupt zu verwenden ist, ohne daß es zu einer wirksamen Gebietszunahme kommt, lenkt die Aufmerksamkeit auf die vorherrschenden Westwinde. Wenn gesagt wurde, daß die Winde die Strömungsrichtung besonders in den geringen Tiefen des Wattenmeeres beeinflussen, so ist in ihnen wegen ihrer vorherrschenden West-Ost-Richtung ebenfalls ein entscheidender Standortfaktor ge-

rade für die Westküste Schleswig-Holsteins zu sehen. Soll nämlich die Küste durch Verlandung westwärts gegen das Meer vorrücken, so gilt es, den gerade in entgegengesetzter Richtung wirkenden Verbreitungsfaktor zu überwinden. Hierfür steht der Quellergesellschaft als Ausgleich lediglich die übermäßig starke Erzeugung an Samen zur Verfügung.

Daß die Hauptrichtung der Samenvertriftung bei bestimmten Wetterlagen tatsächlich auf die Küste gerichtet ist, zeigen vor allem die herbstlichen und winterlichen Spülsäume, die mancherorts zum wesentlichen Teil aus angespülten Quellersamen bestehen. Würde die Samenvertriftung dagegen von Ost nach West, mithin auf das freie Meer zu, erfolgen, dann würden die Ueberschußgebiete ihren Reichtum in breiter Front an die bisher unbesiedelten, samenbedürftigen Wattflächen abgeben. Mit andern Worten, die Arealenergie der Quellergesellschaft würde erst dann — rein flächenmäßig gesehen — zu einer optimalen Entfaltung kommen können. Die geographischen Gegebenheiten sind jedoch einer solchen Entfaltung im Wege und müssen in Kauf genommen werden. Nunmehr erklärt es sich, daß das Salicornietum luvwärts nur sehr langsam, meistens nur im Schutz der strömungshemmenden bzw. -unterbindenden Landgewinnungswerke, an Boden gewinnt. Weite Gebiete werden schlecht mit neuem Saatgut versorgt, sie bleiben ständig aufnahmefähig, also ungesättigt. Recht bescheiden, ist die Versorgung fast an der ganzen Küste unzureichend. Oftmals sind äußerste Gegensätze einander unmittelbar benachbart. Der Vertriftungsfaktor ist stellenweise so entscheidend, daß selbst in unmittelbarer Nachbarschaft starker Ueberschußgebiete die Sättigung der anliegenden Wattflächen unterbleibt.

Unter diesen Gesichtspunkten muß der für das Quellerwachstum an sich geeignete Küstenstreifen wie folgt gegliedert werden:

- a) in Queller - B e d a r f s g e b i e t e
(vegetationslose, aber für das Salicornietum an sich geeignete Wattflächen, stets ungesättigt)
- b) in E i g e n v e r s o r g u n g s g e b i e t e
(örtlich gesättigtes Salicornietum mit keinem oder nur geringem Ausbreitungsvermögen)

und

- c) in U e b e r s c h u ß g e b i e t e
(natürliches, übersättigtes Salicornietum mit starkem Ausbreitungsvermögen).

Wenn es im Interesse einer beschleunigten Landgewinnung und Bodenbildung liegt, den Queller so früh und so dicht wie nur irgend möglich im freien Watt anzusiedeln, so gibt die vorstehende Gliederung nicht nur eine Vorstellung von dem Ausbreitungsbestreben der Verlandungsgesellschaft, sondern vor allem praktische Fingerzeige, in welchen Gebieten die Sättigung mit Queller eine vordringliche A u f g a b e ist. Zunächst wurde angenommen, daß

die Ueberschußgebiete für die Versorgung der unmittelbar benachbarten Bedarfsgebiete vollkommen ausreichend seien. Durch ergänzende Beobachtungen wurde indessen festgestellt, daß selbst ein vielfacher Ueberschuß für die Neubesamung sehr häufig wirkungslos sein kann. Die anfangs nur für die Queller-Bedarfsgebiete vorgesehenen künstlichen Maßnahmen sind danach also auch in den Eigenversorgungsgebieten und sogar — wenn auch in kleinerem Maße — in der Nähe besonders ungünstig gelegener Ueberschußgebiete durchzuführen.

In pflanzenkundlicher Hinsicht sei hervorgehoben, daß die oben durchgeführte Gliederung keine biologisch begründete ist. Sie entspringt lediglich dem praktischen Bedürfnis, das vom (nicht-biologischen) Standortsfaktor Strömung bestimmte Bild im Hinblick auf die praktischen Maßnahmen aufzuteilen. Die geschilderte dynamische Abstufung liegt also nicht in der Gesellschaft als solcher begründet, sondern allein in dem physikalisch und geographisch bedingten Faktor: Strömung.

Diese Feststellung bedarf gerade für die pflanzenkundliche Betrachtung immer wieder der Betonung, denn wir sind nicht der Ansicht, das Verbreitungsgebiet des Quellers durch Umgehung bzw. Ueberwindung der natürlichen Gegebenheiten beliebig erweitern zu können. Unter den ökologisch bedeutsamen Faktoren sind es besonders die Ueberflutungsdauer und die Wasserbewegung, die immer den Ausschlag geben werden. Stets werden diese den künstlichen Eingriffen eine feste, unverrückbare Grenze entgegensetzen. Aber der Verlandungsvegetation bis zu dieser Grenze alle Unterstützung zuteil werden zu lassen, ist die neue Aufgabe. In diesem Gebiet sollte alles getan werden, was der Bodenbildung und Landwerdung förderlich ist.

Im folgenden soll dargelegt werden, auf welche Weise die gestellten Aufgaben gelöst wurden.

III. Die praktischen Kultur-Maßnahmen mit dem Queller.

A. Voruntersuchungen.

Der sich mit dem Wattenmeer befassende Wissenschaftler teilt mit dem Bewohner der Küste die Ansicht, daß mit dem Auftreten des Quellers auf bisher nackten Wattflächen eine entscheidende Entwicklungsstufe im Verlandungsvorgang der Watten erreicht worden ist. Als im vorigen Jahrhundert die planmäßige Landgewinnung einsetzte, war man bestrebt, dem Queller als seit altersher wichtigster Pflanze so früh wie möglich Ansiedlungsmöglichkeiten zu verschaffen. Man ging dabei aber nicht von der lebenden Pflanze aus, sondern begnügte sich mit der Unterbindung örtlicher Strömungen in flachen Gebieten, weil die Erfahrung lehrte, daß damit auch die Vorbedingungen für den neuen Schlickfall erfüllt seien. Alsdann überließ man das Erscheinen des Quellers dem Zufall. Man dachte in erster Linie physikalisch.

Die überragende Bedeutung des Quellers für den gesamten Verlandungsvorgang beruht bekanntlich darauf, daß die Initialphase des *Salicornietums* mit größter Regelmäßigkeit — Ausfälle sind Ausnahmen — im Ablauf der genetischen Standortentwicklung die übrigen Phasen dieser Gesellschaft und auch der dann folgenden ausdauernden (*Puccinellietum*, *Armerietum*) nach sich zieht.

Durch frühere, vielfach bestätigte Beobachtungen auf den Watten der Eidermündung konnten folgende Feststellungen gemacht werden:

- 1) Der Quellerbestand ist von Jahr zu Jahr Schwankungen unterworfen,
- 2) überall sind Gebiete anzutreffen, auf denen man dem äußeren Anschein nach Quellerbesiedlung erwarten müßte,
- 3) der bisher so stark betonte ökologische Faktor Höhenlage (bezw. Ueberflutungsdauer) darf nicht zum alleinigen Maßstab der Ausbreitungsweise von *Salicornia* erhoben werden.

Es war von vornherein durchaus nicht zu entscheiden, ob die oben herausgestellten Befunde mehr oder weniger zufälligen äußeren Umständen oder auch irgendwelchen in der Pflanze oder in der Gesellschaftsfolge ruhenden, schwerer erfassbaren Ursachen zuzuschreiben seien. Wenn einerseits Klarheit darüber bestand, daß dem Experiment im freien Wattenmeer größere Schwierigkeiten entgegenstehen würden, so konnte andererseits dem reinen Laboratoriumsversuch zu wenig Ueberzeugungskraft beigemessen werden.

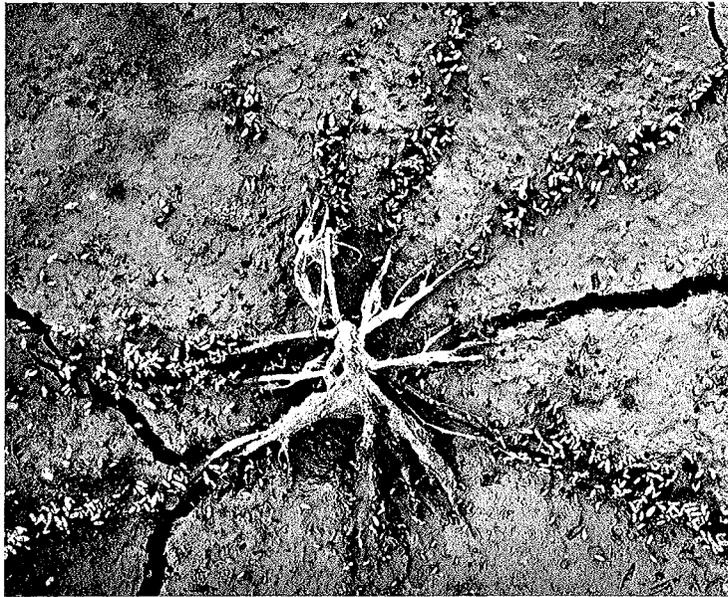
Von diesen Erwägungen ausgehend und auf der Grundlage der dynamischen Gliederung (WOHLENBERG, 1933), wurden im Jahre 1932 die ersten Ansaatversuche mit *Salicornia herbacea* im freien Gelände gemacht. Den persönlichen Mitteln entsprechend konnten diese Versuche nur in geringem Umfang zur Ausführung gelangen. Die kleinen Versuchsfelder befanden sich auf den Schlickwatten bei der Grünen Insel in der Eidermündung und auf den damals noch sandigen Watten nördlich vom Hindenburgdamm. Obwohl es sich in beiden Gegenden nur um wenige Quadratmeter Fläche fassende Versuchsbeete handelte, konnte der Nachweis erbracht werden, daß die Initialphase des *Salicornietums* auf künstlichem Wege auf bisher nackten Wattflächen einzuleiten sei. Im folgenden Jahre (1933) konnten die Versuche mit Unterstützung der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft wiederholt werden. Sie bestätigten das Ergebnis vom Vorjahre. Erst durch die Einbeziehung in den Zehnjahresplan des Gauleiters und Oberpräsidenten der Provinz Schleswig-Holstein (vgl. Heft 1 dieser Zeitschrift) erschienen diese Voruntersuchungen unter dem Gesichtswinkel großräumiger praktischer Anwendung. So kam es, daß sie zum Ausgangspunkt der ersten biologischen Landgewinnungsmaßnahmen wurden, als die Forschungs-Abteilung Büsum im Jahre 1934 eingerichtet wurde.

B. Samengewinnung im Großen.

Da Quellersaat bekanntlich im Handel nicht beziehbar ist, war die nächstliegende Aufgabe, den Samen in größeren Mengen zu gewinnen. Mit der gewonnenen Saat galt es, den bisherigen Versuchsrahmen zu erweitern, die Versuchsergebnisse auf verschiedenen Wattarten zu prüfen und die ersten Erfahrungen für den Ausbau der neuen Methode als Ergänzung der bisher geübten praktischen Landgewinnung zu sammeln. Bei der künstlichen Vermehrung des Quellers ist zunächst die Frage nach der technisch geeigneten Ansaatmethode zu entscheiden. Es gibt zwei Möglichkeiten. Wie aus der Abbildung 3 hervorgeht, erscheint es durchaus möglich, die geerntete Mutterpflanze oder Sproßteile von ihr mit dem darin enthaltenen Samen im Frühjahr unmittelbar in den Wattboden einzubringen. Andererseits aber kann man auch den Samen rein gewinnen, um ihn in beliebiger Dichte wie Korn wieder auszusäen. Es stellte sich heraus, daß die ganzen Pflanzen oder Sproßteile von Hand eingebracht werden müssen. Eine solche Arbeitsweise würde jedoch im Hinblick auf den großen Umfang der Arbeit in der Praxis zu zeitraubend und zu kostspielig werden. Dagegen gestattet der gewonnene reine Samen die Anwendung mechanischer Ansaatmethoden. Aus diesen Gründen mußte die Gewinnung des reinen Samens auf ihre praktische Durchführung erprobt werden.

1. Ernte und Lagerung der Mutterpflanzen.

Die auf Seite 57 gemachten Zahlenangaben über die Samenerzeugung der Quellergesellschaft lassen es unbedenklich erscheinen, Quellermutterpflanzen



Aufn.
E. Wohlenberg
1932

Abb. 3. Die Zweige der Mutterpflanze wurden vor dem Freiwerden der Samen auf natürliche Weise in den Schlick eingebettet. Die in den Sprossen verbliebenen Samen keimen im Frühjahr und kennzeichnen die Lage der Zweige im Sediment.



Abb. 4.
 Quellerernte im Wattenmeer.
 Der Queller wird in Überschuß-
 gebieten mit der Sense gemäht.
 Bildarchiv Westküste B — b LXXXII / 18a
 Aufn. D. König

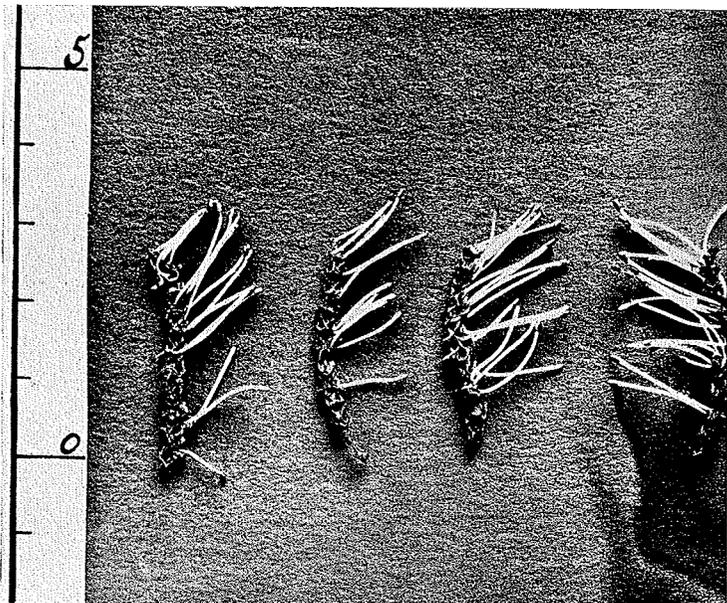
für die Samengewinnung in den örtlichen Ueberschußgebieten in beliebiger Menge abzuernnten. Zunächst geschah das, um möglichst wenig Schlick mitzuernnten, mit Schafscheren, später mit der Sense (Abb. 4). Der Zeitpunkt der Ernte ist von Jahr zu Jahr verschieden. Von Anfang Oktober ab werden die Bestände auf Reife und Eignung für die Ernte untersucht. Die im September für den Reifevorgang so bezeichnende rötliche Verfärbung gibt insofern gute Anhaltspunkte, als diese Stellen vorwiegend Wattböden von sandiger Beschaffenheit anzeigen. Hier gewinnt man also die am wenigsten durch Schlick verunreinigten Pflanzen. Die Verholzung der Stengelglieder hat bereits vorher den höchsten Grad erreicht. Dann folgt nach und nach, vom Grund bis zum Sproßscheidungspunkt fortschreitend, die Samenreifung und gleichläufig damit das Absterben des parenchymatischen Gewebes, das durch Zusammenschrumpfung der sonst zylindrischen Ähren erkennbar wird. Für die Ernte ist es wichtig zu wissen, daß die Wattform *stricta* in diesem eben geschilderten Zustand noch alle Samen in den Samentaschen enthält. Bevor also die Einflüsse der Ueberflutung und der Witterung die ehemals grünen Teile der Pflanze zersetzen, muß sie 2—3 cm oberhalb der Wattoberfläche abgemäht werden. Da der abgemähte Teil meistens nur 15 cm mißt, ist es zweckmäßig, den senkrecht umgebogenen Rücken der Sense durch ein Sammelblech, wie es in der Abbildung 4 sichtbar ist, zu vergrößern, um auf diese Weise die durch einen Sensenstrich erfaßten Pflanzen beieinander zu halten. Die möglichst wenig mit dem Watt-

boden in Berührung gekommenen Pflanzen werden an die Deiche befördert und je nachdem, wie der Samen gewonnen werden soll, entweder möglichst trocken auf luftigen Böden oder auch draußen im Freien gelagert. Wegen des günstigen Luftaustausches sind Böden mit Reth- oder Pfannendach für die Ueberwinterung am geeignetsten. Je nach Feuchtigkeitsgehalt werden die geernteten Pflanzen in 30 bis 50 cm hohen Lagen ausgebreitet und wöchentlich mindestens zweimal gewendet. Mäuse sind von den Einlagerungsorten fernzuhalten; sie können in kurzer Zeit beachtliche Lücken in die Vorräte fressen. Von Nachteil ist ferner zu große Feuchtigkeit, verbunden mit verhältnismäßig hohen Temperaturen (Abb. 5). Da an der Küste im Winter (Dezember und Januar) Temperaturen von 7 bis 12 Grad über Null nicht selten sind, ist an solch warmen Wintertagen stets Gefahr für das Auswachsen vorhanden. Bei diesen Grenztemperaturen wachsen jedoch nicht alle Samen zugleich aus, denn ihre Keimungsbereitschaft ist nicht gleich. Nur ein Teil der innerhalb der Aehre vorhandenen Samen treibt aus, so daß meistens nur mit einem geringen Verlust zu rechnen ist, falls eine genügend trockene Einlagerung von Anfang an nicht möglich ist und die Wintertemperaturen sehr hoch liegen.

2. Drusch und Spülung.

Vergegenwärtigt man sich den natürlichen Weg des Samens von der Mutterpflanze bis zum Keimbett im Wattboden, so liegt es im Interesse einer hohen Keimfähigkeit nahe, die künstliche Samengewinnung in möglichst enger Anlehnung an die natürlichen Vorgänge durchzuführen.

Abb. 5.
Während der Wintermonate zu warm und zu feucht gelagerter Queller. Die ausgewachsenen Mutterpflanzen sind für den Drusch wertlos geworden. — Links: Zentimetermaßstab.
Aufn. E. Wohlenberg, 1932



Für die Gewinnung der Samen wurden zwei Verfahren erprobt, und zwar eine Trocken- und eine Feuchtmethode. Bei der ersten handelt es sich um regelrechten Drusch der vorher vorsichtig getrockneten Pflanzen. Die Feuchtmethode beruht dagegen auf dem Grundsatz der mechanischen Spülung der naturfeuchten Pflanzen.

Der Drusch der Mutterpflanzen ist nur dann möglich, wenn diese vorher durch Trocknung so spröde gemacht werden, daß die Schläge des Dreschflegels oder auch die Stiftentrommel der Maschine die Samen aus den Samentaschen herauspressen können.

Auf einer heizbaren Trocknungsanlage werden die Pflanzen bei Temperaturen zwischen 25 und 35 Grad getrocknet, locker in Säcke gefüllt und darauf sogleich in den Säcken mit den Flegeln von Hand bearbeitet. Nach etwa 150 Schlägen ist der Drusch bereits beendet. Nur ein geringer Rest bleibt in den Sprossen. Der mit in den Säcken verbleibende Same wird durch verschiedenmaschige Siebe von der Spreu befreit und den Winter über bis zur Aussaat auf luftigen Böden gelagert (Abb. 6). Infolge der künstlichen Trocknung hat eine leichte Schrumpfung der Samenschale stattgefunden. Zahlreiche Keimanalysen haben jedoch gezeigt, daß diese Fältelung der Samenschale solange keine Einbuße in der Keimfähigkeit bewirkt, als die Schrumpfung nicht durch zu hohe Hitzegrade hervorgerufen wurde.

Einen Nachteil haben die vollkommen windtrocken eingebrachten Pflanzen dann, wenn das Zellgewebe nach der Reifung nicht oder nur wenig im Verband gestört und zersetzt wurde. Die Samen können dann nur schwer, erst durch

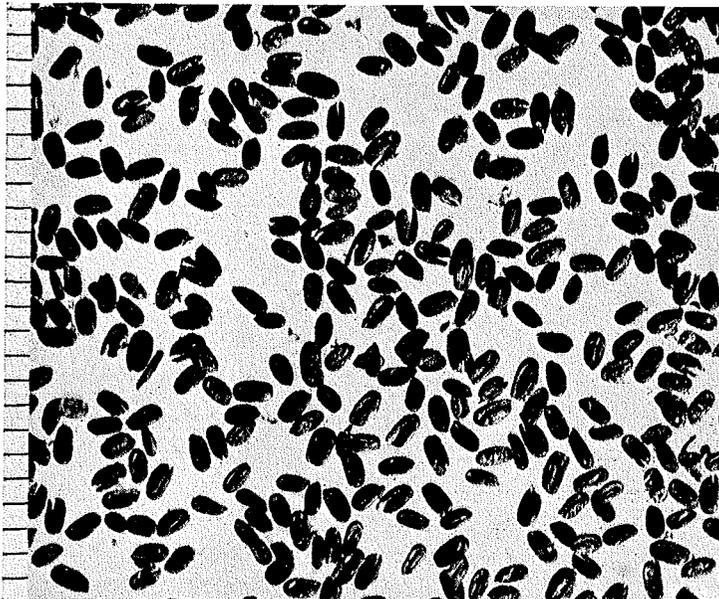


Abb. 6.
Gedroschener
Quellersamen.
Links:
Millimetermaßstab.
Bildarchiv Westküste
B - a 1111
Aufn. D. König

gründliche mechanische Bearbeitung gewonnen werden. Diese Erfahrung führte zu dem bewährten Versuch, die gemähten Pflanzen zunächst einige Wochen allen Witterungserscheinungen auszusetzen und erst danach bei einer einsetzenden Trockenwetterlage auf Böden einzulagern. Die Keimungsprozente der von Hand gedroschenen Samen erreichten durchweg 90%.

Der Maschinendrusch beruht auf dem gleichen Vorgang. Die auf den großen Darrplatten einer Fischmehlfabrik getrockneten Pflanzen wurden mittels einer Stiftendreschmaschine gedroschen. Dadurch, daß vier große Darrplatten gleichzeitig beschickt werden konnten, wurde der Arbeitsgang gegenüber dem Handdrusch sehr beschleunigt. Der Saatertrag blieb jedoch gegenüber dem Handdrusch zurück. Auch die Keimfähigkeit erreichte kaum 50%. Ihre Einbuße muß auf die Gase zurückgeführt werden, die aus dem Koksofen der Fabrik über die mit den feuchten Pflanzen belegten Darrplatten geleitet wurden.

Die beste Möglichkeit bietet das Spülverfahren. Es ist anwendbar, wenn das Zellgefüge der Pflanzen durch Witterungseinflüsse gebührend mürbe geworden ist. Die feuchten Pflanzen werden mit etwas Wasser in einen flachen Bottich gebracht und bei mehrfachem Wenden mit dem elastischen Piassavabesen in der Senkrechten bearbeitet. Nach dem Ablassen des Wassers bleiben die freigewordenen Samen im Bottich zurück.

Leistungsfähiger wird die Spülmethode dann, wenn die auf ein Drahtsieb gelegten Pflanzen mit einem scharfen Wasserstrahl bearbeitet werden. Durch den Wasserdruck werden die Samen herausgeschleudert und gelangen mit dem Spülwasser in einen unter dem Draht befindlichen Behälter, wo nach dem Ablassen des Wassers die Samen zurückbleiben. Dieses Verfahren ist am einfachsten und wegen seiner Leistungsfähigkeit am billigsten. Das Trocknen der Samen erfolgt sogleich danach durch vorgewärmte, strömende Trockenluft bei ständiger Bewegung der Samen. Erfolgt das Trocknen nicht schnell genug und haftet infolgedessen die Feuchtigkeit zu lange dem Samen an, so keimt der im vollen Quellungszustand befindliche Same sehr leicht aus und wird wertlos.

Zum Trocknen des gespülten Saatgutes dient ein stehendes, oben und unten offenes Holzgehäuse, das zur Aufnahme der nassen Samen drei auswechselbare Trockensiebe verschiedener Maschenweite hat. Mit einem elektrisch betriebenen Ventilator wird die trockene und warme Luft von unten durch die belegten Siebplatten nach oben gedrückt. Diese „Druck“-Luft hat gegenüber der „Zug“-Luft — durch welche der Ventilator die Luft von oben durch die Siebplatten nach unten saugen würde — den Vorteil, daß die Samen nach dem Verlust der größten Feuchtigkeit allmählich in Bewegung geraten, wodurch die endgültige Trocknung sehr beschleunigt werden kann, ohne daß eine unter Umständen schädliche Temperaturerhöhung die Beschleunigung herbeiführen muß. Bei „Zug“-Luft würden die Samen dagegen fest an die Siebplatten gesaugt werden und mehr Zeit zum Trocknen benötigen.

Der darauf folgenden Reinigung wird keine übertriebene Sorgfalt gewidmet, da mit dem Saatgut kein Handel getrieben werden soll und es für die Praxis belanglos ist, ob beim Drillen kleine Verunreinigungen (Perigonreste oder dergl.) mit in den Wattboden gelangen oder nicht.

3. Keimfähigkeit.

Nach der Samengewinnung blieben noch zwei Hauptfragen zu lösen, von denen die erste die Aufrechterhaltung der Keimfähigkeit der Samen war. Ihr mußte bei der ganzen Aufgabe die größte Sorgfalt zugewendet werden. Der Queller besitzt keine eigentliche Keimruhe. Die Keimungsbereitschaft ist zwar in den ersten Herbstmonaten mit noch hohen Wasser- und Lufttemperaturen sehr gering, nimmt aber mit fallender Wintertemperatur ständig zu, sobald diese durch einen Temperaturanstieg unterbrochen wird. Beim Anstieg auf 7 °C sprengt der Embryo bei ausreichendem Wassergehalt die Samenschale und wächst schnell zu einem kräftigen Keimling heran. Um über die Keimungsbereitschaft und das vorhandene Keimungsprozent stets unterrichtet zu sein, werden von Dezember bis zur künstlichen Einsaat im Frühjahr sowie darüber hinaus Keimproben angesetzt. Beim Vergleich der Keimungsprozente der letzten drei Jahre weichen nur die schlechten Ergebnisse des Jahres 1936 von den übrigen ab. Es zeigte sich, daß das Ergebnis von nur 60% auf die schlechte Einbringung der Ernte zurückzuführen war. Die Mutterpflanzen gelangten infolge anhaltender winterlicher Niederschläge im wasserübersättigten Zustand auf die Trockenanlage, so daß die Trocknung sehr langsam vonstatten ging. Dadurch wurde die Keimungsbereitschaft durch die Temperatur im Darraum zuerst geweckt, danach aber das weitere Wachstum mit zunehmendem Wasserverlust nicht schnell genug wieder unterbunden. Außerdem hatte der Dezembermonat 1936 sehr milde Lufttemperaturen, zeitweise 10 und 12 Grad Wärme. Bei vielen Samen führen diese Temperaturen zwar zum ersten Keimungsakt, aber nicht sogleich zur vollständigen Sprengung der den Embryo umgebenden Samenschale. Die nachfolgende Trocknung läßt den Riß wieder zusammenschrumpfen, so daß die Unterbrechung der Keimruhe selbst unter der Lupe nicht zu erkennen ist. Auf solche Weise kann die Saat in ihrem Keimvermögen sehr geschwächt werden.

Die besten Keimzahlen liefert das zuletzt beschriebene Spülverfahren. Das ist leicht verständlich, da die mit ihm verbundenen Maßnahmen im grundsätzlichen am wenigsten von den Vorgängen am natürlichen Standort abweichen. Die Keimzahlen erreichen fast immer 100%.

Im Hinblick auf die praktischen Bedürfnisse soll jedoch hervorgehoben werden, daß eine möglichst hohe Keimzahl nur dann erwünscht ist, wenn sie ohne besondere Mühe, das heißt Kosten erreichbar ist. Für die Praxis darf ihr Wert nicht überschätzt werden, denn infolge der Feinheit der Samen gelangt dieser beim Drillen immer noch so dicht ins Keimbett, daß selbst bei einer Keim-

fähigkeit von nur 60% eine fortlaufende, gut besiedelte Saatreihe mit Sicherheit erwartet werden kann. Also braucht — auf die Praxis gesehen — die Saatgewinnungsmethode nicht mit der Forderung nach dem Keimungsprozent 100 belastet zu werden.

4: *Die Folgen am abgeernteten Standort.*

In den für das Mähen bestimmten Ueberschußgebieten entstehen durch die Ernte erhebliche Blößen im herbstlichen Bestand. Wenn auch die oben angeführten Zahlen nicht dafür sprechen, daß in solchen abgemähten Bezirken der nächstjährige Quellerbestand schwächer ausgebildet sein wird, so war eine entsprechende Bestandskontrolle doch erforderlich. Durch zwei Jahre hindurch, 1936 und 1937, konnte durch Bestandszählung der Nachweis erbracht werden, daß die gemähten Standorte genau den gleichen Bestand aufzeigten, als die nicht abgeerntete Umgebung. Für diese Kontrolle waren bestimmte Flächen durch Pfähle gekennzeichnet worden. Auch konnte eine anderweitige Veränderung, etwa in den Anlandungsverhältnissen, nicht nachgewiesen werden. Die gewaltige Samenerzeugung der Ueberschußgebiete erträgt also nicht nur die vorzeitige Entfernung gesunder Mutterpflanzen, sondern läßt auch keinerlei nachteilige Folgen für den nächstjährigen Bestand erkennen.

C. Die Technik der Ansaat.

1. *Der Watt-Drillschlitten.*

Wurde in den vorangegangenen Abschnitten die Keimfähigkeitserhaltung des Samens von der Ernte bis zur Aussaat als eine der beiden wichtigsten Fragen gekennzeichnet, so ist die gegen Ueberflutung unbedingt sichere Einbringung des feinen Samens in den Wattboden die andere Frage von größter praktischer Bedeutung. Es wurde bereits oben darauf hingewiesen, daß die Einbringung der samenerfüllten ganzen Mutterpflanze oder von Sproßteilen keine leistungsfähige wirtschaftliche Methode entwickeln ließ; außerdem ist es im praktischen Betrieb nicht durchführbar, die Sproßteile mit einer weniger als 1 cm starken Schlickschicht zu bedecken.

Man kann auf den Watten nicht, wie auf dem sorgfältig vorbereiteten Acker hinter den Deichen, den Samen von sich werfen, weil ihn die nächste Flut als Spülsaum an den Deichfuß schwemmen würde. So mußte also ein Gerät gefunden werden, das den besonderen Anforderungen des Wattenmeeres gewachsen war, und das vor allem die unbedingt sichere Einsaat des Quellers gewährleistete.

Jeder, der an der See gearbeitet hat, hat die Erfahrung machen müssen, daß diejenigen Geräte am besten den Anforderungen des besonderen Geländes entsprechen und dem Einfluß des Seewassers, des Schlicks und anderem wider-

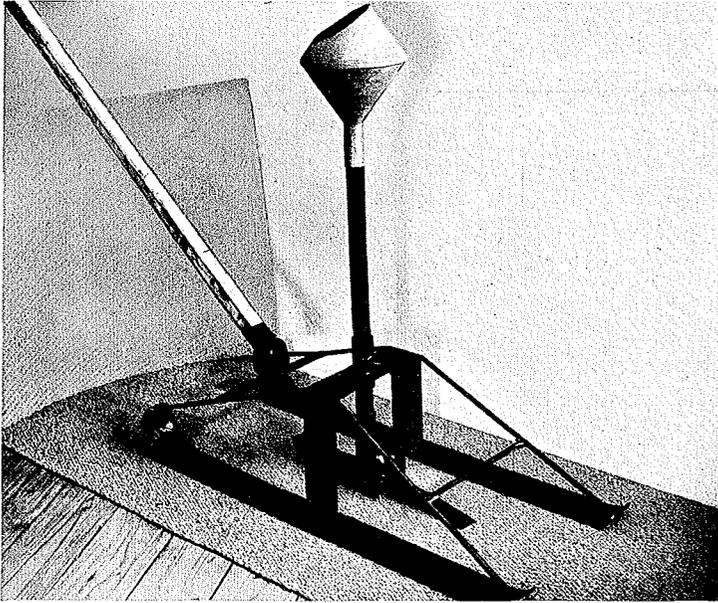


Abb. 7.
Watt-Drillschlitten
mit Drillkufe
und Saattrichter.

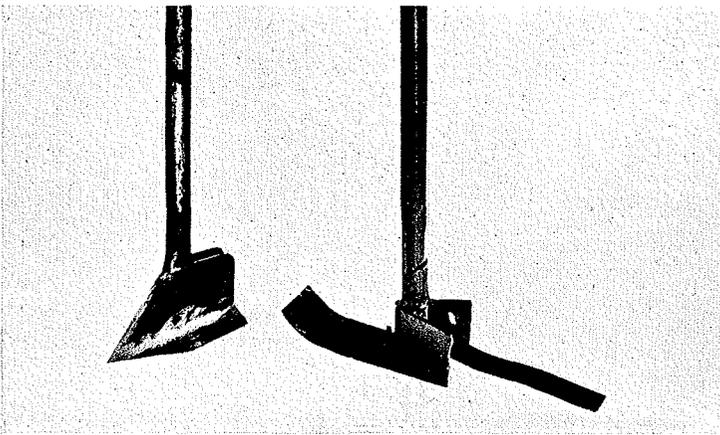


Abb. 8.
Die auswechsel-
baren Saatbett-
bereiter.
Links: Drillschar
für Sandwatten,
Rechts: Drillkufe
für Schlickwatten.

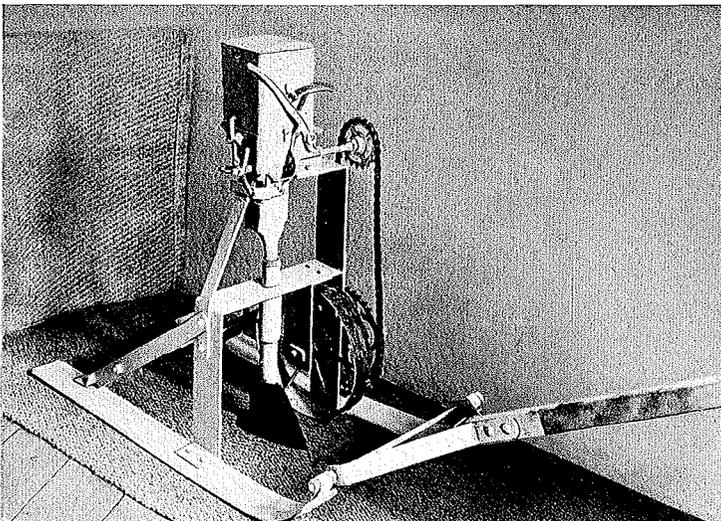


Abb. 9.
Watt-Drillschlitten
mit mechanischer
Samenförderung.
Bildarchiv Westküste
B — a 768, 771, 770
Aufnahmen
E. Wohlenberg

stehen, die keinen verwickelten maschinellen Aufbau haben. Diese Forderung ist für Gebrauchsgeräte im Watt in erhöhtem Maße zu stellen.

Da die für die Quellersaat bestimmten Wattgebiete alle unterhalb der Hochwasserlinie liegen und daher bei Hochwasser drei bis vier Stunden vom Meerwasser überströmt oder bedeckt werden, ist das Hauptfordernis, den Samen so einzubringen, daß das strömende Wasser ihn nicht wieder fortspülen kann. Andererseits darf der Same nur sehr flach unter der Wattoberfläche liegen, da frühere Untersuchungen zeigten, daß er von einer bestimmten, bei verschiedenen Sedimentarten verschiedenen Keimbettiefe ab nicht mehr fähig ist, den Boden zu durchbrechen. Das zu verwendende Hilfsgerät mußte also zunächst diese Forderungen erfüllen, aber außerdem noch jene Forderung nach Leistungsfähigkeit auf allen Wattböden. Das seit drei Jahren verwendete Gerät ist in der photographischen Abbildung 7 wiedergegeben. Aus den oben genannten Gründen ist der Watt-Drillschlitten bewußt einfach gehalten. Das Wesentliche an dem Gerät ist der jeweilige Saatbettbereiter. Der eigentliche Schlitten hat nur die Aufgabe, den Bereitern — Kufe oder Schar — den nötigen Halt und die genau einstellbare Führung zu geben.

2. Die Drillschar.

Infolge der verschiedenartigen Oberflächenbeschaffenheit der Watten sind zwei Saatbettbereiter, die Drillschar für ausgesprochene Sandwatten und die Drillkufe für bindigere Schlickwatten (Abb. 8, 10, 11 u. Abb. 13) hergestellt worden. Da besonders die Oberfläche der Sandwatten nicht immer ganz gleichförmig ist und außerdem die gezogene Saatfurche aus Mangel an bindigem Material nicht immer gut verstrichen werden kann, war ein solches Gerät zu finden, das im Augenblick des Saatfalls die Wattoberfläche bandförmig abhebt und danach sogleich wieder an den Ausgangsort zurücklegt. In der Drillschar (Abb. 8 links u. 10) wurde das geeignete Gerät nach wiederholten Abänderungen und Ueberprüfungen im Watt gefunden*). Zwei Eisenblätter werden bugförmig mit nach vorn und unten ausgezogener Spitze zusammengeschweißt. An ihrer Oberkante umfassen die beiden Scharblätter das aufwärts gerichtete Saatrohr, das am oberen Ende den Saattrichter trägt. Der Trichter (Abb. 12) ist so gebaut, daß auch bei böigem und stürmischem Wetter — wie es während der Saatzeit sehr häufig im Wattenmeer vorherrscht — gedrillt werden kann. Da bereits geringe Feuchtigkeit im Saatrohr zu einer Verstopfung desselben führt, ist der Trichterhals kragenförmig gebaut, so daß in die obere Saatrohrmündung kein Regenwasser von der äußeren Trichterwand einlaufen kann (vgl. Abb. 12c). Außerdem verjüngt sich der Trichter nach oben zum Windschutzkragen mit einseitig gewendeter Oeffnung (Abb. 12a). Der Windschutzkragen des Saattrichters verhindert das unerwünschte Fortwehen der feinen und sehr leichten Samen. Bei böigen Niederschlägen kann die Trichteröffnung noch durch wasserdichten, die Hand umschließenden Stoffverschluß

*) An der Ausbildung der Hilfsgeräte hat besonders der Laborant Etti g mitgearbeitet.

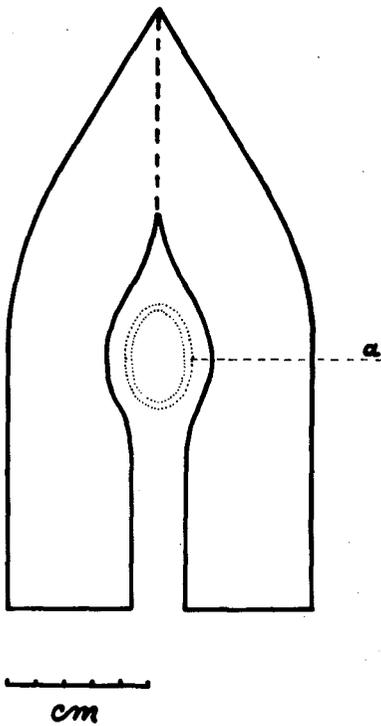


Abb. 10.
Drillschar, Grundriß a=Saatrohr

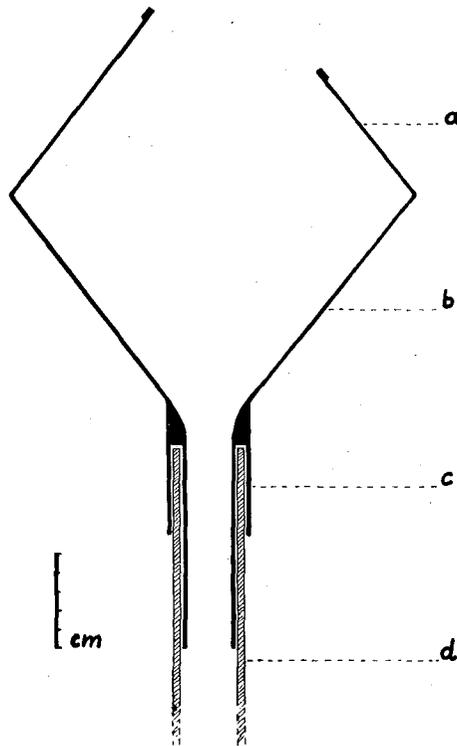


Abb. 12.
Saattrichter für den Watt-Drillschlitten
(Längsschnitt) a=Windschutzkragen
b=Trichter c=Aufsatzkragen (Regenschutz)
d=Saatrohr.

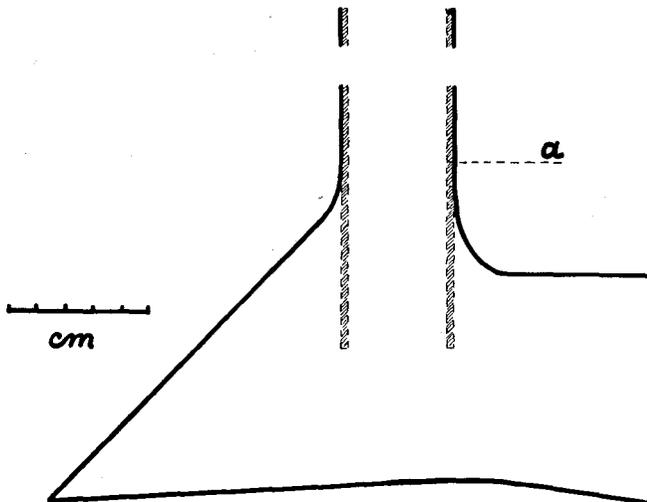


Abb. 11.
Drillschar, Seitenansicht (schematisch) a=Saatrohr

geschützt werden. Die in die Öffnung hineinragende, mit Samen gefüllte Hand des Säers läßt je nach der Geschwindigkeit des Schlittens fortlaufend geringe Mengen in den Trichter fallen (Abb. 24).

Bei der Formgebung der Scharblätter war darauf zu achten, daß mit Hilfe ihrer Wölbung die Wattoberfläche so dünn wie möglich (maximal 10 mm) abgehoben werden konnte. Ferner mußte der mit der Weiterführung des

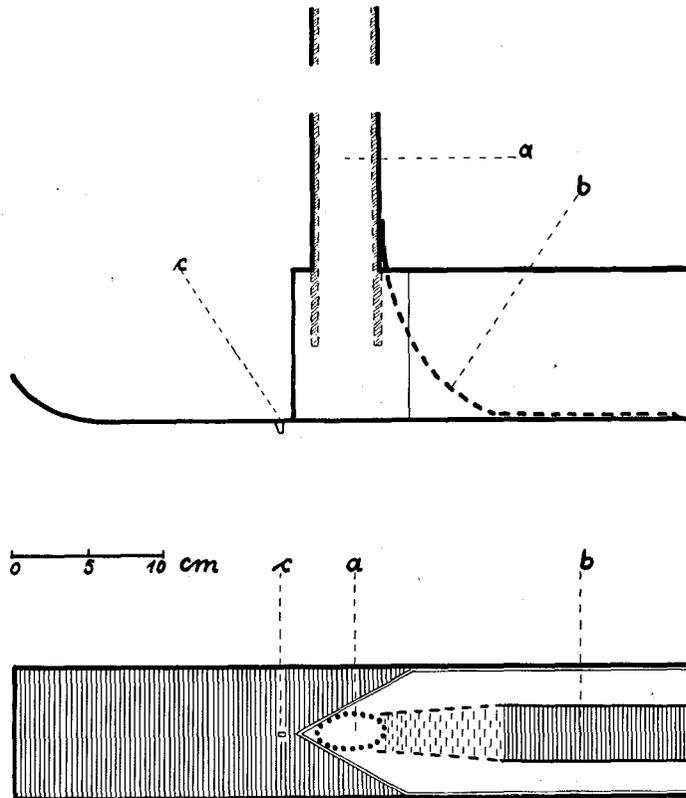


Abb. 13. Drillkufe. Oben: Seitenansicht (schemat.); unten: Grundriß
a = Saatrohr, b = Schleiffeder, c = Drilldorn.

Saatrohres verbundene Spalt so eng wie möglich belassen werden. Die Wölbung der Scharbleche soll weiterhin so gerichtet sein, daß die zu beiden Seiten der Drillschar gleichzeitig angehobenen Wattbänder (vgl. schemat. Abb. 14A) mit der unberührt gebliebenen Wattoberfläche einen möglichst stumpfen Winkel bilden, so daß im Scheitelpunkt dieser Winkel ein offener Bruch im Sediment vermieden wird.

In dem Augenblick, wo die Drillschar mit dem Schlitten weitergezogen wird, sinken die angehobenen Bänder wieder in ihre ursprüngliche Lage zurück.

Eine hinter dem Schlitten angebrachte Schleifplatte von verschiedenem Gewicht (je nach Geländebeschaffenheit) verstreicht den beim Hindurchführen der Schar entstandenen Riß, so daß das von neuem überströmende Wasser so gut wie keine Angriffsflächen in der Wattoberfläche mehr vorfindet. Die Spur wird im Laufe der nächsten Ueberflutungen wieder eingeschlemmt und bleibt meistens bis zum Aufgehen der Saat unerkennbar.

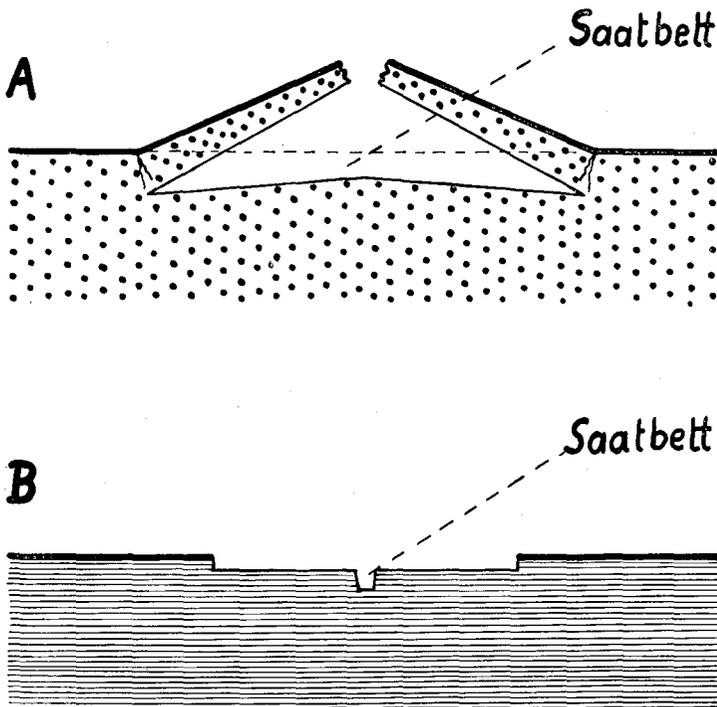


Abb. 14. Die Form der Saatbetten.
Das von der Drillschar im Sandwatt (A)
und von der Drillkufe im Schlickwatt (B) bereitete Saatbett.

3. Die Drillkufe.

Auf schlickigen Watten oder Gebieten mit tonig gebundener Oberfläche kann die Drillschar nicht verwendet werden. Sie vermag in diesen Boden nicht einzuschneiden. In solchen Gebieten kommt die Drillkufe zur Anwendung (Abb. 13 und 8 rechts). Auch in schlickigen Ablagerungen müssen die Quellersamen sehr flach eingebracht werden. Wie aus der Abbildung 13 hervorgeht, sorgt hierfür ein kurzes, nach vorn gebogenes Blatt, an dessen hinterem Ende ein spitzer Winkel ausgespart bleibt. Vor dem Scheitelpunkt dieses Winkels befindet sich der Drilldorn, der die Kufe nach unten um etwa 6 mm durchragt. Um das Oberflächenwasser vom Saatbett fernzuhalten, trägt der

Winkel zwei senkrecht hinter dem Drilldorn sich vereinigende Bleche, die in der gleichen Weise wie bei der Drillschar das nach oben führende Saatrohr umschließen.

Auf Abbildung 8 rechts ist die Ausgangsform der Drillkufe abgebildet. Sie hat inzwischen insofern eine Ergänzung erfahren, als die das Oberflächenwasser führenden Parallelschenkel nach hinten verlängert wurden. Auf diese Weise vermag die Schleiffeder, die abweichend von der Schar unmittelbar am Saatrohr befestigt ist, das Saatbett nach erfolgtem Samenfall zuzustreichen, bevor das vom Kufenblatt abgedrängte Oberflächenwasser von den Seiten her wieder zuströmen kann. Abbildung 25 vermittelt eine genaue Vorstellung von dem Verlaufe der tieferen Spuren der Parallelschenkel und dem dazwischen liegenden flachen, von der Schleiffeder bereits verstrichenen Saatbett.

Die Abbildung 14 gibt ein schematisches Bild von dem Aussehen der Saatbetten in dem Augenblick, wo der Same durch das Saatrohr herabfallen soll. Auf Abbildung 14 A ist die Saatkammer vom Sandwatt im senkrechten Schnitt wiedergegeben. Die Scharblätter der Drillschar haben zu beiden Seiten des abgeplatteten Saatrohres die Wattoberfläche bandförmig angehoben und den darunter liegenden Wattgrund so angeschnitten, daß an der Stelle des Sameneinfalls die flachste Einbettung erreicht wird.

Abbildung 14 B zeigt einen Schnitt durch das Saatbett im Schlickwatt, das von der Drillkufe geschaffen wurde. In diesem Augenblick soll der Same in die schmale vom Drilldorn gezogene Furche fallen. Die gleich danach in Tätigkeit tretende Schleiffeder sorgt für das wasserfreie Zustreichen der Furche.

D. Die Abhängigkeit der Ansaat von den Eigenschaften der Wattablagerungen.

1. Chemische Standortseigenschaften.

Unter den chemischen Faktoren steht im Küstengebiet naturgemäß der Salzgehalt an erster Stelle. Von weit geringerer Bedeutung sind Kalk, Humus, Phosphat, Kali und die Wasserstoffionenkonzentration. Je nach der geographischen Lage der Küstenabschnitte sind die Salzgehaltswerte unterschiedlich und außerdem je nach der Wetterlage erheblichen Schwankungen unterworfen. Mit welchen Schwankungsbereichen z. B. in den Flußmündungen der Elbe und Eider zu rechnen ist, haben die Untersuchungen von NIENBURG und KOLUMBE (1931) bzw. WOHLBERG (1931) gezeigt. Die ersten Salzwerte über die Stärke der Bodenlösungen im eigentlichen Watt sind den grundlegenden ökologischen Arbeiten STOCKERS (1924) zu entnehmen.

Da im Bereich der Nordseeküste eine ganze Anzahl Gebiete vorhanden sind, die sich durch Süßwasserzufluß auszeichnen, galt es für die praktischen Bedürfnisse der Landgewinnung die Frage zu beantworten, ob Wattböden von

Wattbodenuntersuchung von Queller-Ansaatflächen 1935.

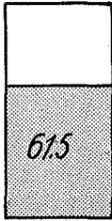
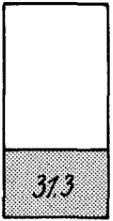
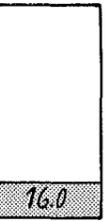
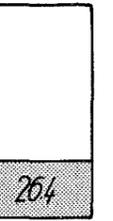
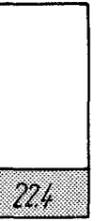
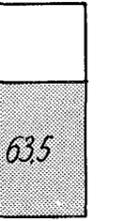
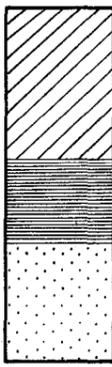
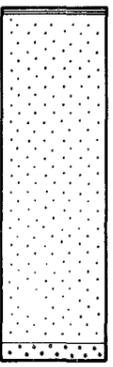
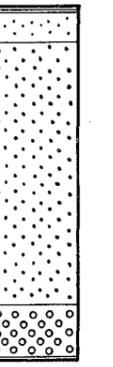
Probenentnahme	1 5.10.1935.	5 5.10.1935.	6 5.10.1935.	15 26.10.1935	1 8.10.1935.	4 8.10.1935.	2 8.10.1935.	13 17.10.1935.	9 17.10.1935.
Gebiet:	Neufeld	Neufeld	Neufeld	Blauort	Wesselburner Kg.	Schülper Siel	Schülper Siel	Olversum	Süderhöft
Lage:	Baggerloch NN+0.98	Werk 7 NN+1.07	Werk 10 NN+1.30	N.O. von Bake	Rasenlahnung 10 NN+ 1.02	Feld Nr. 1 NN+ 0.93	Feld Nr. 5 NN+ 0.81	Feld Nr. 2 NN+0.92	Hauptfeld Nr. 1 NN+0.93
Wassergehalt (% Feuchtwicht)									
Feste Bodenbestandteile (% Trockengewicht)									
Salzgehalt des Bodenwassers	7.58‰	8.88‰	11.20‰	30.33‰	32.80‰	16.49‰	17.68‰	11.46‰	28.60‰
Haupt-Pflanzenbestand im Gebiet	Scirpus mar.	Scirpus mar.	Scirpus tabern.	keine Vegetation	Queller (Salicornia herb.)				
Haupt-Tierbestand im Gebiet	Tubifex	Tubifex	Nereis		Corophium, Pygospio	Corophium, Heteromastus	Corophium, Heteromastus	Corophium, Heteromastus	Pygospio

Tabelle 1.

Wassergehalt, Salzkonzentration und Korngrößenaufbau der mit Queller besäten Wattablagerungen der Westküste nebst Angaben über die vorhandene Besiedelung durch Pflanzen und Tiere. (Der Wassergehalt bezieht sich auf den gewachsenen feuchten Boden).

Zeichenerklärung.

/////// B. Ton < 0.006 mm

==== C. Staub 0.006-0.02 mm

..... D. Mehlsand 0.02-0.10 mm

°°°°° F. Mittelsand 0.20-0.50 mm

..... E. Feinsand 0.10-0.20 mm

■ Wassergehalt in % des Feuchtwichtes

verschiedenem Salzgehalt ungleich gut geeignet für das Gelingen der Ansaaten wären. Um hierüber Klarheit zu gewinnen, wurden die verschiedenartigsten Wattgebiete der Westküste mit Queller besät. Sie erstrecken sich von den Brackwasserwatten der Elbe über die marinen Watten der Meldorfer Bucht zum Brackwasserbereich der Eidermündung und weiter nordwärts bis zu den Seewasserwatten des nordfriesischen Wattenmeeres. Das Ergebnis der Kulturen war einheitlich. Auf allen Stationen kam der gesäte Queller zur Entwicklung und — abgesehen von zu starken mechanischen Beanspruchungen (Sandschliff) — auch zur Reife. Der Tabelle 1 sind die Wasser- und Salzgehaltswerte der angesäten Flächen zu entnehmen. Die Salzwerte schwanken zwischen 7‰ und 32‰. Bemerkenswert ist das ausgezeichnete Wachstum des gesäten Quellers im Brackwasserbereich der Elbe vor Neufeld. Laut früherer Kartierung der Brackwasserflora (NIENBURG und KOLUMBE, 1931) liegt dieses Gebiet bereits außerhalb des mehr marinen Verbreitungsgebietes von *Salicornia herbacea* L. Trotzdem gelang es, Probefelder anzulegen, deren Pflanzen ebenso üppig wuchsen und zur Reife gelangten wie die des übrigen Wattenmeeres. Wenn auch eine regionale Gliederung durchaus als naturgegeben zu bestätigen ist, so muß unter Hinweis auf die ferner gelungenen Ansaaten solcher Watten, die in unmittelbarer Nähe von Süßwasser führenden Sielmündungen liegen, ganz allgemein erwogen werden, ob neben den Salzwerten nicht auch die Gruppe der verbreitungsbiologischen Faktoren am Fernbleiben des Quellers mitbeteiligt sein kann. Es muß bemerkt werden, daß diese Gruppe bisher in der Vorlandökologie der Nordseeküste als Faktorentypus ganz vernachlässigt und meines Wissens nicht zur Erklärung herangezogen worden ist.

Die Brackwassergebiete der Elbe haben in pflanzenkundlicher Hinsicht einen anderen — und zwar nicht allein floristisch anderen — Aufbau als die rein marinen Watten. Ihre Pioniervegetation gehört im Raunkier'schen Sinne einer anderen Lebensformengruppe an, nämlich der ausdauernden und rhizomführenden, während das nackte Seewasserwatt von der einjährigen *Salicornia herbacea* zuerst besiedelt wird. Hierauf beruht vor allen Dingen der Wesensunterschied beider Verlandungstypen. Er kann nicht als zufällige Erscheinung erklärt werden. Schon die Beobachtung der Wattoberfläche vor Neufeld läßt erkennen, wie wenig geeignet sie infolge ständiger Umlagerung für die sichere Einbettung der Samen, für die Innehaltung der Keimbetruhe und für das erste Heranwachsen der jungen einjährigen Keimlinge ist. Im Gegensatz hierzu bleiben die starken wurzelstockführenden Pflanzen wie *Scirpus maritimus*, *Scirpus tabernaemontani*, *Phragmites communis* u. a. von diesen Standortseigenschaften mehr oder weniger unberührt.

Die bei Neufeld gewachsenen Pflanzen unterschieden sich nicht von denen der Meldorfer Bucht oder des vollsalzigen nordfriesischen Wattenmeeres, obgleich ein mehrfacher Salzgehalt gegenüber dem bei Neufeld gemessenen vor-

handen war. Wuchsbild und Größe — feinere anatomische Unterschiede bleiben an dieser Stelle unberücksichtigt — scheinen vom Salzgehalt solange unbeeinflusst zu sein, als die Böden auch bei Nichtüberflutung feuchtigkeits-gesättigt sind*).

Aber auch normale Wattgebiete können durch außergewöhnliche Wetterlagen großen Salzgehaltsschwankungen ausgesetzt sein, so zum Beispiel während der Ostwindwetterlagen im Frühjahr. Zu solchen Zeiten kann es vorkommen, daß der obere Teil der Gezeitenzone wegen der ablandigen Winde wochenlang nicht vom Seewasser überflutet wird. Starke Bestrahlung und trockene Luft bringen das im Watt vorhandene Bodenwasser zur Verdunstung, so daß das Salz in den oberen Schichten angereichert wird. In den oberen 2 bis 3 cm konnten Werte bis zu 180‰ Salz nachgewiesen werden. Die an diesem Standort wachsenden Quellerkeimlinge hatten jedoch ihre Wurzeln bereits in größere Tiefen geschickt, so daß sie durch die hohen Salzwerte höchstens eine vorübergehende Hemmung im Wachstum erfahren haben dürften. Weitere Angaben über Wattwerte finden wir bereits in den Arbeiten von STOCKER. Zusammenfassend kann unter Hinweis auf die Tabelle 1 gesagt werden, daß die verschiedenen Salzgehaltswerte keinerlei Einfluß auf das Gelingen der Ansaat ausgeübt haben.

Die Regel von der Unempfindlichkeit der Wattorganismen gegenüber Schwankungen des Salzgehaltes und der Temperatur, wie sie für die im Watt lebenden Tiere bereits ausgesprochen wurde, scheint sich auch für die Pflanzen des Wattenmeeres zu bestätigen. Ihre Lebensmöglichkeiten erschöpfen sich nicht in einem engen Bereich, sondern sie sind „gut an die mit der Tide zwangsläufig verbundenen Schwankungen bezüglich der Temperatur und der chemischen Eigenschaften angepaßt“ (WOHLENBERG, 1937).

Die Wasserstoffzahl zeigt im eigentlichen Watt auffallend geringe Schwankungen. Selbst blauschwarz gefärbte sulfidhaltige Wattböden haben, solange sie sich im reduzierten Zustand befinden, neutrale Reaktion. Aus dem Wattenmeer liegen jedoch allein die Untersuchungen des Verfassers aus dem Königshafen von Sylt (1937) vor, so daß bis zur endgültigen ökologischen Einschätzung der Wasserstoffzahl weiteres Untersuchungsmaterial von möglichst periodischer Entnahme abgewartet werden muß.

Noch lückenhafter sind die Kenntnisse über die Bedeutung des Humusgehaltes**). Es konnte auffallenderweise immer wieder beobachtet werden, daß der Queller auf humusarmen Sandwatten, solange diese auch bei Ebbe stark wasserhaltig bleiben, einen ebenso üppigen Wuchs annimmt, wie auf

*) Diese Unabhängigkeit erlischt, sobald es sich um Standorte mit wechselndem Wassergehalt handelt, besonders dann, wenn die Böden untersättigt sind und oberhalb der eigentlichen Gezeitenzone liegen. Durch die Einwirkung von Wind und Sonne sind die Salzwerte alsdann großen Schwankungen unterworfen. Die Erörterung dieser Fragen liegt jedoch bereits auf physiologischem Gebiet und bleibt einer Sonderuntersuchung vorbehalten (KONIG).

***) Humus in diesem Falle = Sammelbegriff für organ. Substanz.

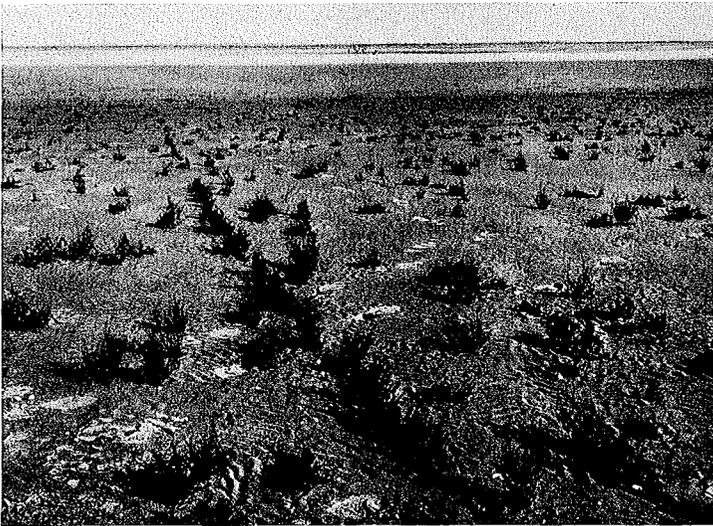


Abb. 15.
Flugsandwatten vor Süderhöft (Eiderstedt). Wasseruntersättigte Sandwatten an der Hochwassergrenze mit Quellerreihe.



Abb. 16.
Reines Sandwatt in der Meldorfer Bucht. Wasserübersättigte, durch Sandwurmbesiedelung und offene Lage unruhige Wattflächen konnten erfolgreich mit Queller beimpft werden.

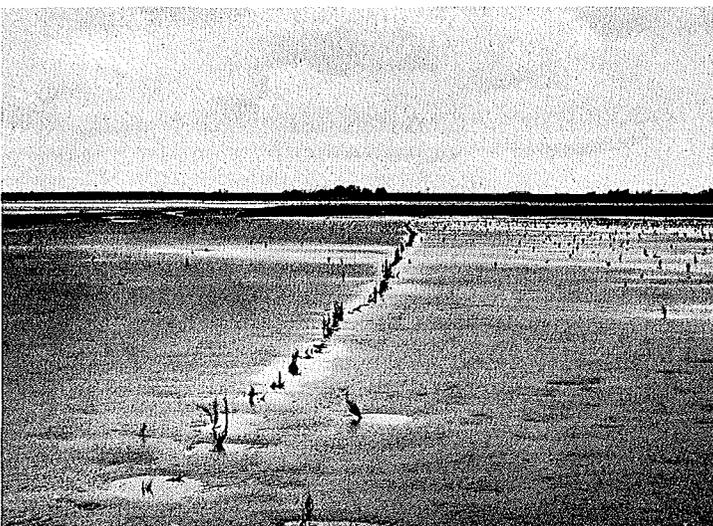


Abb. 17.
Die Kennzeichen der Initialphase (umkolkte Pionierarten) treten auch hier bei den Einzelpflanzen sowohl als auch bei der Reihe als ganzer auf.

Bildarchiv Westküste
B - a 717, 860
B - b XXXIX / 27
Aufnahmen E. Wohlenberg

humusreichen Schlickwatten. Ob und welche Zusammenhänge hier zum Wassergehalt des Bodens bestehen, kann nur durch Sonderuntersuchungen geklärt werden.

2. Physikalische Standortseigenschaften.

a) Wassergehalt und Korngrößenaufbau der Sedimente.

Aus der Anzahl der physikalischen Eigenschaften sollen der Wassergehalt und das mechanische Gefüge der verschiedenen Ansaatgebiete einander gegenüber gestellt werden. Den schematischen Darstellungen der Korngrößen der Tabelle 1 ist zu entnehmen, daß sehr unterschiedliche Wattböden mit Queller besät wurden. Vom allerfeinsten Schlickwatt ([1, Neufeld] und Nordstrander Damm [Seite 98]) über feinsandige Schlickwatten der Eidermündung (13, Olversum) bis zum „groben“ Flugsand der Hochwassergrenzgebiete (9, Süderhöft) sind die Einsaaten vorgenommen worden. Ähnlich wie beim Salzgehalt zeigte auch der verschiedenartige Bodenaufbau keinen

nennenswerten Einfluß auf das Gelingen der Ansaat. Selbst auf den Watten, die in unmittelbarer Nachbarschaft zu Flugsandplatten lagen (15, Blauort Sand) oder sogar in diese übergingen, waren die Reihen nachweisbar. Abbildung 15 bezieht sich auf die Flugsandgebiete bei Süderhöft. Die Saatreihe ist einwandfrei innerhalb des natürlichen Bestandes erkennbar. Die gesäten Pflanzen hatten zum Unterschied gegen die hier natürlich wachsenden alle Merkmale der Form *stricta* bewahrt.

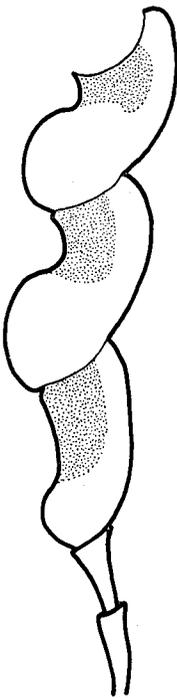


Abb. 18.

Durch Sandschliff
im Wachstum ge-
hemmt und schließ-
lich vernichtete
Salicornia herbacea
f. *stricta*.

Auf der Sandplatte Blauort (Tabelle 1, 15) konnte die Wirkung des Sandschliffs an den gesäten Pflanzen beobachtet werden. Die Pflanzen waren hier dem bei Westwind unentwegt fliegenden Sand ausgesetzt. Zunächst starb der luvseitige Teil der Sproßepidermis ab (Abb. 18). Die vom Sand getroffenen Sprosse krümmten sich dem fliegenden Sand entgegen, bis von der anfangs gesunden Quellerreihe nur noch der Wurzelhals und kleine Stengelreste den Standort überragten und so die ehemalige Reihe kennzeichneten. Hieraus geht eindeutig hervor, daß die Watt-Form vom Queller ebensowenig wie der Anedel (WOHLENBERG, 1937, S. 51—52) an den Sandschliff angepaßt ist, wobei allerdings hervorgehoben sei, daß fliegender Sand in *stricta*-Gebieten normalerweise nicht vorhanden zu sein pflegt.

Auf die Bedeutung des strömenden bzw. durch Wellen bewegten Wassers wurde früher (WOHLENBERG, 1931, Abb. 1, und 1934, Abb. 2—4) bereits hinge-

wiesen. Die dort wiedergegebenen Beobachtungen und Feststellungen konnten auch bei den künstlichen Quellerreihen bestätigt werden. So zeigt Abbildung 17 eine Saatreihe auf feinsandigem Schlickwatt. Hier trägt die Reihe als Ganzes alle Merkmale der Initialphase. Ein Kolk löst den andern in langer Reihe ab. Das gleiche zeigt besonders deutlich die Nahaufnahme von unbeständigen Sandwatten (Abb. 19), wo mehrere Pflanzen einer Saatreihe in scharf umränderten Kolken beieinander stehen.

Von weit größerer Bedeutung ist der Wassergehalt der Watablagerungen. Leider erschwert die Mannigfaltigkeit im Aufbau der Ablagerungen außerordentlich das Festlegen von absoluten Grenzwerten. Nach Tabelle 1 gelang die Ansaat auf Wattböden mit 16% bis 63,5% Wassergehalt. (Diese Zahlen beziehen sich nicht auf das Trockengewicht, sondern auf das Ausgangsfeuchtgewicht der natürlichen Bodenprobe [Mineral plus Wasser]). Bei der Probe 13 (Olversum) schien der Grenzwert mit 63,5% bei dem vorliegenden Korngrößenaufbau (vgl. darunterstehendes Blockdiagramm) gerade erreicht zu sein. Hätte sich der Aufbau dieser Watten bei gleichbleibendem Wassergehalt weiter nach der sandigen Seite verschoben, so wären die Saatreihen wahrscheinlich noch spärlicher ausgefallen, wäre hingegen der Tongehalt bei gleichbleibendem Wassergehalt gestiegen, so hätten sich die Saatreihen weit besser behaupten können. Ganz allgemein kann man sagen, daß der Grenzwert umso höher liegt, je größer die wasserhaltende Kraft der Sedimente ist. Aus diesen Erörterungen ergeben sich für die Landgewinnungspraxis sehr bedeutsame Folgerungen, nämlich die allgemeine, für alle Watten gültige Forderung, den Wassergehalt der Wattböden stets unter dem für den betreffenden Korngrößenaufbau gültigen Höchstwert zu halten. Zu erreichen ist dieses Ziel in allen Fällen durch „Spatenarbeit“, nämlich durch häufiges Ausheben der sogenannten Grüppeln.

An dieser Stelle muß noch auf eine besondere Form des Oberflächenwassers hingewiesen werden. Die oben erwähnten Unregelmäßigkeiten in der Wattoberfläche führen häufig zur Entstehung von flachen Mulden, in denen nach dem Trockenfallen der Watten während der ganzen Dauer der Nichtüberflutung Wasser zurückbleibt. Selbst wenn diese Tümpel nicht tiefer sind als etwa 2 cm, gelangt der Queller hier nicht über das Keimblatt hinaus. Sie bleiben solange vegetationslos, bis dem Wasser durch irgendeinen Umstand, sei es durch natürliche oder künstliche Veränderungen, Abfluß verschafft wird. Innerhalb der Andelwiese hat man den schädlichen Einfluß des stehenden Wassers längst erkannt und setzt zu seiner Beseitigung den Spaten an. In der tieferen Verlandungszone, dem Quellergebiet, dagegen sollten diese Gesichtspunkte noch strenger beachtet werden. Befinden sich solche Vertiefungen in Ufernähe, so werden in ihnen häufig organische Reste, die im Spülsaum herangefrachtet werden, abgelagert. Die Mikroben sorgen für einen mehr oder weniger starken Abbau, wodurch die Tümpel faulschlammartige Eigen-

schaften erhalten. Schwefelwasserstoff (und Methan) im Zustand der Entstehung sind für jeden Pflanzenwuchs verderblich. Offenbar sind die assimilierenden Organe die empfindlicheren Teile der Pflanze, denn die Wurzel ist widerstandsfähiger und anpassungsfähig, indem sie sich nach früheren Untersuchungen beim Eindringen in den reduzierten Wattboden sehr bald und in sehr vollkommener Weise mit einem isolierenden Eisenoxydhydratmantel umgibt (WOHLENBERG, 1933). Eine Begrünung dieser Vertiefungen ist nur durch eine dauerhafte Trockenlegung möglich.

Immer wieder zeigt sich also die Notwendigkeit sorgfältiger, auch kleinräumiger Beobachtung und rühriger Spatenarbeit. Sie kann — rechtzeitig angewendet — mit geringem Aufwand für die spätere Nutzung lange schädlich wirkende Bodeneigenschaften beseitigen.

Hierdurch ist dem Wassergehalt der Wattoberfläche eine entscheidende Bedeutung für das Ziel der Wattbegrünung beizumessen. Es ist im Bereich der Verlandung nicht so sehr die große Flutwelle, die uns Sorge macht, als vielmehr das äußerlich geringfügig scheinende Wasser der kleinen Standorte. Es ist der „kleine Wasserhaushalt“, den es gilt, fest in die Hand zu bekommen.

b) Ueberflutungsdauer und Wasserbewegung.

Ueberprüft man das umfangreiche Queller-Schrifttum hinsichtlich der Angaben über die Ueberflutungsdauer, der die Wattpflanzen täglich zweimal ausgesetzt sein können, so sind bis zu den jüngsten Veröffentlichungen stets nur ungefähre Angaben zu finden. Das liegt in dem Mangel jeglicher Wattvermessungen begründet. Erst seitdem die Watten durch die Arbeiten der Forschungsabteilungen höhenmäßig eingemessen und damit als „weiße“ Flecke von der Landkarte verschwunden sind, können genaue Zahlenwerte genannt und für die praktische Landgewinnung verwendet werden*).

Unter diesem Mangel hatte die praktische Landgewinnung sehr zu leiden, weil gar nicht ermessen werden konnte, ob der dem Queller ökologisch offenstehende Gezeitenbereich auch wirklich von ihm besiedelt wurde. Man wußte nichts über die genauen Höhenlagen, vertrat aber fest die Ansicht, daß der Queller das ihm „zustehende“ Gebiet von sich aus restlos begrünen würde. Neben den praktischen Geländeversuchen hat die genaue Vermessung dazu beigetragen, diese Fragen klarzustellen und die Aufgaben aufzuzeigen. Im Laufe der zurückliegenden Versuchsjahre sind nunmehr umfangreiche, zahlenmäßige Unterlagen über die Höhenlage sämtlicher Quellerversuchsfelder ge-

*) Trotz lebhafter Küstensenkungsforschung gilt außerdem dasselbe von den übrigen Pflanzen der Verlandungszone, auch von denen, deren Standort für die Küstensenkung eine unwiderlegbare Beweiskraft zugeschrieben wurde. Im wissenschaftlichen Schrifttum fehlen mathematisch genaue Einmessungen der Standorte vom Anedel, Meerstrandsdreizack, Schilfrohr, Meerstrandbinse, Salzmelde, Keilmelde u. a. Diese Lücken verdeckte man bisher mit Geländeschilderung oder geschätzten Zahlenwerten. Durch umfangreiche Sondervermessungen konnten die gültigen Zahlen nunmehr festgelegt werden.

schaffen worden. Dadurch, daß anstelle der gefühlsmäßig geschätzten Höhenangaben genaue Zahlenwerte gesetzt werden können, ist ein tieferer Einblick in die tatsächlich vorliegenden Wachstumsverhältnisse gewonnen worden.

Da bei den vorliegenden Quelleruntersuchungen stets die praktischen Fragen im Vordergrund stehen, mußte angestrebt werden, den Queller so tief unterhalb der MHW-Linie wie nur irgend möglich zur Entwicklung zu bringen, denn je eher das Watt begrünt werden kann, umso schneller kann es der Bodenbildung und damit auch der Nutzung zugeführt werden. Es war aber weder durch Literaturstudien noch durch Geländebeobachtung möglich, die größte Wachstumstiefe des Quellers zu kennen, denn nirgends im Wattenmeer erreicht der natürliche Bestand seine natürliche untere Wachstumsgrenze. Es sei auf die obigen Ausführungen hingewiesen (Seite 61) und an die örtlich entscheidenden Umstände wie Samenzufuhr und unsichere Einbettung erinnert. Man hätte also früher, selbst wenn man zur höhenmäßigen Einmessung der natürlichen Grenzlinien geschritten wäre und diese allein zur Grundlage gemacht hätte, niemals wirkliche Grenzwerte erhalten, sondern stets nur mäßige bis gute Mittelwerte. Erfahrungsgemäß lagen diese aber einerseits stets zu hoch, und andererseits waren sie mit einer großen Anzahl unentwirrbarer Zufälligkeiten belastet. Sie konnten erst durch den großräumig angelegten Ansaatversuch ausgeschaltet werden. Er wurde zum Teil so angelegt, daß die untere Grenzlinie absichtlich unterschritten wurde, das heißt, die Saatreihen lagen auf abfallendem Gelände. Es waren im allgemeinen drei Abschnitte zu erkennen, ein oberer mit üppiger Entwicklung der Quellerpflanzen, ein mittlerer mit kränkenden Pflanzen — diese zeigten den Grenzwert an — und ein unterer, wo zwar die Keimlinge sichtbar wurden, aber im Keimblattstadium verharrten, die grüne Farbe allmählich einbüßten und schließlich eingingen. Die Versuche wurden auf verschiedenartigen Watten wiederholt. Mit ihrer Hilfe war es möglich, für die Landgewinnungspraxis wirklich verwendbare Zahlenwerte zu erhalten. Es wurde die eigenartige Beobachtung gemacht, daß der Queller auf schlickigen Standorten tiefer gedeihen kann als auf sandigen, und daß außerdem der Keimling im Anfang weniger gegen eine längere Ueberflutung empfindlich ist als die etwas weiter entwickelte Pflanze, die bereits über das erste und zweite Stengelglied verfügt. Im fortgeschrittenen, bereits buschigen Zustand dagegen ist die Widerstandsfähigkeit wiederum größer (Versuche im Kulturbecken, Abb. 2).

Es wurde weiter festgestellt, daß die Lage der Versuchsfelder für das Gedeihen der einzelnen Pflanzen nicht gleichgültig ist. Auf schlickigen und geschützten Watten konnten sich die künstlich eingeleiteten Quellersiedlungen in tiefster Lage behaupten. Bei verringertem Schutz und gleichbleibendem Schlickgehalt waren die Tiefenwerte geringer, auf sandigen Watten ohne Schutz wurden die kleinsten Werte festgestellt. Hier klang das Wachstum etwa 10 cm höher aus. Da zehn Zentimeter in der Höhe im flachen Wattenmeer sehr viel

an Fläche bedeuten können, sind diese Feststellungen für die praktische Landgewinnung von großer Bedeutung. Wie im vorigen Abschnitt die Beseitigung des übergroßen Wassergehaltes der Wattoberfläche zur Bedingung gemacht wurde, so zeigen sich hier die Lahnungen in einer neuen Bedeutung. Natürlich bewirken sie in erster Linie einen verstärkten Schlickfall, aber darüber hinaus ermöglicht ihr hemmender Einfluß auf Strömung und Wellenschlag das Wachstum des Quellers in größeren Tiefen. Ob als Ursache hierfür rein äußerlich das Fehlen der *bewegenden* Kraft des Wassers oder die Standfestigkeit der Schlickwatten anzusehen ist, oder ob der schlickige Boden die Pflanze zu höherer Leistung und größerem Widerstand befähigt, wäre durch besondere physiologische Untersuchungen klarzustellen. Wie sehr die Wasserbewegung tatsächlich in den Bedingungs-zusammenhang eingreift und den der Ueberflutungsdauer überdeckt, zeigen die Versuche in der Freilandgezeitenanlage in Büsum, wo Strömungen und Wellenbewegungen unterbunden sind. Das Queller-Tiefbecken sollte dazu dienen, unter Ausschaltung aller übrigen Standortseigenschaften den Grenzwert in bezug auf die Ueberflutungsdauer festzulegen. Da der Versuch erst während einer Vegetationsperiode (1937) durchgeführt werden konnte, sollen vorerst keine Zahlenwerte veröffentlicht werden. Es genüge hier die Feststellung, daß der Queller unter Ausschaltung von Strömung und Wellenschlag noch tiefer als für die Versuche im freien Watt angegeben, das heißt bei noch längerer Ueberflutungsdauer, gedeihen kann.

Fassen wir die Ergebnisse zusammen, so muß hervorgehoben werden, daß die Ueberflutungsdauer zwar einen sehr wichtigen ökologischen Grenzfaktor für den Queller darstellen kann, daß seine entscheidende Bedeutung aber durch Ueberlagerung anderer, bisher unbeachtet gebliebener Einwirkungen (Wasserbewegung und Aufbau der Wattablagerung) im Rahmen der praktischen Landgewinnung noch einer sorgfältigen und versuchsmäßigen Prüfung bedarf.

c) Die biologische Eignung der Standorte.

Nach der Untersuchung der chemischen und physikalischen Standortseigenschaften bleiben noch die *biologischen* hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Kulturmaßnahmen zu untersuchen.

Im Bereich der Verlandungszone bildet die Verdrängung des Quellers durch den ausdauernden Andel das sinnfälligste Beispiel eines biologischen Wettbewerbes. Aber es ist bekannt und bedarf im Rahmen der vorliegenden Aufgabe keiner Erörterung. Dieser Kampf um den Verlandungsraum ist sogar erwünscht und erfährt daher jede Unterstützung. An den tieferen Stellen aber, wo die Kulturmaßnahmen ihre Hauptaufgabe zu erfüllen haben, wirken andere biologische Kräfte.

Zunächst ist das Zwergsee-gras, *Zostera nana* Roth., zu nennen. Schon in der bisherigen Landgewinnungstechnik ging das Bestreben dahin, das

Zwergsee gras innerhalb der Lahnungen möglichst schnell zu vernichten. Da es ein Dauerwurzler ist und bereits Bruchstücke von den Rhizomen neue Ausbreitungsherde bilden können, ist das See gras nur dann mit Erfolg zu bekämpfen, wenn die wichtigsten Lebensbedingungen am Standort verändert werden. Zusammenhängende Zwergsee grasrasen halten auch noch nach dem Abfließen des Wassers bei Ebbe sehr viel Wasser an der Standortsoberfläche zurück. In welchem Maße die chemischen Eigenschaften dieses Wassers beeinflusst werden können, konnte im Königshafen von Sylt nachgewiesen werden (WOHLENBERG, 1937: Größte Temperaturschwankungen, Sauerstoffübersättigung bis zu 230%, äußerste pH-Werte u. a.). Hinzu kommt die mechanische Wirkung durch die hin- und herflutenden Blätter sowie die Beschattung der lichtbedürftigen Quellerkeimlinge. Das See gras kann nur durch planmäßige Begrüppelung der Standorte beseitigt werden. Sobald die Wattoberfläche durch die Rundungen der Aecker Gefälle erhält und das Oberflächenwasser restlos abfließen kann, ist die Lebenskraft von *Zostera nana* gebrochen, während für den Queller von jetzt ab erst alle Bedingungen gegeben sind.

Von größerem schädlichen Einfluß können Grünalgenwucherungen werden, so zum Beispiel die im oberen Gezeitendrittel vorkommenden *Enteromorpha*- und *Rhizoclonium*-Kolonien. Bei Hochwasser fluten sie im Wasser hin und her und legen sich mit dem letzten abfließenden Wasser als dichter fesselnder Filz auf die Wattoberfläche und damit auf die jungen Quellerpflanzen. Wie auch aus der Abbildung 21 hervorgeht, werden die jungen Pflanzen unter der dichten Masse begraben und vollständig beschattet. Sie werden gelb und gehen schnell zugrunde. Auf diese Weise bleiben zum Teil große Gebiete innerhalb einheitlich begrünter Flächen ausgespart, die sich im Sommer scharf von ihrer Umgebung abheben, ohne daß man zu jener Zeit eine Erklärung finden kann, weil das Hauptwachstum der Algen in die kühlen Frühjahrsmonate fällt.

Andere Algen wie Diatomeen und Vaucherien können solche Wirkungen nicht ausüben, denn sie fluten meistens nicht von einer Verankerung aus im Wasser hin und her, sondern haften auch bei Hochwasser durchweg der Wattoberfläche an. Die Quellerkeimlinge wachsen ungestört durch deren Vegetationshorizont hindurch und genießen überdies noch alle Vorzüge einer gesicherten, nicht so leicht zerstörbaren Wattoberfläche.

Aber auch unter den Tieren des Wattenmeeres gibt es einen für die Ausbreitung des Quellers sehr wichtigen Schädling. Es ist der weit und in großer Zahl verbreitete Wattwurm *Arenicola marina* L. Da gerade die von ihm dicht besiedelten Sandwatten einer Aufschlickung bedürfen, haben hier die biologischen Kulturmaßnahmen eine besonders dringliche Aufgabe zu erfüllen. 1935 wurde zum ersten Mal versucht, den Queller auf solchen vom Sandwurm dicht besiedelten Watten anzusiedeln. Die Bestandsaufnahme verzeichnete zwar große Einbußen innerhalb der Saatreihen, aber als Ganzes konnte der

Versuch, wie die Abbildung 16 zeigt, als gelungen bezeichnet werden. Der Ausfall an Pflanzen ist auf zwei Ursachen zurückzuführen; erstens auf die größere Wasserbewegung und zweitens auf die röhrenbauende Tätigkeit von *Arenicola marina*. Abbildung 20 läßt erkennen, auf welche Weise die Wurmröhre dem Queller zum Verhängnis wird. Die Augenblicksbilder zeigen, wie die zarten Keimlinge im Bereich des Einsturztrichters der U-förmigen Wohnröhre ent wurzelt werden. Der Vorgang ist ein zufälliger, denn der Wattwurm hat — da er die Pflanzen nicht frißt — kein Interesse an der Vernichtung des Keimlings. Je nach dem Grad der Besiedelung und der bauenden Tätigkeit der Würmer können auf diese Weise große Mengen an gesunden Keimlingen zugrunde gehen. Das Uebersichtsbild auf Abbildung 16 zeigt ein besätes typisches Sandwurm watt in der Meldorfer Bucht. Die Reihen sind zwar nicht mit den schnurgeraden Beeten auf den Schlickwatten zu vergleichen, aber trotz der großen Lücken ist das künstliche Reihenbild erhalten geblieben. Die außerhalb der Reihen erkennbare Streusiedlung ist eine Folge der umlagernden Tätigkeit der Würmer. Dadurch wurden viele Samen vorzeitig aus der Saatkammer entfernt, von denen ein kleiner Teil noch wieder Fuß fassen konnte. Der größere Teil wird verschwemmt worden sein*). Ueberschend war die Größe der auf diesem reinen Sandwatt wachsenden Pflanzen. Sie waren üppig, gesund und buschig und zeigten alle Eigenschaften der Pioniertypen.

Unter Hinweis auf Abbildung 16, Seite 79, sei noch hervorgehoben, daß das besäte Sandwatt nicht innerhalb oder in der Nähe von Landgewinnungswerken lag, sondern kilometerweit davon entfernt offen vor der Küste. Das Gelingen der Ansaat in solchen Außengebieten darf deshalb hervorgehoben werden, weil es für die praktischen Ziele zwei neue Möglichkeiten eröffnet. Erstens können hier draußen ohne besondere Kosten kräftige und ergiebige Samen-erzeuger angesiedelt werden, und die hier erzeugten Samen können — wenn die Menge genügend groß ist — weiter innen in Lee gelegene Bedarfsgebiete mit neuer Saat versorgen. Zweitens kann die künstlich erfolgte und vielleicht in Abständen zu wiederholende Besiedelung den Anlaß zur Neulandbildung geben. Ein Blick auf die geschichtliche Entwicklung unserer Marschenküste zeigt deutlich, daß es entlang der ganzen Westküste Neulandbildungen gegeben hat, die in beständiger Weise durch ihre Außenlage das Verlandungsgebiet der Küste verstärkt haben. Zu nennen wären hierfür die Maxqueller und der Franzosen-sand an der dithmarscher Elbmündung, die Inseln des jetzigen Friedrichs-kooges, die Büsumer Insel, als jüngstes und klarstes Beispiel die Grüne Insel in der Eidermündung, die Pohnshällig östlich von Nordstrand und andere mehr. Bei all diesen jungen Bildungen wurde die Verlandung beschleunigt

*) Die Einbuße an Keimlingen ist am geringsten, wenn die Temperaturverhältnisse ein sofortiges Wachstum nach der Einbringung der Samen zulassen, so daß die Zeitspanne für ihre Umlagerung möglichst gering ist.



Abb. 19.

Locker gelagertes, durch Wellenschlag häufig umgelagertes Sandwatt, wo sich die Pflanzen trotz der ungünstigen Standortbedingungen mit reichem Fruchtansatz bis in den Winter hinein behaupten konnten.

Bildarchiv Westküste
B — b LXXIV / 24

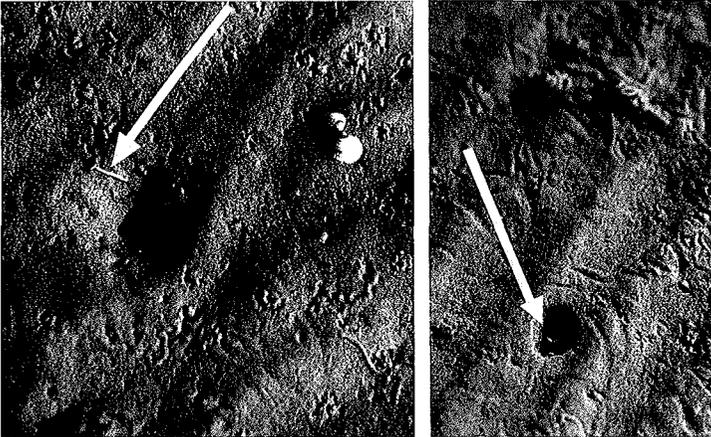


Abb. 20.

Beide Abbildungen lassen erkennen, wie die jungen Pflanzen mit dem ersten Keimblattpaar in den Bereich des Einsturztrichters der Wohnröhre von *Arenicola* gelangen und ent wurzelt werden.

Bildarchiv Westküste
B — a 546 u. 550



Abb. 21.

Ein weiterer Feind der jungen Quellerkeimlinge, der natürlich sowohl wie der künstlich verbreiteten, ist der dicht gesponnene Filz von *Enteromorphen* und von *Rhizoclonium riparium*, den sie nicht durchdringen können.

Bildarchiv Westküste
B — a 548

Aufnahmen E. Wohlenberg

durch das Aufeinanderzuwachsen der äußeren und inneren Verlandungsgebiete. Was sich also in früheren Jahrhunderten im Ablauf natürlicher Entwicklung von selbst anbahnte, nämlich die Inselbildung auf den hohen Sänden der Außenbezirke, das könnte heute mit der künstlichen Quelleransaat beschleunigt und planmäßig eingeleitet werden. Natürlich muß die Entwicklungsrichtung der Watten vorher erkannt sein, beziehungsweise durch Baumaßnahmen dem erwünschten Ziel nähergebracht werden.

Stets wird bei solchen Maßnahmen die Bekämpfung des Sandwurmes vorangehen müssen. Seine Vermehrungskraft ist jedoch so groß, daß man

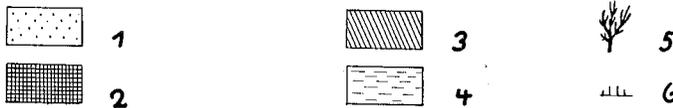
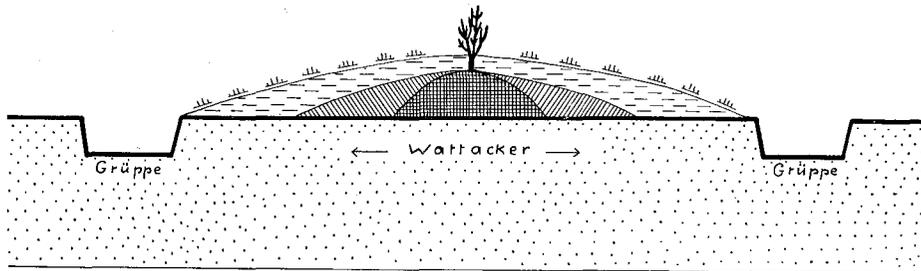


Abb. 22. Frühbegrüpfung und künstliche Quelleransaat (schematisch).

Erklärung: 1 = roher Wattboden; 2 = erster Gruppenaushub mit erstmaliger Quelleransaat; 3 = zweiter Aushub mit Ansaat nach Bedarf; 4 = spätere Aushübe; 5 = Quelleransaat (*Salicornia herbacea*); 6 = Andelrasen (*Puccinellia maritima*).

ähnlich wie beim Seegras zur mittelbaren Bekämpfung, das heißt zur Abänderung der Standortbedingungen schreiten muß. Wir greifen dabei zurück auf die jüngsten Veröffentlichungen über die Lebensweise des Wattwurmes *Arenicola marina* im dänischen und deutschen Wattenmeer (THAMDRUP und WOHLBERG) und entnehmen dort, daß der Wattwurm eine wasseruntersättigte Standortoberfläche auf die Dauer nicht ertragen kann. Seine Wohnröhre ist auf solchen Watten nicht gebrauchsfähig zu erhalten. Die Art der Gegenmaßnahme liegt somit auf der Hand. Das nach jeder Ueberflutung verbleibende Restwasser ist restlos zu entfernen! Oekologisch heißt das nichts anderes, als den in der Haushaltskunde so entscheidenden Minimumfaktor — in diesem Falle den Wassergehalt der Ablagerungen — in die Hand zu bekommen und ihn aus dem gesamten Bedingungs-zusammenhang herauszulösen. Praktisch gesehen liegt daher abermals in der Grüppel die Lösung. Die Wattoberfläche wird trockengelegt und demzufolge der Standort für *Arenicola* unbewohnbar gemacht. Dieser Eingriff sollte so zeitig wie möglich erfolgen. Man darf nicht, wie es bisher in der Landgewinnung üblich war,

erst dann den Spaten ins Watt setzen, wenn der Queller langsam beginnt sich anzusiedeln. Der notwendige Zeitpunkt liegt viel eher, auch für Sandwatten. Wenn auf ihnen auch nicht die erste Begrüppelung sogleich zum Ziele führt, da die nächsten Ueberflutungen so geartet sein können, daß der Grüppel-aushub restlos wieder vom Wasser vertrifft wird, so wird die jahreszeitlich richtig liegende Wiederholung doch die erstrebte Veränderung herbeiführen können. Aus der nebenstehenden Abbildung mag hervorgehen, wie die künstliche Quellereinsaat geradezu zur Frühbegrüppelung drängt (Abb. 22). Ja, sie erreicht mit Hilfe der Frühbegrüppelung erst ihre größte Bewährung.

Wir sehen, wie in der künftigen Handhabung der Landgewinnungsarbeiten durch die planvolle Verknüpfung alter bewährter Methoden (Lahnungen, Grüppeln) mit der neuen (Frühbegrüppelung und Quelleransaat) eine wesentliche Steigerung der Verlandungsvorgänge erreicht werden kann. Gerade im Abschnitt über die biologische Eignung der Standorte mußte sich die führende Stellung der Grüppel herauschälen. Eine einfache Grüppel bedeutet — biologisch gesehen — eine Umwälzung, sie verändert den Lebensraum von Grund auf. Restlose Beherrschung des kleinen Wasserhaushaltes und frühe, großräumige Ansaaten mit bodenbildenden Lebewesen erfordern im Rahmen einer dringenden Landgewinnung eine starke und beständige Förderung.

E. Durchführung und Ergebnisse der künstlichen Ansaat.

1. Die mengenmäßige Nutzleistung.

Wenn oben von großen Quellerbedarfsgebieten und der Notwendigkeit ihrer Sättigung mit Queller gesprochen wurde, so ist die Frage nach der praktischen Nutzleistung dieser eben beschriebenen Einsaatmethode für die Landgewinnung von entscheidender Bedeutung.

Abbildung 23 zeigt, wie die künstliche Quelleransaat nunmehr im Großen durchgeführt wird. Durch die Ausrüstung vieler Säekolonnen ist die Methode inzwischen aus dem Versuch in die Praxis der Landgewinnung übergeführt worden.

Für die Bedienung eines Schlittens sind zwei Mann erforderlich (vgl. Abb. 24). Der eine zieht den Schlitten, während der zweite seitlich nebenhergeht und den Quellersamen in den Trichter fallen läßt. Dabei preßt er gleichzeitig den Handballen auf den ihm zugewandten Trichterrand und gibt dem ganzen Gerät dadurch eine beständigere Führung.

Um die Bedienungsweise des Schlittens auf einen Mann beschränken zu können, wurde ein Versuch mit dem Einbau einer selbsttätigen Samenförderung gemacht. Bei dem auf der Abbildung 9 auf Seite 71 sichtbaren Modell trägt das Saatrohr an seinem oberen Ende anstatt des Trichters den Samenkasten, dessen

Abb. 23.
 Queller-Drill-
 kolonne besät
 nackte, bisher
 vegetationslose
 Watten.

Bildarchiv Westküste
 B — a 794
 Aufn. E. Wohlenberg



Abb. 24.
 Sobald die Watten
 trockenfallen, wird
 mit dem Drillen
 begonnen und bis
 zur erneuten Über-
 flutung des
 Geländes gesät.

Bildarchiv Westküste
 B — b LXVa / 16
 Aufn. D. König



Abb. 25
 Nahaufnahme von
 der Spur der Drill-
 kufe auf Schlick-
 watten. In der Mitte
 zwischen den gezö-
 genen Bahnen liegt
 die bereits zugedeck-
 te und mit Schlick
 verstrichene Saat-
 bahn.

Bildarchiv Westküste
 B — b LI / 10
 Aufn. E. Wohlenberg



Förderwalze durch ein den Wattboden berührendes Laufrad betrieben wird. Leider traten an diesem Gerät unentwegt Störungen auf. Die auch in einheitlichen Wattgebieten zuweilen auftretenden Unregelmäßigkeiten in der Oberflächenbeschaffenheit verhinderten die ungestörte Samenförderung. Solche Störungszonen bestanden meistens in örtlich begrenzten schllickigen Ablagerungen oder auch in schlüpfrigen Diatomeenwucherungen. Zur Beseitigung dieser Störungen wurde erwogen, das Laufrad als Antrieb fallen zu lassen und durch ein starkes, genau einstellbares Federwerk, das die Walze vom Förderkasten drehen sollte, zu ersetzen. Dagegen sprachen jedoch einerseits die kurze Lebensdauer, die solchen Dingen an der See unter dem Einfluß von Salzwasser und Schlick beschieden ist und andererseits die weniger beständige Führung des Schlittens. Denn der Säer kann mit dem Druck der säenden Hand einen bestimmten, den verschiedenartigen Oberflächenverhältnissen jeweils angepaßten Einfluß auf die Führung des Schlittens gewinnen, der beim Einmannmodell fortfallen würde. Dieser Mangel ist durch schwerere Ausfertigungen des ganzen Gerätes nicht zu beheben, denn hierdurch würde der Schlitten so schwerfällig gebaut werden müssen, daß eine einzelne Zugkraft bei den zu leistenden Kilometermärschen wiederum nicht ausreichen würde. Als einziger Vorteil dieses Gerätes mit der selbsttätigen Samenförderung gegenüber den andern verblieb schließlich der, daß die Saat äußerst gleichmäßig und wirtschaftlich in den Wattgrund gelangte. Dieser wog jedoch nicht die angeführten Nachteile auf, so daß das auf Abbildung 9 abgebildete Modell aufgegeben und das Ausgangsmodell (Abb. 7) in verbesserter Form beibehalten wurde.

Der Gedanke, die Drilleistung zu erhöhen, um dadurch die Einsaaten zu verbilligen, wurde weiterhin dadurch geprüft, daß eine Vervielfachung der Saatbettbereiter an einem und demselben Schlitten in Erwägung gezogen wurde. Es sollten zwei oder mehrere Drillkufen nebeneinander gleichzeitig an einem Gerät tätig sein. Wegen der damit verbundenen Verbreiterung des Schlittens (Vergrößerung des Abstandes der beiden Schlittenkufen) mußte dieser Versuch wegen der Geländeverhältnisse im Wattenmeer aufgegeben werden. Wohl pflegen wir die Wattoberfläche im gewöhnlichen Sinne als eben anzusprechen, aber bei örtlich genauer Beobachtung zeigen sich viele Unebenheiten, so daß an solchen Stellen die gleichmäßig sichere Führung der Drillkufen unterbrochen werden und infolgedessen die Drillfurche streckenweise gar nicht erst entstehen würde. Auf diese Weise würde sehr viel Saat auf die nackte und unvorbereitete Wattfläche fallen und damit verloren gehen.

Das aus diesen Erwägungen nunmehr in Dienst gestellte Zweimannmodell verfügt über eine beachtliche Nutzleistung. Sie hängt jeweils von der Geschwindigkeit der Schlittenbewegung, das heißt von der Beschaffenheit der zu besäenden Wattoberfläche ab. Durchweg können in einer Stunde 2 Kilometer Saatlinie gedrillt werden. Für 1 km Saatlinie werden etwa 500 g Samen

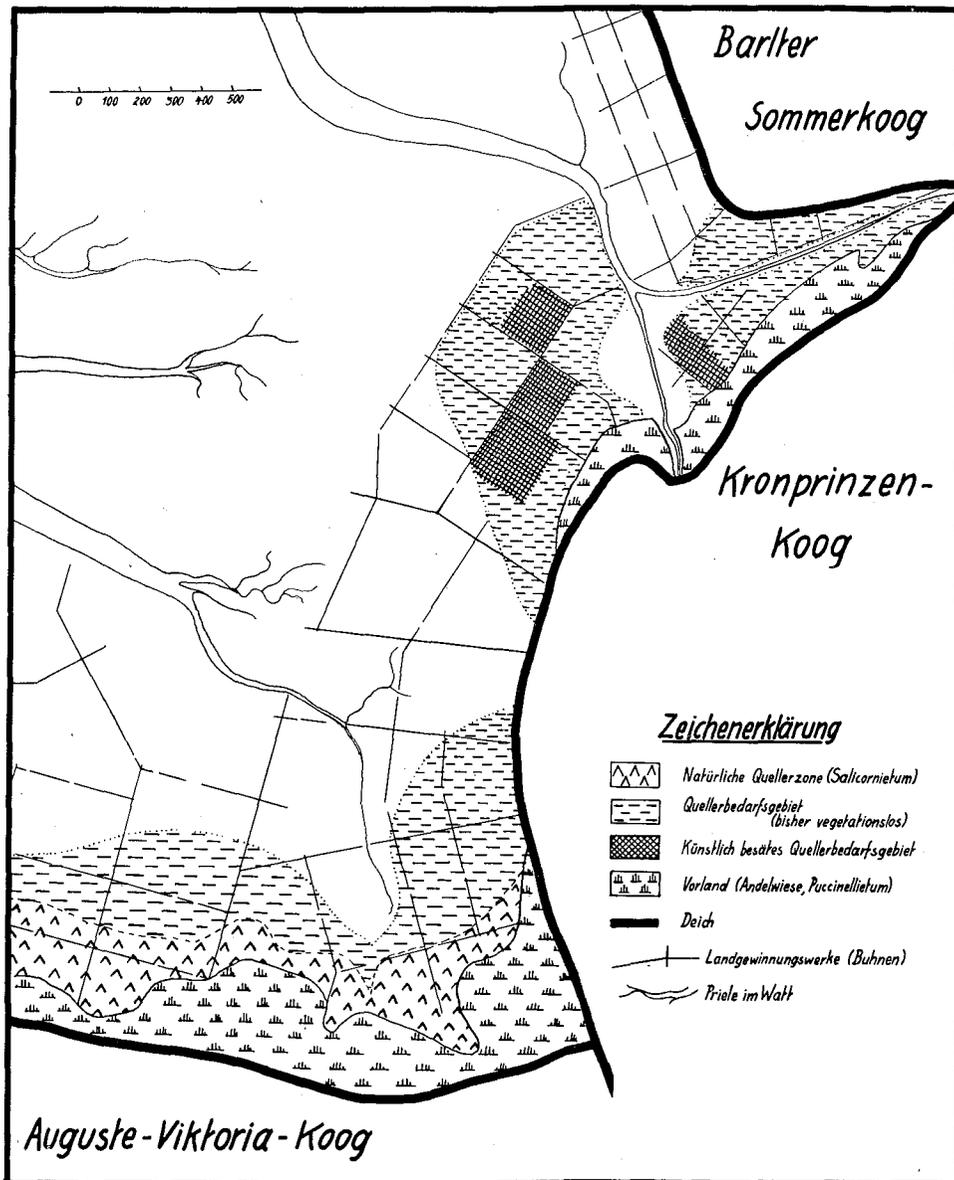


Abb. 26. Die Queller-Bedarfsgebiete (1935) vor dem Kronprinzenkoog (Süderdithmarschen).

benötigt. Wie schon oben erwähnt, ist der Quellersamen sehr leicht und feinkörnig. 70 Samen haben dasselbe Gewicht wie ein einziges Gerstenkorn. Mit einem Zentner Quellersamen können etwa 100 Kilometer Saatlinie gedrillt werden.

2. Die natürliche Nachfolgeschaft der künstlichen „Impf“-Reihen auf Sand- und Schlickwatten.

Es gibt sehr viele Bedarfsgebiete an der Küste, die nur ein einziges Mal besät, sozusagen nur „beimpft“ zu werden brauchen. In solchen Gebieten gelingt es bereits mit der erstmaligen Einsaat, die Brücke zum sich darauf von selbst weiter entwickelnden natürlichen Salicornietum zu schlagen. Mit einem Male wird die Initialphase künstlich eingeleitet. Alles Weitere kann der natürlichen Samenverbreitung, die auf die Impfreiheiten zurückgeht, überlassen werden.

Welch eine starke Nachfolgeschaft die einmal gelungene Ansaat haben kann, zeigen die Abbildungen 27 bis 29 und 31 bis 33. Bei der ersten Bildreihe sind es sandige, bei der zweiten sehr feinschlickige Wattflächen. Bei der auf den Abbildungen 27 bis 29 sichtbaren Impfung handelt es sich um leichte und sandige Wattflächen vor der süderdithmarscher Küste, die trotz vorsorglicher Landgewinnungsmaßnahmen (Lahnungen usw.) keinerlei Anzeichen einer natürlichen Begrünung mit den Wattengesellschaften zeigen wollten, obwohl die Höhenlage dieser Wattflächen längst den Anforderungen des Quellers genügt hätte (vgl. Lageplan Abb. 26). Das Watt zeigte folgenden Korngrößenaufbau (Durchschnitt aus 7 Schlämmanalysen):

unter 0,02	0,02—0,10	0,10—0,20	0,20—0,50 mm	
1,33	46,64	51,86	0,17	%

Die auf Abbildung 27 erkennbaren Drillfurchen wurden im Monat März 1935 in einem Abstand von 3 Metern gezogen. Der darauf folgende Sommer brachte zahlreiche unruhige Wetterlagen mit übernormal hohen Ueberflutungen. Der lebhaft Wellenschlag veränderte die Oberfläche des Standortes trotz seiner Höhenlage (0,10 bis 0,35 cm unter MHW) sehr häufig. Aber die Saatzeilen wuchsen dennoch heran. Abbildung 28 vermittelt eine deutliche Vorstellung vom Befund im September desselben Jahres. Die auf der Aufnahme erkennbaren Pflanzen waren die ersten, die auf dieser Wattfläche festen Fuß faßten. Sie bildeten also im wirklichen Sinne des Wortes die Initialphase der Verlandungsgesellschaft. Aus methodischen Gründen wurde in diesem Gebiet, das nach der Kartenskizze, Abbildung 26, als größeres Bedarfsgebiet angesprochen werden mußte, die Einsaat nicht wiederholt, da die auf die künstlichen Impflinien zurückgehende Eigenvermehrung der nächsten Jahre zum Wertmaß der Methode erhoben werden sollte. Der Standort blieb somit sich selber überlassen mit der Fragestellung: Wie wird die oft erwähnte Arealenergie in diesem Gelände zum Ausdruck kommen? Bereits ein Jahr darauf (1936) hatte die Samenstreuung der Impfreiheiten zu einer gleichmäßigen Begrünung der Wattflächen geführt und ein weiteres Jahr später (1937) war der Standort sehr dicht mit Queller bestanden (vgl. Abb. 29). Ja, nicht allein das; mit Unterstützung der bewährten, auf diesen Wattflächen 1937

Abb. 27.
Vegetationsloses Watt
im SO-Winkel der Mel-
dorfer Bucht (Kronprin-
zenkoog Nord) unmit-
telbar nach der Ansaat.
Die Spuren der Drill-
schar sind noch zu er-
kennen.
Einsaat: März 1935.

Bildarchiv Westküste
B — a 528



Abb. 28.
Dasselbe Watt im Herbst
1935. Die im Frühjahr
gedrillten Quellerrei-
hen sind deutlich
erkennbar.

Bildarchiv Westküste
B — a 677

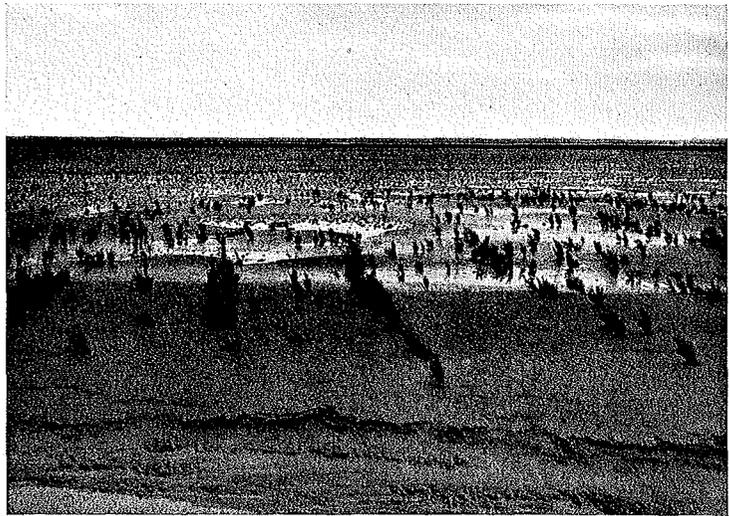


Abb. 29.
Dasselbe Watt zwei Jah-
re später, im Herbst
1937. Das 1935 künstlich
eingeleitete *Salicornie-*
tum beginnt bereits nach
zwei Jahren in die De-
generationsphase über-
zugehen. *Puccinellia*
dringt vor.

Bildarchiv Westküste
B — b LXXIV/33
Aufnahmen E. Wohlenberg





Abb. 31.
Vegetationsloses Watt
südlich des Nordstran-
der Dammes unmittel-
bar nach der Queller-
einsaat im April 1936.
Im Hintergrund der
Nordstrander Damm.

Bildarchiv Westküste
B — a 798



Abb. 32.
Dasselbe Watt einein-
viertel Jahr später. Die
1936 künstlich einge-
brachte einzeilige Saat-
reihe ist noch erkenn-
bar. Aus den von ihr im
Herbst 1936 gestreuten
Samen sprossen zahl-
reiche Keimlinge
hervor.

Hintergrund: Nord-
strander Damm.

Bildarchiv Westküste
B — b LXII / 33

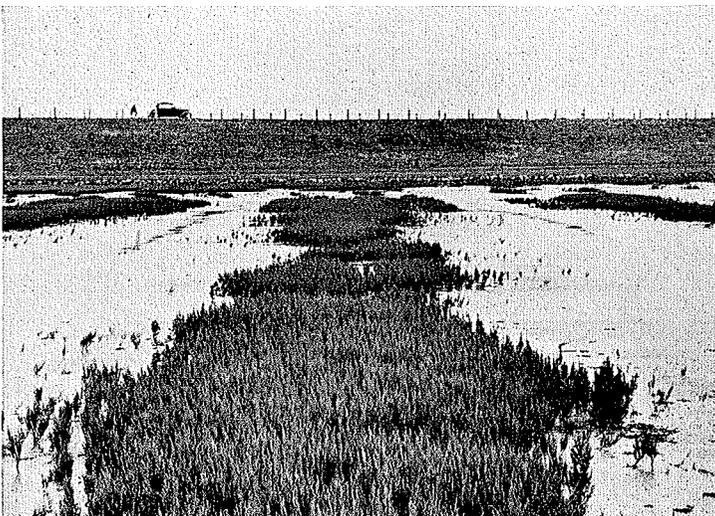


Abb. 33.
Dasselbe Watt im
Herbst 1937. Die 1936
künstlich eingeleitete
Initialphase geht bereits
in die Optimalphase
über.

Hintergrund: Nord-
strander Damm.

Bildarchiv Westküste
B — b LXX / 34

Aufnahmen E. Wohlenberg

zum ersten Mal durchgeführten Grüppelarbeit konnte die Entwicklung des Salicornietums derart beschleunigt werden, daß in der letzten Bestandsaufnahme vom Herbst 1937 stellenweise bereits die Degenerationsphase des Salicornietums und die ersten Andelsiedlungen festgestellt werden konnten. Bei der Einsaat im Frühjahr 1935 konnte mit einer derart schnellen Fortentwicklung des Verlandungsvorganges nicht gerechnet werden. Der schnelle Fortschritt von den spärlichen Impfreiheiten bis zum dichten Quellerrasen innerhalb des denkbar kurzen Zeitraumes von zwei Jahren bestätigt in überzeugender Weise, daß dieser Standort in der Tat ein *Bedarfsgebiet* war und gleichsam nur auf die Erstbesiedelung mit dem Queller „*gewartet*“ hatte, um danach mit größter Eigenenergie die nächsten Stufen der Verlandung in kürzester Zeit zu durchlaufen. Rein zahlenmäßig gesehen kommt das Maß der Entwicklung durch folgende, jeweils für einen Quadratmeter ermittelte Werte zum Ausdruck:

1934	0 Pflanzen je Quadratmeter
1935 (künstl. Impfreiheit)	14 Pflanzen je Quadratmeter
1937 (Eigenvermehrung)	740 Pflanzen je Quadratmeter

Daß das vorstehende Ergebnis kein vereinzelt dastehendes und auch nicht etwa auf eine besondere Eignung des Wattbodens zurückzuführen ist, zeigen die Abbildungen 31 bis 33. Hier handelt es sich um ein weichgründiges, fettes Schlickwatt südlich und nördlich des Nordstrander Dammes in der Husumer Bucht. Nach Abbildung 31 wurde im April 1936 nur eine einzige Saatlinie längs der aufgeworfenen Mitte eines 10 Meter breiten Wattackers gedrillt. Es handelt sich um das auf der Kartenskizze (Abb. 30) im Südwesten des Dammes liegende Versuchsfeld. Das nächstfolgende Bild, Abbildung 32, zeigt dasselbe Watt im Juni 1937. Man erkennt noch die Reste der einzeiligen Impfreiheit von 1936 und um diese herum die Quellerkeimlinge, die auf die Samenstreuung der vorjährigen Impfreiheit zurückgehen. Auf Abbildung 33 sind die eben erwähnten Keimlinge zu samentragenden kräftigen Pflanzen herangewachsen. Das erst vor einem Jahr künstlich eingeleitete Salicornietum befindet sich jetzt in einem beständigen, im Sinne der Landwirtschaft *aufbauenden* Zustand. Konnten im Sommer 1936 durchschnittlich 19 große Pflanzen mit einer Samenerzeugung von insgesamt etwa 80 000 Samen pro Quadratmeter gezählt werden, so trug derselbe Standort im folgenden Jahre, 1937, 149 Pflanzen pro Quadratmeter, wovon im Herbst 450 000 Samen für das nächste Jahr erzeugt wurden.

Wie aus der Uebersichtsskizze (Abb. 30) hervorgeht, wurden auch an der Nordseite des Nordstrander Dammes Ansaatversuche gemacht. Die Abbildungen 34 bis 36 zeigen den östlichen Wattwinkel zwischen Damm und Hattstedter Seedeich während der Ansaat (Abb. 34) und nach dem Heranwachsen der Saatzeilen (Abb. 35 und 36). Auch dieses Watt ist außerordentlich weich

Zeichenerklärung

- Natürliche Quellzone (Salicornietum)
- Quellbedarfsgebiet (bisher vegetationslos)
- Künstlich besetztes Quellbedarfsgebiet
- Vorland (Andelwiese, Fuccinellietum)
- Deich
- Landgewinnungswerke (Bühnen)
- Freile im Watt
- Damm
- Geestrand



Abb. 30. Die Queller-Bedarfsgebiete am Nordstrander Damm.

und tiefgründig. Es besteht aus feinstem Schlick, der zur Hauptsache aus der Staub- und Tonfraktion aufgebaut wird. Die Durchschnittswerte aus 6 Analysen lauten:

unter 0,02	0,02—0,05	0,05—0,10	0,10—0,20 mm
38,8	44,2	16,0	1,0 %

Aus Abbildung 35 geht hervor, daß sich die Quellerpflanzen im Gegensatz zum Sandwatt fast vollständig auf das von der Drillkufe geschaffene Saatbett beschränken. Nur ein sehr geringer Teil der eingestreuten Samen wurde durch den Wind in die unmittelbare Umgebung vertrifftet. Im Uebersichtsbild (Abb. 36) beschränken sich die Reihen noch strenger auf die Drillspur.

3. Ansaat und dynamischer Zustand.

Die Kartenskizze (Abb. 30) vermittelt für das Dammgebiet zwischen dem Festland und der Insel Nordstrand eine klare Vorstellung von der dynamischen Lage des Salicornietums. In Lee der Insel Nordstrand wächst zu beiden Seiten des Dammes das Andelvorland ostwärts ins nackte Watt vor. Vor der Andelzone liegt gürtelförmig die Quellerzone. Nur südlich des Dammes ist ein kleines Quellergebiet als Ueberschußgebiet zu bezeichnen. Die übrigen natürlichen Quellerflächen versorgen zur Hauptsache die ihnen örtlich benachbarten Gebiete. Zu einer fernwirkenden Abgabe scheint es nicht zu kommen. Viel ungünstiger, zum Teil denkbar ungünstig, liegen die Verhältnisse an der Festlandküste in unmittelbarer Dammnähe sowohl als auch weiter südlich und nördlich davon. Das Nordufer vor der Hattstedter Marsch ist vollkommen frei von natürlichem Quellerwuchs. Erst nördlich der Arlauschleuse (außerhalb der Skizze liegend) beginnen natürliche Quellerbestände. Südlich des Dammes sind die Watten bis auf einen kleinen Streifen, der unterhalb der diluvialen Geestkante liegt, ebenso arm. Dasselbe gilt auch für die südwärts anschließende Dockkoogbucht. Wir haben also zu beiden Seiten des Dammes mit großräumiger Fortsetzung nach Norden und Süden längs der Festlandküste ausgesprochene Quellerbedarfsgebiete. Benachbarte Versorgungsgebiete (Queller-Ueberschußgebiete) mit dauerhaftem Leistungsvermögen sind mit einer örtlich begrenzten Ausnahme zu Südwesten des Dammes, nicht vorhanden. Die Folge davon ist, daß die durch Begrüppungsmaßnahmen an sich aufnahmefähig gemachten Wattflächen außerhalb der Bereiche von natürlichen Samenzufuhren liegen und infolgedessen die natürliche Begrünung mit Queller ausbleiben muß, und zwar so lange, bis die benachbarten Ueberschußgebiete ihre Versorgungskraft vervielfacht haben und ihren Ueberschuß in wirksamer Weise an die Bedarfsgebiete abgeben können. Hier kann durch künstliche Ansaat ein Vorsprung von Jahren erreicht werden.

Wie aus der Kartenskizze (Abb. 30) hervorgeht, blieben bei der Ansaat am Nordstrander Damm zwischen den Ansaatgebieten Zwischenflächen ausgespart,



Abb. 34.
Vegetationsloses Watt
nördlich des Nordstran-
der Dammes wurde am
8. April 1936 mit Queller
besät. — Rechts:
Nordstrander Damm.
Links: Deich der Hatt-
stedter Marsch.
Bildarchiv Westküste
B — a 801

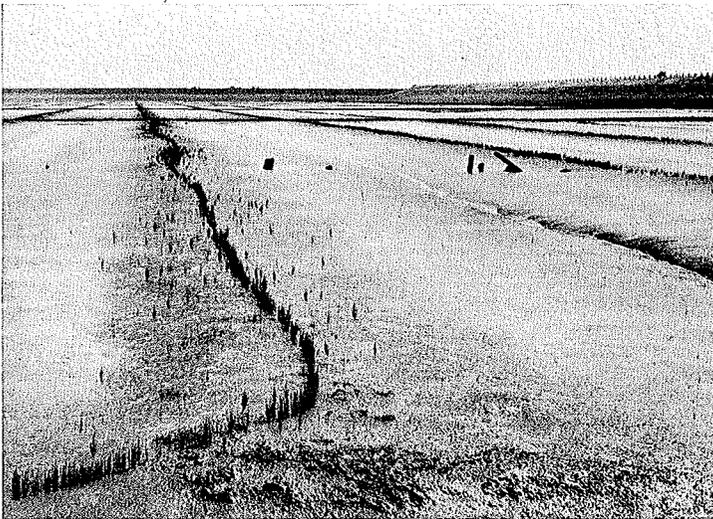


Abb. 35.
Derselbe Standort drei-
einhalb Monate später.
Die Drillfurche wird
scharf durch die heran-
wachsenden Queller-
pflanzen gekenn-
zeichnet.
Bildarchiv Westküste
B — b XV/5

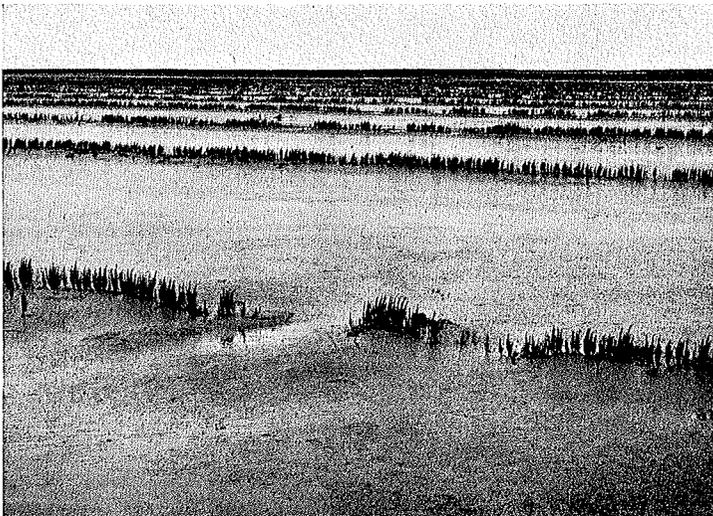


Abb. 36.
Übersichtsbild über
Saatfeld I nördlich des
Dammes. Die Initial-
phase des Salicornie-
tums konnte in diesem
Gebiet schlagartig auf
35 ha Wattfläche ein-
geleitet werden.
Bildarchiv Westküste
B — b XV/5
Aufnahmen E. Wohlenberg

die aus methodischen Gründen nicht künstlich besät wurden. Sie sollten dazu dienen, nachzuweisen, ob nicht doch im Ansaatjahre eine natürliche Samenzufuhr von irgendwoher stattgefunden habe. Wäre dieses zugetroffen, dann hätte es auf diesen Wattflächen, die über genau die gleichen Lebensbedingungen für den Quellerwuchs verfügten wie die angesäten, zur Begrünung kommen müssen. Aber die freigelassenen Flächen blieben ohne jede Besiedelung. Hierdurch wurde die Richtigkeit und Notwendigkeit der künstlichen Maßnahme bestätigt. Es kann zwar nicht genau vorausgesagt werden, wann — ohne künstliche Besiedelung — die natürliche Begrünung dieser Wattflächen einsetzen wird, aber durch das Aussparen von unbehandelten Flächen konnte der sichere Nachweis erbracht werden, daß durch die künstliche Schaffung der Initialphase ein beachtlicher Vorsprung im Verlandungsprozeß der Watten zu erreichen ist. Wieviel Jahre dieser Vorsprung im einzelnen betragen kann, ist von Wattgebiet zu Wattgebiet verschieden. Sicher wird in vielen Fällen eine Annahme von vier bis sechs Jahren dem wirklichen Entwicklungsvorgang entsprechen. Gegründet ist diese Annahme auf die Erfahrungen der bisherigen Landgewinnung. Außerdem wird sie gestützt durch die oben erörterten Beziehungen zwischen den Bedarfs- und Ueberschußgebieten.

Es wurde bereits hervorgehoben, daß mit dem Vorhandensein von Samenüberschußgebieten allein die Voraussetzungen für die Versorgung der Bedarfsgebiete noch nicht erfüllt sind. Die Samenbeförderung sowohl als auch die sichere Ablagerung und Einbettung am bedürftigen Standort sind alsdann die entscheidenden Umstände. Für die Samenzufuhr ist der örtliche Verlauf der Strömung wichtig, zum Teil auch für die Ablagerung. Außerdem entscheidet gerade über den letzten Punkt das im Herbst, Winter und Frühjahr herrschende Wetter und dessen Einfluß auf die Standortsveränderungen. Wie unmittelbar sich solche Einflüsse bemerkbar machen, wurde besonders nach den schweren Sturmfluten vom Oktober des Jahres 1936 fühlbar. Der laut Abbildung 36 gut gelungene Versuch im nordöstlichen Winkel des Dammes hatte unter den Einwirkungen der Stürme schwer zu leiden. Die für das Jahr 1937 erwartete Begrünung, die sich an der Südseite des Dammes in bester Weise auch vollzogen hat, blieb an der Nordseite zum größten Teil aus, weil der Wellenschlag die samentragenden Mutterpflanzen zerstört oder fortgeschwemmt hatte. Außerdem war der Wassergehalt der oberen Schlicklagen durch Zuschlemmung der entwässernden Grüppeln so hoch gestiegen, daß die Wattoberfläche halbflüssige Eigenschaften angenommen hatte. In solchen und ähnlichen Fällen ist es mit der einmaligen Ansaat nicht getan. Sie muß genau so wie das Auswerfen der Grüppeln wiederholt werden.

Aus diesen Darlegungen mag hervorgehen, daß die Dinge um die Erstbesiedelung der Watten durchaus nicht so einfach liegen, und daß die althergebrachte Ansicht, der Queller komme ganz ohne unser Zutun, der kritischen Prüfung vor allem von der dynamisch-vegetationskundlichen Untersuchungs-

richtung her bedurfte. Die biologischen Verhältnisse im Wattenmeer sind nicht so geartet, daß man von einem floristischen Gleichgewicht sprechen darf. Die vor den Deichen wirksamen, übergeordneten Kräfte wie Flut und Ebbe und alle auf sie zurückgehenden Standortsbedingungen sowie die auf die Küste zuströmenden Westwinde können das für die Wattenbesiedelung örtlich vorhandene Verhältnis zwischen Samenangebot und Samennachfrage augenblicklich sowohl als auch auf längere Sicht stören und damit ein harmonisches Gleichgewicht unter Umständen dauernd unterbinden. Hier aber setzt die künstliche Ansaat ein. Sie macht uns in weitem Maße unabhängig und eröffnet einen breiten Raum für fortgeschrittene Landgewinnungsarbeiten im Wattenmeer.

IV. Zusammenfassung und Folgerungen für die praktische Landgewinnung.

1. In der Einleitung werden die Richtlinien der auf biologischer Grundlage zu fördernden Landgewinnungsarbeit grundsätzlich herausgestellt und Einrichtung und Aufgaben des im Jahre 1934 von der Forschungsabteilung in Büsum errichteten Wattenmeer-Laboratoriums geschildert.

2. Auf Grund zahlenmäßiger Untersuchungen wird im Abschnitt II die *Ausbreitungskraft* — Samenerzeugung, Samenstreuung und -verbreitung — der Quellergesellschaft erörtert. Das natürliche Salicornietum besiedelt an wohl kaum einer Stelle der Küste restlos den Wattenraum, der — rein höhenmäßig gesehen — für die Besiedelung geeignet wäre.

Als wirksame Hilfe für die praktische Landgewinnungsarbeit erfährt das natürliche Salicornietum eine Aufteilung nach dynamischen Gesichtspunkten. Die haushaltmäßige Betrachtung gliedert das Küstengebiet

- a) in Queller - B e d a r f s gebiete,
- b) in Queller - E i g e n v e r s o r g u n g s gebiete und
- c) in Queller - U e b e r s c h u ß gebiete.

Diese Aufteilung zeigt dem Praktiker unter anderem, an welchen Orten der Küste eine Steigerung der Verlandungsvorgänge erfolgversprechend erscheint.

3. Im Abschnitt III wird die Entwicklung der praktischen *Kulturmaßnahmen* vom einleitenden, kleinräumigen Gelände- und Laboratoriumsversuch bis zur großangelegten, nicht allein die Westküste der Provinz Schleswig-Holstein, sondern auch die übrige deutsche Nordseeküste und westfriesische holländische Küste umfassenden Methode geschildert.

4. Die *Technik* der Samengewinnung wird besprochen. Die Queller-mutterpflanzen werden im Oktober gemäht und eingelagert. Wegen ihrer Einfachheit und weitgehenden Uebereinstimmung mit den natürlichen Vorgängen

am freien Standort wird das Spülen unter Wasserdruck zum Hauptverfahren erklärt. Die gewonnenen Samen behalten ihre volle Keimfähigkeit.

5. Zur flutsicheren Einbringung der Samen auf nackten Wattflächen wird ein neues Gerät — der Watt-Drillschlitten — hergestellt, und zwei Saatbettbereiter, die Drillkufe für Schlickwatten und die Drillschar für Sandwatten, werden in Betrieb genommen.

6. Durch Ansaatversuche auf den Watten entlang der ganzen Küste wurde nachgewiesen, daß der Salzgehalt der Bodenlösungen in ständig wassergesättigten Wattböden von 7^{0/00} bis 32^{0/00} betragen kann, ohne daß Unterschiede im Gelingen der Ansaat erkennbar werden. Im Gegensatz dazu ist der Schwefelwasserstoffgehalt des in flachen Resttümpeln verbleibenden Oberflächenwassers jedem Quellerwuchs schädlich.

7. Die physikalischen Standortseigenschaften werden aufgeteilt in Wassergehalt und Korngrößen Aufbau der Wattablagerungen einerseits und Ueberflutungsdauer und Wasserbewegung andererseits. Je wasserärmer die zu besäende Wattoberfläche ist, umso größer und sicherer ist der Erfolg der Ansaat. Ueber Zweckmäßigkeit, Notwendigkeit und Erfolg der künstlichen Ansaat muß das auf Erfahrung beruhende Ansprechen der Wattablagerung entscheiden. Ein hoher Wassergehalt ist immer schädlich, auch dann, wenn das Wasser chemisch einwandfrei ist.

8. Der Korngrößen Aufbau der besäten Watten wurde gebietsmäßig untersucht. Ihm konnte für das äußere Wuchsbild keine Bedeutung beigemessen werden. Die Reifung der Pflanzen erfolgt auf sandigen Watten früher als auf schlickigen. Die Wattform des Quellers, *Salicornia herbacea* L. f. „*stricta*“, ist nicht an Flugsand angepaßt. Die Epidermis wird durch Sand-schliff zerstört.

9. Uebereinstimmend mit den früheren Ansichten wird dem Faktor Ueberflutungsdauer eine große Bedeutung beigemessen. Abweichend davon wird jedoch vor einer einseitigen, übertriebenen Bewertung gewarnt. Sein ökologischer Wert wird durch die Standortseigenschaften: Bodenaufbau und Wasserbewegung überlagert. Je schlickiger und wasserärmer das Watt und je ruhiger die Lage ist, um so später macht sich die Ueberflutungsdauer als begrenzender Faktor bemerkbar.

10. Von praktischer Bedeutung ist die Kenntnis der Merkmale der biologischen Eignung der Wattablagerung. Schädlich wirken solche Kräfte, die den Standort beschatten (Algen, Seegras) oder beunruhigen und mit Wasser anreichern (Sandwürmer, flutende Algenkolonien bzw. Seegras und Würmer). Als Maßnahmen von dauerhafter Gegenwirkung gelten allein solche, die die ökologischen Bedingungen abzuändern vermögen.

11. Die entscheidende Frage liegt stets beim Wasser. So sehr der Verlandungsvorgang der täglichen Wiederkehr des Wassers als bewegender und erzeugender Kraft bedarf, so sehr sollte jeder Wasserrest mit einsetzender

Ebbe bis zur erneuten Ueberflutung von der Wattoberfläche verschwinden. Je eher dieser Zustand durch natürliche oder künstliche Gliederung erreicht wird, umso eher erscheinen die bodenbildenden Kräfte. Das nicht abfließende Wasser ist der Hemmschuh aller Landbildungsvorgänge. Alle wichtigen Grunderscheinungen — die physikalischen, chemischen und biologischen — finden im Wasser das Mittel, um wirksam zu werden. Das restlose Inderhandhaben der so vielfältigen Erscheinungsformen des Wassers ist schlechthin die Aufgabe an der Küste. Der Spaten beherrscht den kleinen Wasserhaushalt. Nicht große Werke allein schaffen das Land; erst die mühevoll, auf die Entwicklung sehende, planvolle Kleinarbeit bereitet und bewahrt den künftigen Boden. Zur Beschleunigung der Verlandungsvorgänge wird die Einführung der Frühbegrüppelung mit sogleich anschließender Ansaat gefordert.

12. Zum Abschluß der Untersuchungen werden Durchführung und Ergebnisse der künstlichen Ansaat besprochen. Das einfachste Modell des Drillschlittens ist im Watt das zweckmäßigste und betriebsicherste. Viele Bedarfsgebiete bedürfen nur der einmaligen Impfung. Widrige, im Boden oder auch in der Witterung ruhende Einflüsse können sich in hemmender Weise bemerkbar machen, so daß die Impfung im folgenden Jahre zu wiederholen ist. Die Initialphase des Salicornietums konnte auf sandigen und schlickigen Watten erfolgreich eingeleitet werden. Wo bis 1935 ausgesprochene Bedarfsgebiete, die keine Aussicht auf günstige Weiterentwicklung boten, vorlagen, konnten bereits zwei Jahre später nach einmaliger Impfung starke Ueberschuß-, ja sogar Erntegebiete vermerkt werden.

Die Bedeutung der künstlichen Ansaat für den dynamischen Zustand wird durch die Ansaat- und Vermehrungsergebnisse aufgezeigt. Mit dem örtlichen Samenüberschuß allein ist es nicht getan. Verbreitung, Ablagerung und Einbettung der Samen bestimmen letztlich den Zustand. Stellen sich diese verbreitungsbiologischen Faktoren den Zielen der Landgewinnung hindernd in den Weg, so müssen sie durch die künstliche Quelleransaat mit Hilfe des oben geschilderten, bereits im großen Maßstab in die Landgewinnungspraxis eingeführten Verfahrens schlagartig überwunden werden.

V. Schriftenverzeichnis.

- BRAUN — BLANQUET, J. und W. C. DE LEEUW: Vegetationsskizze von Ameland. Nederlandsch Kruidkundig Archief, Deel 46, 1936.
- BUCHENAU, FRANZ und W. FOCKE: Die Salicornien der deutschen Nordseeküste. Abhdl. Naturw. Ver. Bremen, III, 1873.
- CHRISTIANSEN, WILLI: Die Außendeichvegetation v. Schleswig-Holstein mit besonderer Berücksichtigung von Föhr. Föhrer Heimatbücher, 1927.
- FEEKES, W.: De ontwikkeling van de natuurlijke vegetatie in de Wieringermeerpolder, de eerste groote Droogmakerij van de Zuiderzee. Nederlandsch Kruidkundig Archief, Deel 46, 1936.

- KÖNIG, DIETRICH: Die deutschen *Salicornia*-Formen, insbesondere der Nordseeküste. In Vorbereitung.
- KOLUMBE, E.: Die Bedeutung der Pflanzen für die Landgewinnung an der schleswig-holsteinischen Westküste. *Heimat* 42, 9 — 1932.
- KOLUMBE, E.: Die Landgewinnung an den Küsten der Nordsee auf biologischer Grundlage. *Der Biologe*, 1933.
- NIENBURG, W. und E. KOLUMBE: Zur Oekologie der Flora des Wattenmeeres, II. Teil. Das Neufelder Watt im Elbmündungsgebiet. *Wiss. Meeresunters. Abt. Kiel*, 1931.
- NITZSCHKE, H.: Die Halophyten im Marschgebiet der Jade. *Vegetationsbilder*, Reihe 14, 4. 4. 1921/22.
- STOCKER, O.: Beiträge zum Halophytenproblem, I u. II. *Zeitschrift f. Botanik* 16 u. 17 — 1924 u. 1925.
- THAMDRUP, H. M.: Beiträge zur Oekologie der Wattenfauna auf experimenteller Grundlage. *Medd. Komm. f. Danmarks Fiskeri-og Havundersøgelse. s. Fiskeri* X. 2, 1935.
- WOHLENBERG, ERICH: Die Grüne Insel in der Eidermündung. *Arch. d. Deutschen Seewarte*, 50. Bd. Nr. 2. 1931.
- WOHLENBERG, ERICH: Ueber die tatsächliche Leistung von *Salicornia herbacea* L. im Haushalt der Watten. *Wiss. Meeresunters. Abt. Helgoland* Bd. XIX, 3 — 1933.
- WOHLENBERG, ERICH: Biologische Landgewinnungsarbeiten im Wattenmeer. *Der Biologe*, 1934.
- WOHLENBERG, ERICH: Biologische Forschung und Praxis an der Westküste. *Jahrbuch Heimatbund Nordfriesland* Bd. 23 — 1936.
- WOHLENBERG, ERICH: Die Wattenmeer-Lebensgemeinschaften im Königshafen von Sylt. *Helgoländer wiss. Meeresuntersuchungen*. Band I, H. 1 — 1937.

Schichtenaufbau und Entwicklungsgeschichte des dithmarscher Alluviums.

Von Ernst Dittmer.

Inhalt.

I. Einleitung	106
II. Bisherige Ansichten	108
III. Der voralluviale Untergrund	109—113
A. Das Tertiär	109
B. Das Diluvium	109
1. Das Altdiluvium	109
2. Das jüngste Interglazial.	
a) Die Eemformation. b) Interglaziale Süßwasserbildung	110
3. Das Jungdiluvium	112
IV. Das Alluvium	114—141
A. Das Frühalluvium	114
B. Das Altalluvium	116
1. Die Transgressionsschicht	116
2. Die Cardium-Corbula-Schichten	120
3. Die Corbula-Nucula-Schichten	121
4. Die Abra-Macoma-Schichten	122
5. Die besondere Entwicklung im Elbmündungsgebiet	123
C. Das Mittelalluvium	125—134
1. Die Entstehung des Kleves	125
2. Die Entstehung des Donns (Haken)	125
3. Die Morphologie der Haken und Nehrungen	126
4. Die Stratigraphie des Mittelalluviums	129
a) Nehrung 1. b) 1. Haffbildung. c) Nehrung 2. d) 2. Haffbildung.	
e) Nehrung 3. f) 3. Haffbildung. g) Der Süderdonn. h) 4. Haff-	
bildung. i) Nehrung 4. k) 5. Haffbildung.	
5. Die Fauna des Mittelalluviums von St. Michaelisdonn	131
6. Die Lundener Nehrung	132
7. Zur Frage des Elblaufs	133
8. Folgen der Nehrungsbildung	133
9. Die strandfernen Ablagerungen des mittelalluvialen Meeres	133
D. Das Jungalluvium	134—141
1. Die Cardium-Schichten	134
2. Die alte Marsch	136
3. Die junge Marsch	138
4. Erste Bedeichung	139
5. Landverluste?	139
6. Die Gegenwart	139
7. Die heutige Schalenfauna	140
V. Die Krustenbewegungen im dithmarscher Alluvium	141
VI. Die Mollusken des dithmarscher Alluviums	143—147
A. Gastropoda	143
B. Lamellibranchiata	144
VII. Zusammenfassung	147
Schriftenverzeichnis.	

I. Einleitung.

Als im Jahre 1935 mit den Bauarbeiten zur Sicherung der Friedrichskoogspitze begonnen wurde, war es nicht mehr möglich gewesen, umfangreiche Voruntersuchungen auszuführen. Die augenblickliche Gefahr forderte entschlossenes Handeln. Erst während der eigentlichen Bauarbeiten wurde für die geplante Verlängerung des Dammes nach Trischen eine Anzahl von Bohrungen angesetzt, mit deren Bearbeitung die Forschungsabteilung in Büsum beauftragt wurde.

Die Bearbeitung der Bohrergergebnisse zeigte sehr bald, daß sie nicht mit den bisherigen Ansichten über den geologischen Aufbau Dithmarschens in Einklang zu bringen waren. Auch war es nicht möglich, aus der Kenntnis eines so eng begrenzten Gebietes wie der Marner Plate auf die geologischen Verhältnisse ganz Dithmarschens Schlüsse zu ziehen.

Um nun für die künftigen Bauaufgaben an der Küste und die Landgewinnungsarbeiten von vornherein einen Ueberblick über den Bestand und die Entwicklung in den letzten Jahrhunderten und Jahrtausenden zu gewinnen, erwies es sich als notwendig, das Netz der Bohrungen auf Gebiete zu erstrecken, die zuerst landfest geworden waren, also insbesondere die alten Marschen. Ueber den Adolf Hitler-Koog wurde ein Profil quer durch die alte Marsch bis an den Geestrand gelegt. Dort brachten die ersten Aufschlüsse für den Aufbau und die Entwicklungsgeschichte des ganzen dithmarscher Alluviums so wichtige Erkenntnisse, daß eine eingehendere Untersuchung der als Oberflächenformen seit langem bekannten Nehrungen bei St. Michaelisdonn gerechtfertigt erschien und alsbald in Angriff genommen wurde. Die Kenntnis von der Entstehung solcher Bildungen konnte außerdem für die praktische Forschungsarbeit an der Westküste wertvolle Hinweise für die Vorgänge an heutigen Nehrungsküsten wie etwa Sylt bringen.

Von Süden her wurden dann die Bohrungen nordwärts bis zur Eider und darüber hinaus vorgetrieben. Insgesamt ließ die Forschungsabteilung etwa 40 bis 45 m tiefe Bohrungen ausführen.

Neben der Stratigraphie und der Entwicklungsgeschichte wurde naturgemäß auch anderen für die Landgewinnung und Küstenverteidigung wichtigen Fragen nachgegangen, von denen nur einige gestreift seien.

Die Frage der Sand- und Schlickwanderung ist so ungemein schwierig und durch die Beobachtung der heutigen Vorgänge allein so schwer zu lösen, daß die Kenntnis von der Verteilung dieser beiden wichtigen Stoffe in früheren Zeiten dazu beitragen muß, die allgemeinen und besonderen Gesetze der Verfrachtung und Ablagerung der Sinkstoffe in unserem Küstengebiet herauszustellen. Noch sind wir von der Lösung dieses Problems weit entfernt, aber jede Bohrung kann einen Schritt weiter helfen. Die geologische Bestandsaufnahme ist auch auf diesem Gebiet eine unerläßliche Voraussetzung.

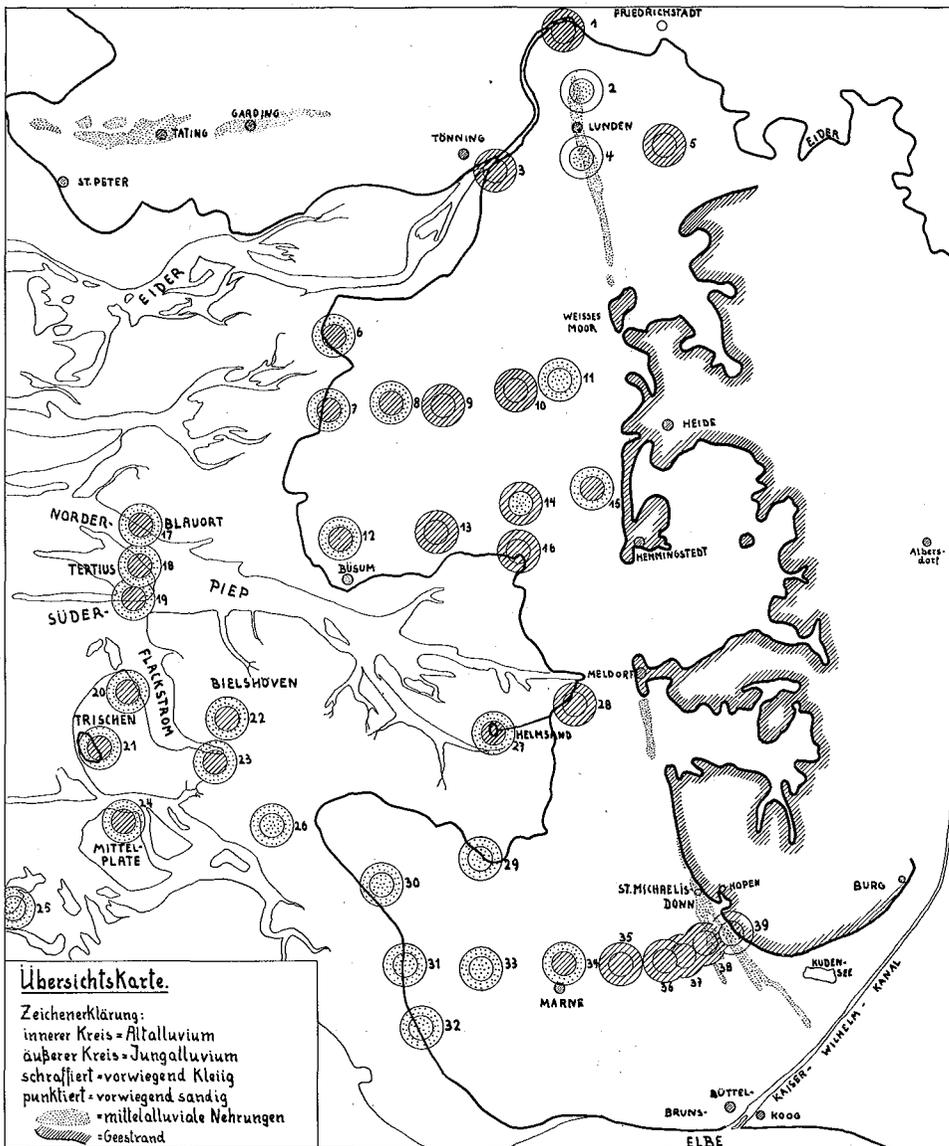


Abb. 1. Die Lage der Bohrungen in Dithmarschens Marsch und Wattenmeer.

Die Gestaltung früherer Küsten, das Vorhandensein früherer Meere, Buchten und Wattströme festzustellen, ist Aufgabe der geologischen Forschung. Die Kenntnis ihrer Entwicklung, die Veränderung der Lage und der Tiefen können wichtige Hinweise für heutige und zukünftige Vorgänge bringen. Auch diese Fragen können nur durch Bohrungen und deren erdgeschichtliche Auswertung beantwortet werden.

Die Frage der Küstensenkung kann für die praktischen Arbeiten im dithmarscher Gebiet vernachlässigt werden, da die Senkungsbeträge als unbedeutend erkannt wurden. Für die allgemeinen erdgeschichtlichen Vorgänge und den Vergleich mit anderen Gebieten ist sie wichtig genug, um sorgfältig geprüft zu werden.

Die Untersuchungen sind so umfangreich geworden, weil aus dem dithmarscher Watten- und Marschgebiet frühere geologische Arbeiten, auf denen man hätte weiterbauen können, nur in auffallend geringem Umfange zur Verfügung standen. Bohrtechnische Schwierigkeiten und die ungewöhnliche Mächtigkeit der Marschablagerungen haben der geologischen Forschung eine wirtschaftliche Grenze gesetzt und sie auf bestimmte Gebiete beschränkt. Die Mehrzahl der Arbeiten betrifft den Geestrand und die alten Nehrungen, während das ganze übrige Gebiet bisher unerforscht geblieben war.

Erst die Planung und Ausführung großer Landeskulturarbeiten an der Küste und die Forderung, dem Meere neues Land abzurufen, brachte die Notwendigkeit mit sich, das gesamte Gebiet zu bearbeiten, und zwar nicht um der wissenschaftlichen Fragestellung willen, sondern um aus dem Vergangenen für Gegenwart und Zukunft zu lernen und praktischen Nutzen zu ziehen.

Wenn auch die vorliegenden Untersuchungsergebnisse keine abschließenden Erkenntnisse über den Schichtenaufbau und die Entwicklungsgeschichte des dithmarscher Alluviums erbringen konnten, so ist mit ihnen doch ein erster klarer Ueberblick über den erdgeschichtlichen Aufbau und seine Entwicklungsgeschichte gewonnen.

II. Bisherige Ansichten.

Wie oben angedeutet, beschäftigt sich das geologische Schrifttum Dithmarschens fast ausschließlich mit dem für die erdgeschichtliche Entwicklung wichtigen Problem der Nehrungsbildung an der ehemaligen dithmarscher Geestküste.

Es gelang den verschiedenen Forschern jedoch nicht, zu endgültigen und übereinstimmenden Ergebnissen zu kommen, da sie tiefere Bohrungen nicht zur Verfügung hatten.

Nach JESSEN (1922) soll der bereits von VON MAACK und MUELLENHOFF vermutete Hauptarm der Elbe ehemals an der dithmarscher Geest entlang nordwärts geflossen sein. MUELLENHOFF stellte in Bodenerhebungen in Norder- und Süderdithmarschen die angeblichen Uferränder dieser „Elbe“ fest. Westlich dieser Linie, die sich von Brunsbüttel über die Reihe der Wurdtdörfer Schmedeswurth, Diekhusen, Fahrstedt, Marne, Helse, Trennewurth zum Meldorfer Hafen zieht, soll nach JESSEN die See marsch, östlich davon die Flußmarsch liegen. Die Donns und Haken führt er auf nach Norden gerichtete Strömungen zurück.

NAGEL (1924, 1932) führt gegen die Anschauungen JESSEN's an, daß die Gabelung der Nehrungen bei St. Michaelisdonn eher für entgegengesetzte Richtung der Strömungen spräche. Beim Bau des Nordostseekanals seien außerdem marine Schichten angetroffen worden, so daß ein alter Elblauf in dieser Gegend unmöglich vorstellbar wäre. Für die tiefere Lage der inneren Marsch nimmt er an, daß sie eine Folge der Ablagerungsverhältnisse sei. Er kommt zu dem Schluß, daß man zur Klärung der erdgeschichtlichen Verhältnisse in Dithmarschen eines Hauptarmes der Elbe an der Innenküste nicht bedürfe, und sich ein solcher auf geschichtlichem wie auf geologischem Wege nicht nachweisen lasse.

SCHUETTE (1927) und ERNST (1934) treten, ohne zu den Ausführungen JESSEN's Stellung zu nehmen, der JESSEN'schen Annahme bei.

BECKSMANN (1936) greift erneut das Problem der Nehrungsbildung auf und versucht, mit Hilfe eines Vergleichs des unter der Nehrung vorgefundenen Torfes mit ähnlichen auf der Insel Föhr gefundenen Bildungen ihr Alter zu bestimmen.

Ueber die Küstensenkung in Dithmarschen äußert sich WOLFF (1929). Durch Untersuchungen am Weißen Moor kommt er zu dem Schluß, daß die Senkungsbeträge in geschichtlichen Zeiten ganz unbedeutend gewesen sind.

III. Der voralluviale Untergrund.

A. Das Tertiär

Abgesehen von den Erdölgebieten von Heide—Hemmingstedt sind tertiäre Schichten, und zwar solche des Pliozäns für Norderdithmarschen, durch zahlreiche Bohrungen bekannt geworden (HECK, 1935). Ein neues Vorkommen ist von Walle, westlich Wöhrden, zu melden, wo feine pliozäne Sande das Diluvium in 33,0 m Tiefe unterlagern. Viel pliozänes Material im jüngsten Talsand weist darauf hin, daß das Pliozän in Norderdithmarschen weit verbreitet ist. Im Gebiet der unteren Eider liegt die Oberfläche des Tertiärs sehr tief. Die bekannte Bohrung bei Tönning hat das Pliozän erst in mehr als 200 m Tiefe erreicht, eine Bohrung unweit Friedrichstadt hat mit 145 m das Diluvium nicht durchteuft. In Süderdithmarschen und dem Elbmündungsgebiet ist über das Tertiär wenig bekannt.

B. Das Diluvium.

1. Das Altdiluvium.

Die Bohrungen haben gezeigt, daß das Diluvium der Hauptvereisung die Marsch in einem Gebiet unterlagert, das etwa durch folgende Punkte begrenzt wird: Meldorfer Hafen, Neuenkrug, Haferwisch, Weddingstedt. Es sind dies bisher die einzigen Stellen, bei denen Geschiebemergel und altdiluviale Sande unter verhältnismäßig geringmächtiger Marsch (4—12 m) erbohrt wurden.

Bändertonmergel, gleichfalls der Hauptvereisung angehörend, wurde in einer Bohrung bei Schlichting unter 15 m mächtigem, jüngerem Tal-sand angetroffen. Nach Angaben des Brunnenbaumeisters R. Stade, Heide, sowie nach HECK (1932) soll dieser Beckenton im Untergrund der Eiderniederung verbreitet vorhanden sein.

Die fluvioglazialen Sande der Hauptvereisung werden nur in den wenigsten Fällen mit Sicherheit von den jüngeren zu trennen sein. Es darf wohl angenommen werden, daß dort, wo Sande das Liegende des Alluviums bilden, wir es im allgemeinen mit solchen der letzten Eiszeit zu tun haben. Sicher saaleeiszeitlich sind die Sande und Kiese unter dem Interglazial von Wöhrden (siehe weiter unten).

2. Das jüngste Interglazial.

a) Die Eemformation.

Es ist das Verdienst HECK's, die Kenntnis von den interglazialen Ablagerungen an der Westküste Schleswig-Holsteins wesentlich erweitert zu haben. Es gibt wohl keinschwierigere Fragestellung in unserem Gebiet, als die der Verbreitung des Eemmeeres, da die Vorgänge während und nach der letzten Vereisung die Grenzen verwischt haben. Gerade im Grenzgebiet zwischen Nordfriesland und Dithmarschen werden die aus der Eider kommenden Schmelzwässer viel zerstört haben, so daß hier ganz besonders unklare Verhältnisse vorliegen.

Nach HECK (1932) drang das Eem-See über Nordfriesland bis weit in die Eiderniederung (Oldenbüttel) vor und entsandte ebenso einen Arm nach Dithmarschen, bis in die Gegend von Wesselburen und Tiebensee. Auch von Lunden werden Eem-Schichten gemeldet. Da jedoch das von HECK wiedergegebene Profil der Bohrung bei der Bahnmeisterei in Lunden nicht in Einklang zu bringen war mit den Ergebnissen der von der Forschungsabteilung in der Umgebung von Lunden ausgeführten Bohrungen, wurde eine zusätzliche Bohrung für notwendig gehalten. Sie hatte folgendes Ergebnis:

Bohrung Lunden, neben der Bahnmeisterei.	
0,00—0,60	Grauer bis weißer Dünensand, mittel.
0,60—2,50	desgl., mit humosen Beimengungen.
2,50—2,70	Schilftorf, oben sandig.
2,70—3,40	Darg. [Bruchwaldtorf.]
3,40—4,90	Dunkler, zersetzter Torf, übergehend in hellbraunen Schilf- und
4,90—5,10	Schilftorf.
5,10—6,70	Darg.
6,70—7,80	Kiesiger Grobsand mit bis zu faustgroßen Steinen.
7,80—8,30	Sand, grob bis kiesig.
8,30—8,70	desgl., mit kleinen Steinen.
8,70—8,72	Dunkelgrauer, fetter Klei.
8,72—10,00	Grobsand.
10,00—10,05	Grauer, geschichteter Klei, mager bis fett.
10,05—(15,00)	Grauer Sand, fein bis mittel, schwach kleiig und kleistreifig mit einzelnen Schalen (<i>Scrobicularia</i> , <i>Macoma</i> , <i>Cardium</i> , <i>Corbula Litorina</i> , <i>Hydrobia</i>).

Die Bohrung hat also nur alluviale Schichten erschlossen.

Auch Bohrungen des Brunnenbaumeisters Stade haben in Lunden niemals das Eem angetroffen. Erst nördlich Lunden, bei Lehe und Preil, ist solches bei 23 beziehungsweise 22 m Tiefe in fossilreicher, kiesig-steiniger Fazies erschlossen worden. Südlich Lunden hat die Bohrung bei Krempel (4) bis zu 32 m Tiefe nur diluviale Schmelzwassersande vorgefunden. In Tiebensee lag unter einem alluvialen *Tapes*-Konglomerat (siehe Abb. 2) Geschiebemergel. Ebenso hat keine der übrigen Bohrungen in Norderdithmarschen Eem-Schichten angetroffen, so daß wir annehmen müssen, daß die Grenze des Eem-Meeress nicht südlich von Lunden gelegen hat.*)

Das Eem von Lehe und Preil ist durch reiche Fossilführung ausgezeichnet. Die Bohrung Lehe (2) enthielt in steinigem Grobkies von 28,10—31,40 m unter anderem:

Tapes senescens Doed.
Ostrea edulis L.
Mytilus edulis L.
Cardium edule L.
Corbula gibba Olivi.
Nassarius reticulatus L.
Bittium reticulatum D. C.
Hydrobia ulvae Penn.
Macoma balthica L.
Mya truncata L.
Divaricella divaricata L.

Eine ähnliche Zusammensetzung der Fauna enthielten die gleichartigen Schichten der Bohrung Preil (1).

Auf das Vorkommen von Eem-Fossilien im Talsand wird noch zurückzukommen sein.

b) Interglaziale Süßwasserbildungen.

Das Vorhandensein eines Eem-Meeress in Dithmarschen wird weiterhin unwahrscheinlich durch das Vorkommen von nicht marinen interglazialen Ablagerungen, die die Bohrung Wörden (14) durchteufte. Nachstehend das Profil:

0,00—14,40	Alluvium.
14,40—28,80	Kies und Sand, jüngstes Fluvioglazial.
28,80—30,50	Brauner, humoser, pyrit- und glimmerhaltiger Ton, Interglazial.
30,50—33,00	Graubunter Grobsand, älteres Fluvioglazial.
33,00—?	Feiner, weißer Sand, Pliözän.

Es wird den pollenanalytischen Untersuchungen vorbehalten bleiben, welcher Stufe des Interglazials diese Schichten angehören. Es dürfte jedoch an dem zwischeneiszeitlichen Alter kein Zweifel sein.

*) Ueber die Ausdehnung des Eem-Meeress wird später ausführlich berichtet werden.

3. Das Jungdiluvium.

Die jungdiluvialen Sande und Kiese machen den größten Teil des voralluvialen Untergrundes aus. Es handelt sich zum Teil um feine bis grobe Sande, zum Teil um Kiese mit bis zu faustgroßen Steinen. Letztere beherrschen den südlichen Teil Dithmarschens und dürften zur Hauptsache durch die Schmelzwässer der Elbe herangebracht worden sein, während die feineren Sande in Norderdithmarschen und Eiderstedt aus dem Urstromtal der Eider gekommen sein werden. Doch bestehen auf beiden Seiten Ausnahmen.**)

Die Korngröße nimmt mit der Tiefe im allgemeinen zu. Wenn die obersten Schichten gleichmäßig feinkörnig sind, wie das häufig der Fall ist, dann ist es allerdings schwierig, zu entscheiden, ob es sich um fluvioglaziale oder anemogene Bildungen des Peri- oder Postglazials handelt. Geröllagen sind in größerer Tiefe nicht selten, selbst richtige Steinpackungen kommen besonders im Elbmündungsgebiet vor.

Die Mächtigkeit der jungdiluvialen Talsande kann bis zu 15 m betragen.

Fast immer ist das Fluvioglazial mehr oder weniger kalkhaltig. Der Kalkgehalt kann herrühren:

- 1) von aufgearbeiteter Kreide (Gerölle, Bryozoen),
- 2) von aufgearbeitetem Bändertonmergel, dessen kleinste Gerölle häufig dem Talsand beigemischt sind,
- 3) von silurischen Geröllen und Fossilien, die gar nicht selten sind,
- 4) von aufgearbeitetem Eem.

Der Kalkgehalt ist also kein Unterscheidungsmittel zwischen diluvialen und alluvialen Ablagerungen. Es gibt kalkreiche Talsande und völlig kalkfreie Grobkiese und Sande alluvialen Alters.

In verschiedenen Bohrungen wurden im Talsand Eemfossilien angetroffen. So enthielt die Bohrung Welt bei Vollerwiek (Eiderstedt) zahlreiche Stücke von *Divaricella divaricata*. Im nordfriesischen Gebiet sind Eemfossilien sehr häufig im Talsand vertreten (nach freundlicher Mitteilung von Dr. Simon). Diese Tatsache zeigt, daß während der letzten Eiszeit die Ablagerungen des Eem-Meeres durch die Schmelzwässer teilweise aufgearbeitet wurden. Möglicherweise sind dabei sogar ganze Gebiete ausgeräumt worden, so daß die Grenze des Eem-Meeres in solchen Gebieten vielleicht nicht mehr festzustellen ist.

Bei der Beurteilung von Bohrproben, die Eemfossilien enthalten, ist in Zukunft Vorsicht geboten. Nicht alles, was bisher als Eem galt, wird als solches zu gelten haben. Selbst während des Alluviums dürfte an gewissen Stellen das Eem aufgearbeitet worden sein, und solange das Alluvium und dessen Fossilführung nicht bekannt war, war die Eingliederung mancher Schichten nicht immer einfach.

***) Im westlichen Eiderstedt dürfte das Liegende des Alluviums altdiluvialen Alters sein.

An sonstigen Bestandteilen im Talsand sind vor allem Holz- und sonstige Pflanzenreste zu nennen, die wohl meist aus interglazialen Torflagern herkommen. Fast in ganz Norderdithmarschen enthalten die jungdiluvialen Sande solche Beimengungen. Material pliozänen Ursprungs dürfte besonders in den feinkörnigen Sanden mit hohem Anteil an Magnetit und Ilmenit enthalten sein.

Die Morphologie des voralluvialen Untergrundes ist nach den bisherigen Feststellungen ziemlich einförmig.

Am höchsten ragt das oben erwähnte Grundmoränengebiet vor Heide hervor, über dem die Marschablagerungen nur bis 14 m mächtig werden. Im ganzen übrigen Gebiet liegt die Talsandoberkante schon in geringer Entfernung in etwa 20 m Tiefe. Selten werden mehr als 24 m erreicht, und nur im Bereich der nacheiszeitlichen Elbe und Eider, sowie außerhalb der Linie Büsum-Tating, sinkt die Oberfläche bis auf 27—36 m ab.

Die größten Mächtigkeiten des Alluviums finden wir im ehemaligen Elbelauf, der sich in der Nacheiszeit über Marne, Adolf Hitler-Koog nach Trischen hinzog (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1.

Die Mächtigkeit des Alluviums in Dithmarschen.

1. Bohrung Preil	18,0 m	21. Bohrung Trischen I	36,0 m
2. „ Lehe	28,0 m	22. „ Bielhöven	24,7 m
3. „ Karolinenkoog	18,3 m	23. „ Hundeloch	25,0 m
4. „ Krempel	22,8 m	24. „ Mittelplate	33,8 m
5. „ Schlichting	10,8 m	25. „ Gelbsand	mehr als 31,0 m
6. „ R. H. 436	22,4 m	26. „ Marner Plate II	33,5 m
7. „ R. H. 448	22,5 m	27. „ Helmsand	24,3 m
8. „ Norddeich	20,5 m	28. „ R. H. 508	18,2 m
9. „ Wesselburen	17,4 m	29. „ R. H. 520	23,5 m
10. „ Haferwisch	12,4 m	30. „ R. H. 534	30,9 m
11. „ Tiebensee	10,4 m	31. „ Adolf Hitler-Koog	28,9 m
12. „ Groven	23,8 m	32. „ Kaiser Wilhelm-Koog	23,4 m
13. „ Osterhof	20,2 m	33. „ Kronprinzenkoog	25,3 m
14. „ Wöhrden	14,4 m	34. „ Darenwurth	27,0 m
15. „ Neuenkrug	9,5 m	35. „ Volsenhusen	20,1 m
16. „ R. H. 493	23,1 m	36. „ Rösthusen	23,0 m
17. „ Blauort	25,3 m	37. „ St. Michaelisdonn II	22,2 m
18. „ Tertius II	—	38. „ St. Michaelisdonn IV	—
19. „ Tertius I	28,3 m	39. „ St. Michaelisdonn I	13,0 m
20. „ Trischen VIII	28,8 m		

IV. Das Alluvium.

Tabelle 2.

Jung- alluvium	Cardien-Schichten	Junge Marsch Alte Marsch	Senkung III	1938 800 n. Chr.?
			Hebung II	
Mittel- alluvium	Donn-Schichten oder Spisula-Schichten	Düne 5 Nehrung 4 Düne 4 Düne 3 Nehrung 3 Düne 2 Nehrung 2 Düne 1 Nehrung 1	Senkung II	4000 v. Chr.
			Hebung I	
Alt- alluvium	Abra-Macoma-Schichten Corbula-Nucula-Schichten Cardium-Corbula-Schichten Transgressionsschichten		Senkung I	
Früh- alluvium	Flachmoortorf Birken-Kiefernbruchwaldtorf Dünen?			5500 v. Chr.
Diluvium	Schmelzwassersand und -kies		(Hebung)	18000 v. Chr.

A. Das Frühalluvium.

Als Frühalluvium bezeichne ich die Festlandsperiode vom Ende der letzten Vereisung bis zum Beginn der marinen Ueberflutung im Atlantikum. Im wesentlichen dürfte sie mit der Ancylus-Zeit des Ostseeraumes zusammenfallen.

Am Schluß der letzten Eiszeit, etwa 18 000 Jahre v. Chr., lag die ganze südliche Nordsee trocken (SCHUETTE, 1927). Die unfruchtbaren Talsandflächen der schleswig-holsteinischen Westküste hatten ein wüstenhaftes Gepräge, da das Grundwasser in dem lockeren und durchlässigen Sand und Kies stark abgesunken war. Die jüngst abgelagerten, fluvioglazialen Sande waren dem Spiel des Windes preisgegeben. Doch nur, wo die Korngröße es zuließ, entstanden Dünen, wie am Rande der Elbe von Schulau bis Bielenberg, wo sie noch heute die Marsch durchragen (DITTMER, 1938). In Dithmarschen dürften Sandanwehungen wegen der vorhandenen gröberen Korngrößen eine untergeordnete Rolle gespielt haben. Wie schon bemerkt, würden sie auch schwerlich nachgewiesen werden können.

Erst aus der Klimaperiode des Boreals ist Pflanzenwuchs erhalten, der nach den pollenanalytischen und palaeobotanischen Untersuchungen der Bohrung Tertius aus einem feuchten Kiefernwald bestand, während die Analysen

von Torfproben einer Geestrandbohrung bei St. Michaelisdonn einen an Menyanthes reichen Bruchwald mit Kiefer und Birke ergab. Die Pollenspektren aus den obersten Schichten deuten schon auf beginnendes Atlantikum hin. Schilfvegetation durchwurzelte schließlich die Torf- und Waldtorfschichten, bis auch sie der eindringenden Salzflut zum Opfer fiel.

Diese heute sehr stark gepreßten und humifizierten, braunkohleartigen Torfschichten treten außerhalb der Flußgebiete fast regelmäßig in Bohrungen auf. Die Mächtigkeit des Basistorfs ist meist nur gering und überschreitet nicht den Betrag von 0,50 m. Doch muß bedacht werden, daß er erstens sehr stark gepreßt ist, und daß zweitens in vielen Fällen bei der marinen Transgression ein Teil abgetragen wurde.

Die Bohrung Krempel (4) ergab als einzige Ausnahme zwei Torfschichten, die durch eine sehr gasreiche Sandlage getrennt waren. Es handelt sich dabei um Flachmoor- und dy-artige Bildungen eines verlandeten Gewässers, das durch zahlreiche Deckel von *Bythinia tentaculata* überliefert ist. Leider ist die Schichtenfolge nicht mehr in allen Einzelheiten zu erkennen, da ein starker Gasausbruch während der Ausführung der Bohrung die sorgfältige Probenentnahme störte.

Es erhebt sich nun die Frage: War der Birken-Kiefernwald und seine bald folgende Versumpfung schon eine Folge der beginnenden Senkung und des damit verbundenen Grundwasseranstiegs, oder war die Aenderung des Pflanzenbildes ausschließlich von klimatischen Veränderungen abhängig? Verfasser möchte sich der ersteren Ansicht anschließen. Das würde also bedeuten, daß die Senkung bereits im Boreal begann, während die Transgression in unserem Gebiet mit dem frühen Atlantikum einsetzte, das heißt etwa 6000 Jahre v. Chr. Diese Tatsache stimmt mit den Forschungsergebnissen an der übrigen deutschen und holländischen Nordseeküste im wesentlichen überein.

Sedimente der Elbe.

Bohrung Trischen I (21), Höhe des Ansatzpunktes + 2,00 m NN.

0,00—0,20	Graubrauner Kleiboden.	} Jungalluvium.
0,20—1,70	Blauschwarzer, schwach kleiiger, sehr feiner Sand.	
1,70—4,50	desgl., hellgrau.	
4,50—7,00	Dunkelgrauer, kleistreifiger Feinsand.	
7,00—18,50	Grauer Feinsand.	
18,50—20,20	Grauer-schwarzer Klei, mager bis fett mit Abra.	} Altalluvium.
20,20—23,50	Grauer Sand, mittel-kiesig.	
23,50—31,80	Grauer-schwarzer Klei, mager bis fett mit <i>Corbula</i> , <i>Nucula</i> u. a.	
31,80—33,00	Sand, fein bis grob mit marinen Mollusken, <i>Macoma</i> u. a. (Transgressionsschicht).	

33,00—33,20	Dunkelgrauer-brauner fetter Klei mit Resten von Süßwasserpflanzen.	} Frühalluvium.
33,20—33,80	Grauer Sand, fein bis grob.	
33,80—33,85	Graubrauner, fetter Klei (Süßwasserbildung).	
33,85—34,80	Dunkelgrauer, sehr feiner Sand.	
34,80—36,00	Dunkelgrauer, sandiger Klei (Süßwasserbildung).	
36,00—44,50	Graubunte Sande und Kiese des Diluviums.	

In der vorstehend angeführten Bohrung Trischen I, die erst mit 36 m das Alluvium durchteufte, wurden in 33,00—36,00 m Tiefe sandige und kleiige Schichten angetroffen, die nach den pollenanalytischen Untersuchungen von Dr. Buhmann in das Boreal gehören. Sie zeichnen sich durch zahlreiche Reste von *Sphagnen* und *Nymphaeen* aus. Da außerdem der Anteil der Chenopodiaceen-Pollen sehr gering ist, und marine Diatomeen fehlen, dürften wir es mit reinen Süßwasserablagerungen der Elbe zu tun haben. Dies sind somit die ältesten minerogenen Ablagerungen des Alluviums in unserem Gebiet.

B. Das Altalluvium.

Als Altalluvium fasse ich alle Schichten von Transgressionskonglomerat bis zur Zeit der Nehrungsbildung zusammen. Die bis zu 17 m mächtige Schichtenfolge gehört nach den pollenanalytischen Untersuchungen von Dr. Schürumpf in das Atlantikum.

Offenbar annähernd gleichzeitig mit der Ueberschwemmung weiter Teile Hollands, Ostfrieslands, des Weser-Jade-Gebietes sowie der tiefer liegenden Teile Nordfrieslands setzte auch in Dithmarschen im Frühatlantik das Vordringen des Meeres als Folge einer allgemeinen Senkung, um mit STILLE zu sprechen, einer „abwärtigen Generalundation“, ein.

Das Altalluvium läßt sich in mehrere Abteilungen untergliedern:

1. Die Transgressionsschicht.

Sie ist abhängig von der petrographischen Beschaffenheit des Untergrundes sowie dessen Oberflächengestaltung, außerdem von den hydrographischen Verhältnissen und dem Fortschritt der Senkung.

Wir können folgende vier Faziesgebiete unterscheiden:

- I. Die Flußläufe (Elbe, Eider und Nebenarme),
- II. die weitere Umgebung der früheren Flußgebiete (frühere Urstromtäler),
- III. die Talsandebenen und
- IV. das Grundmoränengebiet vor Heide-Meldorf.

Zu I. Das Meer trat zuerst in die Flüsse ein. Infolge der Wellen- und Gezeitenbewegungen traten hier weitgehende Umlagerungserscheinungen, Bildungen von Kolken, teilweise Zerstörung der bisherigen Süßwasserabsätze ein. Die starke Wechselströmung ließ ein Transgressionskonglomerat aus Sanden, Kiesen und grobschaliger Fauna entstehen, wie es uns zum Beispiel aus der Bohrung Trischen bekannt geworden ist.

Zu II. Auch das ehemalige, breite *Urstromtal* der Elbe, das zunächst noch trocken lag, wurde bald überflutet. Strömung und Brandung zerstörten den boreal-atlantischen Basistorf und ließen es zunächst zu einer Ablagerung überhaupt nicht kommen. Heute finden wir südlich der Linie Friedrichskoog-Trischen den Torf nirgends mehr erhalten, doch zeugen manchmal Torfreste in den mehr oder weniger sandigen Transgressionsschichten von seinem früheren Vorhandensein.

Zu III. Auf die verhältnismäßig ebene *Talsandfläche* nördlich der Elbe griff das Meer dann sehr schnell über. Trotzdem kam es zur Ablagerung von feinsten Sinkstoffen und aufgearbeitetem Torfgrus. In den Schilfsümpfen konnte sich brackiges Küstenwasser längere Zeit halten. Die Strömungen waren infolge des Pflanzenwuchses nur gering, es konnte sich Schlick absetzen, den die spärlicher werdende Schilfvegetation durchwurzelte.

Solche *dargartigen* Bildungen sind aus vielen Bohrungen bekannt geworden. Fast ausnahmslos sind diese bis zu 1 m mächtigen Kleischichten kalkfrei. Das bedeutet nun nicht, daß dieser Klei einmal Marsch gewesen und etwa während eines Hebungsabschnitts entkalkt sei, denn

1. beschränken sich die Pflanzenreste lediglich auf das Phragmitetum,
2. ist der Klei in allen Lagen feingeschichtet,
3. ist die Schicht nicht höhenbeständig, das heißt sie kommt in Tiefen von 9—28 m vor. Sie ist also einzig und allein durch die Faziesverhältnisse bedingt und konnte sich unter günstigen und ähnlichen Verhältnissen während der ganzen Transgressionsperiode in der Randzone bilden.
4. kann die Entkalkung durch das Phragmitetum sowie die Humussäuren des aufgearbeiteten Bodens herbeigeführt sein, und da eine marine Tierwelt nicht leben konnte und die schwache Strömung Kalkteilchen von außen nicht herantrug, muß der Klei bereits ursprünglich kalkarm gewesen sein.

Zu IV. Das höher liegende *Grundmoränengebiet* wurde erst viel später, gegen Ende des Altalluviums, überflutet, als im übrigen Gebiet bereits ein tieferes, vollsalziges Meer ohne Watten wogte. Die Brandung schuf hier ein *steinreiches Konglomerat* mit vollmariner Fauna, die sich aus sehr großen *Balaniden*, *Tapes pullastra*, *Buccinum undatum*, *Hiatella rugosa* und anderen zusammensetzte. Besonders die Bohrung Tiebensee (11) hat ein solches Konglomerat mit viel *Tapes*-Bruchstücken und starkschaligen Exemplaren von *Hiatella* und *Buccinum* zutage gefördert (Abb. 2).

Nur die geestrandnahe Bohrung Neuenkrug (15) macht eine Ausnahme. Hier kam es auch, vielleicht in einem Tal oder einer Senke, zur Dargbildung. Ein eigentliches Transgressionskonglomerat fehlt, so daß wir annehmen können, daß hier das Gelände vor Brandung geschützt war.

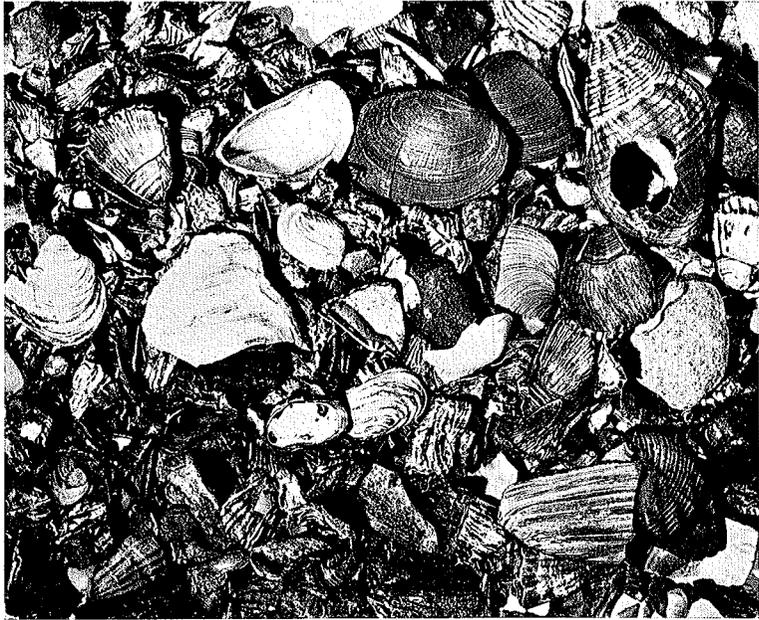


Abb. 2. Transgressionskonglomerat aus *Balaniden*, *Tapes pullastra*,
Mya truncata, *Hiatella rugosa* u. a.

Bildarchiv Westküste B—a 1076. Aufn. E. Dittmer



Abb. 3. Faunagemeinschaft aus den *Cardium*-*Corbula*-Schichten.

Bildarchiv Westküste B—a 1078. Aufn. E. Dittmer



Abb. 4. Faunagemeinschaft aus den Corbula-Nucula-Schichten des Altalluviums.
Bildarchiv Westküste B—a 1079. Aufn. E. Dittmer

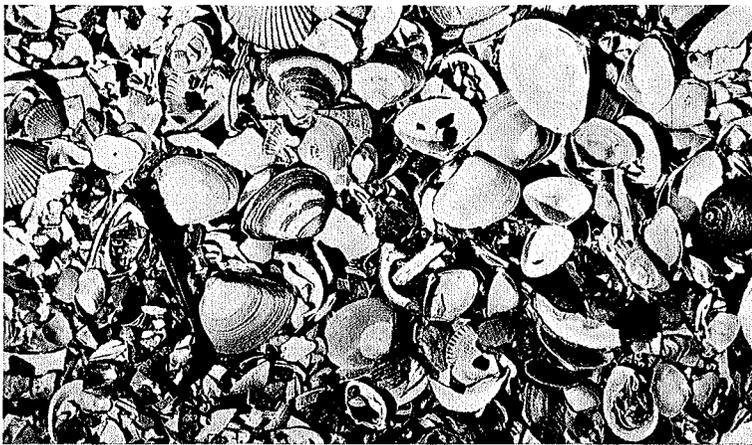


Abb. 5. Faunagemeinschaft aus den Spisula-Schichten von St. Michaelisdonn.
Bildarchiv Westküste B—a 1074. Aufn. E. Dittmer

2. Die *Cardium-Corbula*-Schichten.

In den folgenden Ausführungen müssen zwei Gebiete getrennt werden, in denen wegen der verschiedenen hydrographischen Verhältnisse die weitere Entwicklung des Alluviums andersartig verlief, nämlich

- a) das Elbmündungsgebiet, in dem die mehr oder weniger starken und wechselnden Strömungen eine regelmäßige Ablagerung nicht zuließen, wo ständig Umlagerungen stattfanden, ähnlich wie auch heute noch in diesem Gebiet (vgl. HABERSTROH: Forschungsarbeiten im dithmarscher Wattenmeer).
- b) Das Gebiet nördlich der Linie Friedrichskoog - Mittelplate, wo im allgemeinen ruhigere Verhältnisse herrschten und es infolgedessen zu einem klareren, stratigraphisch auswertbaren Schichtenaufbau kam, wie er zum Beispiel aus der Bohrung Tertius hervorgeht.

Bohrung Tertius I (19), Höhe des Ansatzpunktes + 1,50 m NN.

0,00—0,60	Gelblicher Sand.	}	Jungalluvium.		
0,60—2,00	Graublauer Sand mit marinen Schalen.				
2,00—2,80	desgl., schwarz.				
2,80—8,40	Dunkelgrauer, kleistreifiger Sand.				
8,40—15,20	Dunkelgrauer Sand mit wenig Schalenbruch.	}	Altalluvium.		
15,20—18,70	Graublauer, fetter, plattiger Klei mit <i>Abra</i> , <i>Macoma</i> u. a.				
18,70—19,10	Grauer kleiiger Sand				
19,10—20,50	Schwarzer, sehr fester, plattiger Klei mit wenig Schalen (<i>Abra</i> , <i>Macoma</i>).				
20,50—25,60	Grauer Klei, mager bis fett mit vielen Schalen (<i>Corbula</i> , <i>Nucula</i> u. a.).				
25,60—26,90	Grauer, kleiiger Sand mit marinen Schalen (<i>Cardium</i> , <i>Corbula</i> , <i>Mya truncata</i> u. a.).				
26,90—27,30	Grauer, sehr fester Klei mit Pflanzenresten und Schalenbruch (<i>Cardium</i> , <i>Corbula</i>).				
27,30—27,90	Brauner, sehr fester Klei mit aufgearbeitetem Torfgrus.				
27,90—28,30	Brauner, stark gepreßter und humifizierter Flachmoortorf mit Holzresten.			}	Frühalluvium.
28,30—35,00	Graubunter Sand, fein bis grob.				

Beginnen wir mit dem letztgenannten, um dann auch die wesentlich schwierigeren Verhältnisse im Elbmündungsgebiet deuten zu können.

Die Bezeichnung dieses Horizontes deutet schon auf stark marinen Einfluß hin. Die Senkung war inzwischen weiter fortgeschritten. Das Meer hatte alle Senken aufgefüllt, auch die noch etwa vorhandenen Dünen und flachen Bodenerhebungen waren überflutet und die letzten Reste des Pflanzenwuchses vernichtet worden. Bei Hochwasser hatte das Meer bis auf ein kleines Gebiet vor Meldorf-Heide fast überall den heutigen Geestrand erreicht. Große Gebiete lagen im Gezeitenbereich, so daß eine kräftige Strömung entstehen konnte, die im allgemeinen den Absatz feinsten Sinkstoffe verhinderte und es nur zur Bildung mehr oder weniger sandiger Watten kommen ließ. Der

Basistorf war überall von Darg bedeckt, das Wasser vollsalzig geworden. So drang auch die Tierwelt ein, die zwar im Anfang noch nicht überall die besten Lebensbedingungen vorfand, sich aber bald gut entwickeln konnte.

Leitfossilien gibt es im Alluvium unserer Küstengebiete nicht. Vegetationshorizonte und Torfschichten, die sonst eine ausgezeichnete Gliederung ermöglichen, fehlen in Dithmarschen. Aber fast alle Schichten sind sehr reich an marinen Mollusken, und zwar hat jede Schicht ihre bestimmte Tiergemeinschaft, die zwar örtlich etwas abweichend sein kann, aber im großen und ganzen dieselbe ist.

Nach den Hauptvertretern nennen wir das untere, marine Altalluvium die *Cardium-Corbula-Schichten* (Abb. 3). Meist nur wenig mächtig, besteht das Gestein häufig zu mehr als 50% aus den Schalen dieser beiden Arten, die stets gelblich gefärbt sind. Die Beimengungen anderer Arten, wie *Mytilus edulis*, *Macoma balthica*, *Mya truncata*, sind nur gering. Es ist verständlich, daß die Schichten dieses Alters, die vom Geestrand am weitesten entfernt liegen (Tertius, Blauort) ein mehr vollmarines Gepräge besitzen. Hier überwiegt bereits *Corbula* gegenüber *Cardium*, und andere hochmarine Vertreter wie *Mysella bidentata*, *Montacuta ferruginosa*, *Thracia papyracia* und *Venus gallina striatula* kommen hinzu, ohne jedoch bestimmend zu werden.

Die minerogene Komponente dieses Horizontes ist fein- bis mittelsandig bis sandig-kleiiig. In der Kornzusammensetzung läßt sich gelegentlich noch aufgearbeiteter Talsand erkennen.

3. Die *Corbula-Nucula-Schichten*.

Wir sahen schon, daß das *Cardium-Corbula*-Meer nur wenig abgelagerte, sonst wäre es kaum zu einer solchen Anhäufung von Schalen gekommen. Die Folge war, daß die Watten, weil die Sedimentation mit der fortschreitenden Abwärtsbewegung des Bodens nicht Schritt halten konnte, bald unter den Tidebereich gerieten. Der Hauptvertreter der bisherigen Lebensgemeinschaft, nämlich *Cardium edule*, verlor damit seine guten Lebensbedingungen und mußte anderen marinen Einwanderern weichen. *Corbula gibba* hatte die günstigsten Entwicklungsbedingungen, andere vollmarine Mollusken wanderten nach, als wichtigstes *Nucula nucleus*, daneben breitete sich *Mysella* aus, als akzessorischer Bestandteil blieben *Montacuta* und *Thracia* erhalten, während *Abra alba* mit zu den neuen Einwanderern gehörte. *Macoma balthica* und *Hydrobia ulvae* sagte auch der neue Lebensraum zu (Abb. 4).

Der Kalkgehalt ist noch sehr groß und nimmt erst nach oben hin langsam ab. Die minerogene Komponente ist sandig-kleiiig bis fettkleiiig, von unten nach oben meist an feinen Bestandteilen zunehmend. Der Kalkgehalt scheint in einem gewissen Verhältnis zur Korngröße zu stehen. Je fetter der Klei, desto geringer der Kalkgehalt.

Die Mächtigkeit beträgt gewöhnlich 3—4 m, ist aber sehr schwankend.

4. Die Abra-Macoma-Schichten.

Die Folgezeit ist aus unbekanntten Gründen, wahrscheinlich weil das Meer immer tiefer wurde, durch starke Ablagerung feinsten Stoffe ausgezeichnet. In allen Bohrungen — ausgenommen wieder die Elbmündung und der Strandbereich — von St. Michaelisdonn bis Trischen, Tertius und Osterhever findet man in verschiedener Tiefe diese kennzeichnende Ablagerung, den schwarzen Klei, den wir nach seiner spärlichen Tierwelt die Abra-Macoma-Schicht nennen wollen. Der außergewöhnlich große Gehalt an Einfachschwefeleisen machte die damalige Deutsche Bucht zu einem für Mollusken lebensfeindlichen Gebiet, in dem sich nur die widerstandsfähigsten halten konnten. Im allgemeinen enthält der schwarze Klei sehr wenig Schalen, manchmal ist er scheinbar fossilifer. Im äußeren Gebiet kommt noch *Nucula nucleus* vor, auch *Hydrobia ulvae* ist örtlich in größerer Zahl vertreten, besonders in Strandnähe. Alle Schalen sind dort, wo der Klei sehr fett ist, hauchdünn, selbst *Macoma* ist dünnchalig und durchscheinend. Der schwarze Klei ist meist fein geschichtet, das heißt durch ganz dünne Mehlsandlagen unterbrochen, sehr fest und zäh, häufig plattig und klüftig, mit harnischartigen, pyritüberzogenen Bruchflächen, und besitzt einen Wassergehalt von nur 40%, auf Feuchtgewicht bezogen.

Die Farbe ist dunkelgrau bis tiefschwarz. Gelegentlich ist dieser Horizont aber durch sehr fetten Klei grauer Färbung vertreten, oder schwarzer und grauer Klei wechseln miteinander ab. Der graue Klei ist meist ungeschichtet, weder plattig noch klüftig und fast immer fossilfrei.

Die Höhenlage von Ober- und Unterkante sowie die Mächtigkeit sind sehr verschieden. Nachstehend einige Zahlen:

Bohrung	Oberkante	Unterkante	Mächtigkeit
Blauort (17)	—16,00	—22,30	6,30
Helmsand (27)	—17,00	—21,70	4,70
St. Michaelisdonn (37)	—10,80	—18,00	7,20
Rösthuse (36)	—15,00	—19,50	4,50
Kronprinzenkoog (33)	—25,30	—26,60	1,30
Norddeich (8)	—10,60	—15,00	4,40
Osterhof (13)	—11,20	—15,00	3,80
Groven (19)	—13,00	—17,80	4,80

In den großen Wattströmen, Süder- und Norderpiep, Neufahrwasser usw., muß man damit rechnen, daß die Abra-Macoma-Schichten, an den tiefen Stellen auch die *Corbula-Nucula*-Schichten, heute angeschnitten werden. So steht querab vom Tertius in der Süderpiep und vor Büsum schwarzer Klei bei etwa 18,00 bis 20,00 m Tiefe an, der von *Petricola pholadiformis* sehr dicht besiedelt ist. Die herausgearbeiteten Schalen bilden am Grunde flache Schilllagen, gelegentlich werden sie auch auf die Sände geworfen. Der Spülsaum

auf dem Tertius enthält zum Beispiel häufig größere Mengen von *Corbula* und *Nucula*. Auch die Tiefs der Außeneider sind ebenfalls Gebiete mit anstehendem alten Klei. Im Neufahrwasser südlich Trischen brachten Greiferproben kleigeröllführende Sande mit vielen Schalen, darunter *Nucula*, *Corbula*, *Abra* und andere.

5. Die Entwicklung im Elbmündungsgebiet.

Im Elbmündungsgebiet herrschten, wie schon gesagt, ganz andere Verhältnisse. Schon bald nach Beginn der Transgression war die Nordsee in die Elbe weit vorgedrungen und erfüllte nun das breite Urstromtal bis an die Ränder der alten Geest. Aus einem Fluß war ein breiter Meerbusen geworden, dessen Ufer die Höhen von Burg—St. Michaelisdonn, im Süden die Wingst bildeten. Fast bis nach Hamburg hinauf war das Wasser salzig. Von Stade und Pagensand kennen wir marine Fossilien dieser Zeit, besonders *Corbula gibba*. Manche Schichten enthalten große Mengen an Foraminiferen, die durch Baggerungen im Fahrwasser zeitweise aufgearbeitet und dann in den rezenten Süß- und Brackwasserschlick hineingeraten (DITTMER 1936, 1938).

Es ist erklärlich, daß es vor dieser großen Bucht nicht wie in Norderdithmarschen zur ruhigen und ungestörten Ablagerung kommen konnte, denn hier strömten täglich riesige Wassermassen aus und ein. Die feinen Bestandteile wurden weiter herausgeführt oder lagerten sich in den Buchten des „Elbe-Meeres“ ab. Was übrig blieb, war Sand, der von den Gezeitenströmen hin- und hergeworfen wurde, gerade so, wie es auch heute noch der Fall ist, nur mit dem Unterschiede, daß damals noch keine Watten und Sände vorhanden waren.

Schon die Bohrungen auf Trischen, der Marner Plate und Mittelplate zeigen ein Uebergangsgebiet an, in dem die oben beschriebene, normale Schichtenfolge nicht mehr gewährleistet wird. Die unteren Schichten des Altalluviums fallen meist überhaupt aus oder sind durch geröllführende Konglomerate vertreten, während die höheren Kleischichten durch sandige und kiesige Schichten unterbrochen werden, die auf Verlagerung der Strömungen hindeuten.

Die Folge des Altalluviums beginnt in diesem Uebergangsgebiet mit fettem Klei, der nach oben hin in mehr oder weniger sandige, fossilreichere Lagen übergeht. Diese Ablagerungen zeichnen sich durchweg durch einen Gehalt an Pflanzenresten und Seeigelstacheln aus. Es ist das typische, unseren heutigen Prielablagerungen ähnliche Gestein, dessen Zusammensetzung auf die aussondernden Eigenschaften der Gezeitenströme hinweist.

Die Schalenfauna weist ebenfalls auf lebhaftere Wasserbewegung hin. Neben *Corbula gibba*, *Nucula nucleus* sind Arten wie *Mya truncata*, *Tellina fabula*, *Buccinum undatum*, *Spisula subtruncata*, *Donax vittatus* und andere vertreten.

Die übrigen Bohrungen (Friedrichskoog (30), Adolf Hitler-Koog (31), Kronprinzenkoog (33), Kaiser Wilhelm-Koog (32)) haben ein noch sandigeres

Altalluvium zutage gefördert. Oft fehlen die Kleischichten ganz oder sind nur in ganz geringer Mächtigkeit vorhanden. Entsprechend der tiefen Lage der Unterkante des Alluviums liegt auch die Oberkante des Altalluviums weit tiefer als in den übrigen Gebieten, meist bei 20,00—22,00 m.

Das Altalluvium der Bohrung Gelbsand (25), das nicht einmal nach oben hin abgegrenzt werden konnte, besteht ausschließlich aus Sand und ist sehr fossilarm.

Ganz ähnliche Verhältnisse liegen im Mündungsgebiet der Eider vor. Die Bohrung Karolinenkoog (3) lieferte eine dem Normalprofil ähnliche Schichtenfolge, während diejenige in Lehe, nördlich Lunden, durch sehr sandiges Altalluvium ohne die kennzeichnenden Kleischichten ausgezeichnet ist. Im Einzelnen liegen jedoch im Eidergebiet die Dinge noch zu unklar, da nicht genügend Bohrungen vorhanden sind.

In diesen sandigen Faziesgebieten der Flußmündungen ist natürlich eine weitere Gliederung des Altalluviums nicht möglich.

Mit wenigen Worten sei noch auf die Entwicklung des Altalluviums in der Strandzone hingewiesen. Wir hatten gesehen, daß das transgredierende Meer sehr bald den Geestrand erreicht hatte. Man sollte vermuten, hier nun die Zeichen der Zerstörung durch Brandung, nämlich Steinsohlen und Strand-sedimente vorzufinden. Nichts von alledem ist der Fall. Ja, wir erkennen in einer Bohrreihe Adolf Hitler-Koog—St. Michaelisdonn, wie sich der schwarze Klei teilweise unmittelbar dem diluvialen Kliff anlehnt, während später in unmittelbarer Nähe des Geestrandes eine weitgehende Verzahnung von Klei und feinsandiger Strandfazies eintritt. Nur die Fauna erinnert daran, daß wir hier in Strandnähe sind. *Nucula* kommt vom Kronprinzenkoog ab nicht mehr vor. Statt ihrer sind *Litorina*, *Cardium*, *Macoma* und *Scrobicularia* die hauptsächlichsten Vertreter.

Wo während des Altalluviums das Meer noch auf die Grundmoräne und die altdiluvialen Sande übergriff, sind natürlich zur Hauptsache grobe Transgressionsschichten zu erwarten. Denn im flachen Wasser der Brandungszone kann man keine ruhige Ablagerung erwarten.

So läßt sich zusammenfassend sagen, daß das Altalluvium abschloß mit einem Zustand, wie er in der Uebersichtskarte dargestellt ist. Ein teilweise tieferes Meer mit Schlickgründen, die lebensfeindlich für die marine Molluskenwelt waren, reichte in Süderdithmarschen bis zum Geestrand. In den Flußmündungsgebieten lebte eine reichhaltige Tierwelt in sandig-kleiigen bis rein sandigen Ablagerungen.

Nirgends war es an irgendeiner Stelle während des Altalluviums zur Marschbildung gekommen, auch die Watten fehlten.

C. Das Mittelalluvium.

Das Mittelalluvium ist die Zeit der Nehrungsbildungen. Die Abgrenzung ist unabhängig von Krustenschwankungen, das heißt dieser Zeitabschnitt fällt nicht mit einem bestimmten Hebungs- oder Senkungsabschnitt zusammen.

Nach dem Abschluß der vorwiegend kleiigen Schichtenreihe des Altalluviums muß es zu durchgreifenden hydrographischen Veränderungen im Bereich der Dithmarscher Bucht gekommen sein. Sei es, daß diese durch bisher noch ungeklärte Vorgänge im „Elbe-Meer“ oder im nordfriesischen Gebiet verursacht worden sind, sei es, daß sie mit dem vermuteten Durchbruch der Hoofden und der dadurch bedingten Umwandlung der Gezeitenwelle in Zusammenhang stehen. Wir kennen die eigentlichen Ursachen nicht, und werden sie erst kennen lernen, wenn einmal die gesamte deutsche Küste geologisch bearbeitet sein wird.

Der veränderte hydrogeologische Zustand hatte ebenso eine ganz wesentliche Aenderung in dem Aufbau der nunmehr zum Absatz gelangenden Sedimente zu Folge. Hatte sich vorher im größten Teil des Gebietes feinsten Schlamm abgesetzt, so kamen in der Folgezeit nur noch sandige und kiesige Gesteine zum Absatz, soweit nicht im Schutz von Nehrungen ruhige Ablagerung möglich war. Im offenen Meer scheint überhaupt eine Zeitlang jede Ablagerung aufgehört zu haben.

Das Mittelalluvium ist also eine neue Sedimentationsperiode. Um den Schichtenaufbau kennen zu lernen, müssen wir uns an die damalige Küste, den Geestrand von St. Michaelisdonn oder zur langgestreckten Lundener Nehrung begeben. Denn die Nehrungen sind die am besten zugänglichen Bildungen dieser Zeit. Wir können deshalb das Mittelalluvium auch das Donn-Alluvium nennen (Donn = Nehrung mit Dünen), denn die Nehrungen sind die großartigen Zeugen des geologischen Geschehens dieser Zeit.

1. Die Entstehung des Kleve.

Es dürfte nahe liegen, die Entstehung des Kleve mit der Entwicklung der Nehrungen in ursächlichen Zusammenhang zu bringen, und man könnte der Meinung sein, die Kliffbildungen seien während der altalluvialen Senkung entstanden. Wir sahen aber schon bei der Betrachtung des Altalluviums, daß damals bereits ein Kliff vorhanden war, ja, die Moore des Frühalluviums liegen in ganz geringer Entfernung vom Kliff heute 22 m unter der Oberfläche. Der Steilabfall des Geestrandes bei St. Michaelisdonn kann also nur während des Diluviums entstanden sein. Da das Eem-Meer in dieser Gegend nicht bestand, kommen als ursächliche Kräfte nur die Schmelzwässer der letzten Vereisung in Frage.

2. Die Entstehung der Donns.

Damit soll nun nicht behauptet werden, daß während des Alluviums an keiner Stelle am Geestrand ein Abtrag stattfand. Der Baustoff für die gewal-

tigen Nehrungen mußte doch irgendwo herkommen, und wir dürfen annehmen, daß der Ursprungsort für die sandig-kiesigen Massen das vorspringende Altdiluvium von Heide-Hemmingstedt-Meldorf ist. An diesen Stellen wird der Flutstrom von Westen kommend aufgesetzt und das Material nach Norden und Süden verfrachtet haben. Die Verhältnisse lagen also ganz ähnlich wie heute auf der Insel Sylt.

Kehren wir also an den Ausgang des Altalluviums zurück und versuchen uns die damaligen Verhältnisse vorzustellen: Der Hochwasserspiegel lag zu dieser Zeit etwa 7—8 m niedriger als heute. Es gelangten also auch die geestrandnahen Talsandterrassen Nordfrieslands damals in den Bereich der Ueberflutung. Eiderstedt bestand noch nicht, auch das Zechsteingebirge von Oldenswort war schon im Meere versunken. So konnte ein starker Küstenstrom bis weit in das nordfriesische Gebiet, ebenso ins „Elbe-Meer“ streichen. Ein Wattenmeer, das eine starke Brandung verhindert hätte, bestand noch nicht, und so war eine weitere Voraussetzung zur Entstehung von Nehrungen gegeben, denn die Strömung allein hätte unmöglich so riesige Mengen Sand, Kies und Steine an der diluvialen Küste entlang bewegen können.

3. Die Morphologie der Haken und Nehrungen.

Die Nehrungen oder vielmehr die ihnen aufliegenden Dünen sind fast überall an der Oberfläche erkennbar.

Während die Lundener Nehrung und der Elpersbütteler Donn, oberflächlich betrachtet, scheinbar nur aus einem Zuge bestehen, tritt südlich St. Michaelisdonn eine deutliche Aufspaltung ein (siehe Abb. 6).

Der innerste Rücken ist heute kaum im Gelände zu erkennen. Zwischen dem Dingerdonn und dem Geestrand bildet er nördlich des großen Schuttkegels an der höchsten Stelle des Kleve eine 10—15 cm hohe Schwelle im Gelände, verliert sich dann im Süden zunächst ganz im Untergrund, um erst wenig nördlich der Straße Eddelak—Burg wieder hervorzutreten. Vor Zeiten war dieser Dünenrücken schon ganz unter den Flachmooren der Haffs verschwunden. Erst die Torfabbaue und die Sackung der Moorschichten haben ihn wieder sichtbar werden lassen. Wahrscheinlich beginnt er wie alle anderen Donns auch schon in der Nähe von St. Michaelisdonn. Seine Entstehung hatte die Abschnürung des Hopener Haffs zur Folge.

Der zweite und längste dieser Wälle reicht mit einer Unterbrechung in der Dünenbedeckung fast bis an den Nordostseekanal heran. Der dritte, den die Bahnlinie nach Brunsbüttelkoog benutzt, begleitet den zweiten bis Dingerdonn und läßt sich oberflächlich von diesem kaum trennen. Erst bei Dingerdonn tritt die Aufspaltung ein.

Der vierte Donn liegt zum größten Teil verborgen unter dem sehr breiten fünften, auf dem die Landstraße nach Eddelak verläuft. Wer aber aufmerksam das Gelände betrachtet, wird unter dem Acker inmitten der Moorwiesen

Sandboden vermuten und darin den kurzen, niedrigen Rücken erblicken, der sich an der Innenseite des Süderdunn abspaltet.

Auch der sechste Zug ist in seinem Anfang — etwas südlich des bedachten Durchbruchs durch den Süderdunn — im Gelände daran zu erkennen, daß in der sonst siedlungslosen Gegend vor dem Süderdunn am Feldweg nach Bentjen zwei Gehöfte stehen, hinter denen sich Ackerland erstreckt. Ueber Sand-

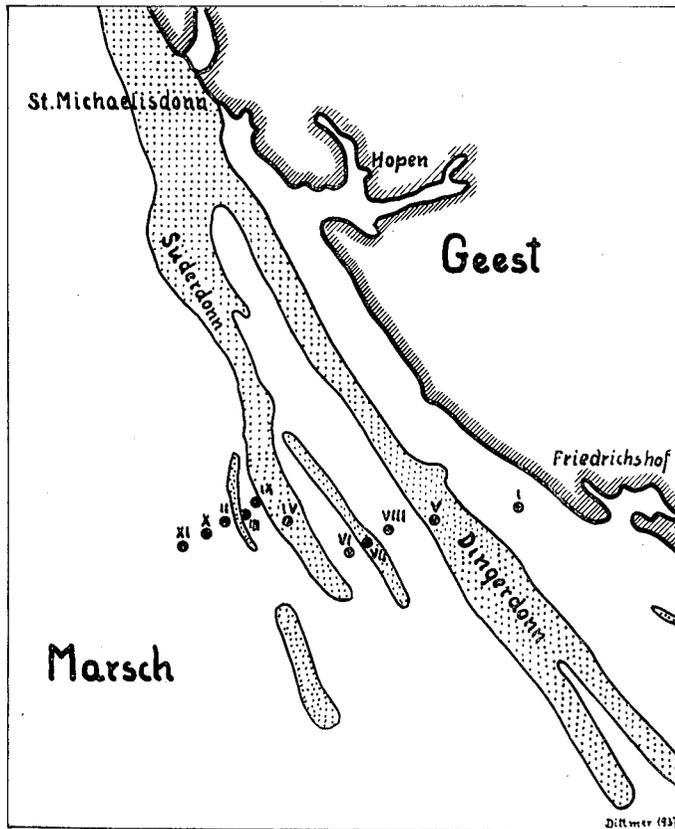


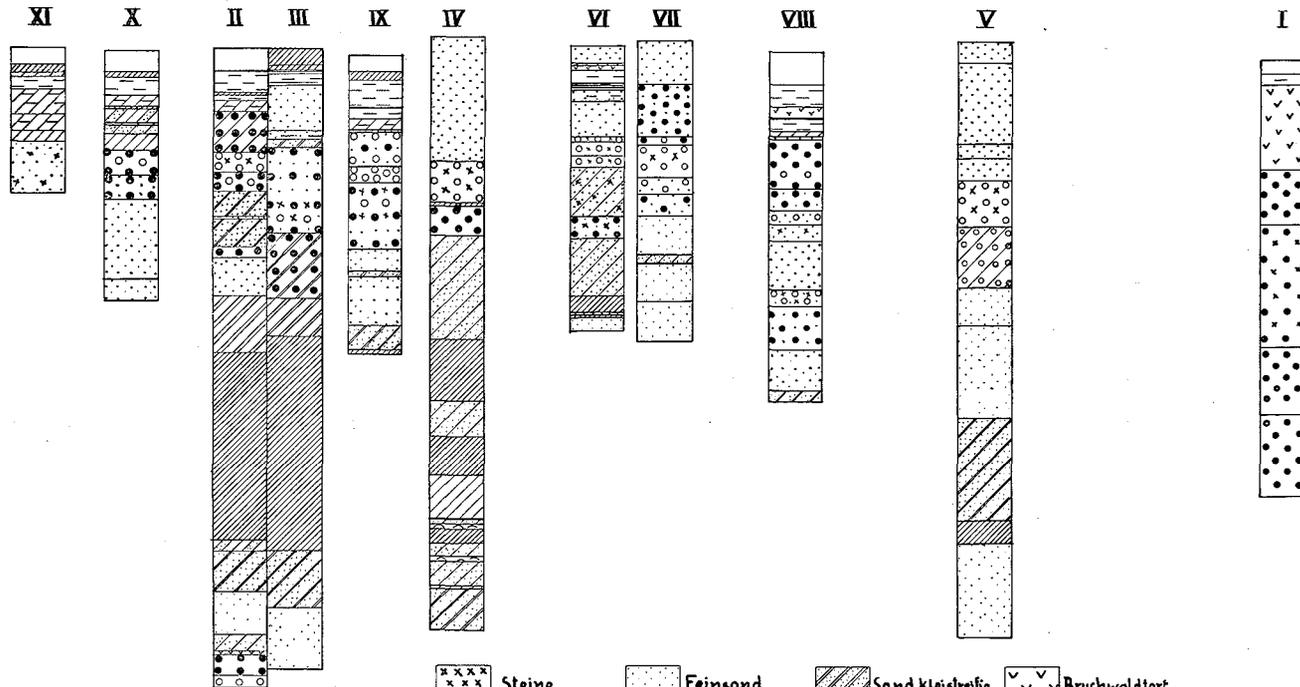
Abb. 6. Die Haken von St. Michaelisdunn und die Lage der Bohrungen.

hayen verläuft die Nehrung weiter auf Eddelak zu, wo unter geringer Marschbedeckung noch Sand angetroffen wird.

Leider ist der ursprüngliche Aufbau und das erdgeschichtliche Geschehen während der Entstehung aus den Oberflächenformen nicht abzuleiten. Was wir heute im Gelände sehen, sind ja nicht die Nehrungen selbst, die marinen Strandwälle, sondern die Dünen, die alle Einzelheiten verdecken. Andererseits aber haben sie uns erst von dem Vorhandensein der Sandhaken in Kenntnis gesetzt. Denn wären die Dünen nicht da, lägen die kiesigen Kerne längst unter

Abb. 7.

Querschnitt durch die Nehrungen von St. Michaelisdonn.



- | | | | |
|------------|--------------|-------------------|-----------------|
| Steine | Feinsand | Sand, kleistrefig | Bruchwaldtorf |
| Kies | Klei, fett | Schill | Künstl. Auftrag |
| Grobsand | Klei, mager | Darg | |
| Mittelsand | Sand, kleiig | Schilftorf | |

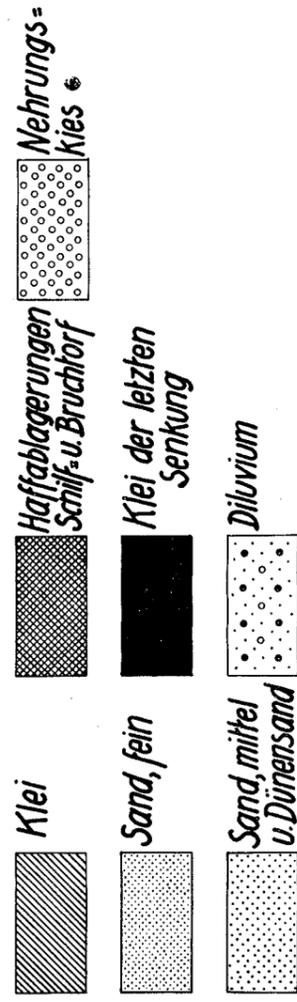
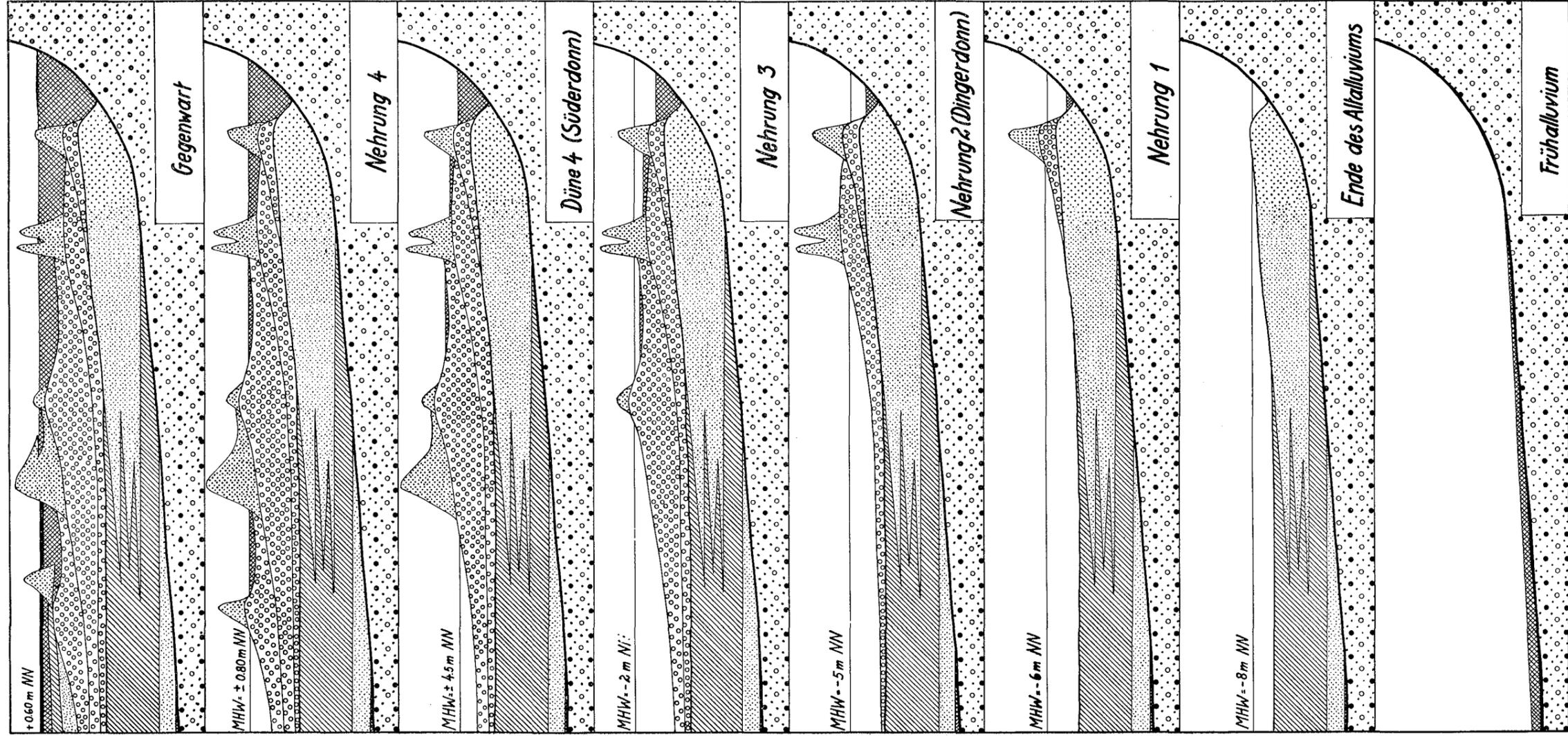


Abb. 8. Halbschematische Darstellung der Entwicklung des Alluviums am Geestrand von St. Michaelisdunn.

einer Kleidecke verdeckt, da sich seit dem Mittelalluvium die Küste noch erheblich gesenkt hat.

Um nun den geologischen Aufbau im einzelnen kennen zu lernen, müssen wir den tieferen Untergrund betrachten, wie er uns durch eine Bohrreihe, die die zweite bis sechste Nehrung durchschneidet, aufgeschlossen wird.

4. Die Stratigraphie des Mittelalluviums (siehe Abb. 7 u. 8).

a) Nehrung 1.

Die innerste Nehrung ist auf ihren Aufbau hin nicht näher untersucht worden, weil es unmöglich ist, Strandabsätze des Altalluviums von den mittelalluvialen Nehrungsablagerungen zu trennen. Es ist wohl anzunehmen, daß bei fortschreitender Senkung ein schon am Ende des Altalluviums bestehender flacher Strandwall höher und höher wurde, auf dem sich schließlich Dünen entwickelten, die heute noch eben die Moorschichten durchragen.

b) 1. Haffbildung.

Durch diesen Haken wurde die Talbucht bei Hoppen, südöstlich von St. Michaelisdonn, vom Meere abgeschnitten. Damit wurde jede Sedimentzufuhr von außer her unterbunden, und es entstand ein Strandsee, der mit fortschreitender Senkung allmählich tiefer wurde. In diesem lagerten sich gyttja- und dy-artige Sedimente ab. Ob gelegentlich durch Sturmfluten marines Material hineinverschlagen worden ist, werden die demnächst abgeschlossenen mikrobotanischen Untersuchungen ergeben. Makroskopisch betrachtet besteht die bis zu 9 m mächtige Haffserie aus rein organogenen Schichten, über deren Entwicklung uns die pollenanalytische Bearbeitung Auskunft geben wird.

c) Nehrung 2.

Wir dürfen wohl annehmen, daß der 2. große Wall bereits kurz nachher entstanden ist. Leider ist nicht zu erkennen, ob seine Basis unmittelbar den sandigen Schichten des Altalluviums aufliegt oder von den sandigen Schichten der Nehrung 1 gebildet wird. Im ersteren Fall würde die Unterkante etwa bei — 8 m NN liegen.

Die Nehrung selbst baut sich aus 2,3 m mächtigen, unteren, schwach kleiigen Kiesen mit einzelnen Steinen bis zu Faustgröße und 1,70 m mächtigen Kiessanden mit kleinen Steinen ohne Schalenreste auf. Die Oberkante der Nehrung liegt also etwa bei — 5,75 m NN. Was darüber liegt, sind 5—8 m mächtige gelblichweiße Dünensande mittlerer Körnung, welche wie die Nehrungskiese selbst diluvialen Ursprungs sind.

Ueber das Alter der Dünen läßt sich vorläufig nichts Genaueres sagen, da es zweifelhaft ist, ob sie gleich im Anschluß an die Nehrungsbildung bis zu ihrer heutigen Höhe aufgeweht sind. Wie schon oben erwähnt, muß man bei der Betrachtung der Dünen Vorsicht walten lassen, denn an vielen Stellen sind sie noch in geschichtlicher Zeit gewandert. Ueberall da, wo Dünen über Schilf-

und sonstigen Flachmoorbildungen liegen, haben wir es mit Umlagerungen in jüngerer Zeit zu tun.

d) 2. Haffbildung.

Der zweite Haken schnürte wiederum ein Haff ab, das jedoch viel weniger tief war, da sein Grund aus dem Vorstrand der Nehrung 1 bestand. Wie die später entstehenden Strandseen vermoorte auch dieser, ohne daß sich erst mächtige Faulschlamm-lagen bildeten, wie im Hopener Haff.

e) Nehrung 3.

Da sich die beiden Zweige des Dingerdonn in ihrem Hauptzuge nicht voneinander trennen lassen, und es überhaupt zweifelhaft ist, ob hier auch tatsächlich zwei verschiedene Nehrungen vorliegen, wollen wir diesen Wall Nehrung 2 nennen und die beiden Donn's = Dünenketten mit 2a und 2b bezeichnen.

Nehrung 3, die zwischen Dingerdonn und Süderdonn nur auf kurze Erstreckung zutage tritt, wird in ihrer ersten Anlage zeitlich bedeutend später entstanden sein. Ihre Unterkante liegt mit -5 m NN um etwa 3 m höher. Die Oberkante reicht sogar bis $-1,20$ m herauf, so daß inzwischen der Meeresspiegel ganz bedeutend angestiegen sein muß. Daraus können wir auch folgern, daß die Dünen der Nehrung 2 vorher entstanden waren, denn ihre Unterkante liegt weit unter dem späteren Meeresspiegel. Die Flugsandbedeckung ist mit 1,5 m nur gering. Eine Podsolierung ist wie bei den übrigen Dünen nicht festzustellen, was wohl der tiefen Lage zuzuschreiben ist.

f) 3. Haffbildung.

Durch Nehrung 3 wurde wiederum ein Haff abgeschnürt, das jedoch nur geringe Tiefen hatte. Denn sein Boden bestand aus dem flachen Vorstrand der Nehrung 2 und den wohl vorhandenen Brandungsbänken (im Sinne WRAGE's) der DünENZEIT.

Deshalb sind in diesem Strandsee die Faulschlamm-bildungen nur geringmächtig. Das übrige füllen Flachmoorbildungen aus, die bis in die heutige Zeit reichen.

g) Der Süderdonn.

Aus den nächst äußeren Bohrungen läßt sich dieselbe Nehrung unter mächtiger Dünenbedeckung erkennen. Wir haben unter dem großen Süderdonn den kiesigen Strand und Vorstrand von Nehrung 3 zu sehen, auf dem sich merkwürdigerweise in viel tieferer Lage Dünen gebildet haben. Der Süderdonn ist also gar keine selbständige Nehrung, sondern er hebt sich nur durch die Dünenkette von dem im Gelände nur schwach sichtbaren 3. Nehrungswall ab. Beide haben dieselbe Unterlage.

h) 4. Haffbildung.

Diesmal waren es die Dünen des Süderdonn, die einen schmalen Streifen sandigen Geländes von der See abschnürten. Dies Dünental füllte sich später bei weiterer Senkung ebenfalls mit Wasser und vermoorte.

i) Nehrung 4.

Donn 5 ist, wie man aus den nächsten Bohrungen erkennen kann, wieder aus einer neuen Nehrung hervorgegangen, deren Oberkante zwar noch tiefer liegt als die von Nehrung 3, aber höher als die Grenze Dünensand-Nehrungskies im Süderdonn, weshalb wir auf einen erneuten Anstieg des Meeresspiegels schließen dürfen.

Das Material, aus dem sich dieser Wall aufbaut, ist dem der anderen Nehrungen ähnlich. Stets sind es sandige Kiese mit kleinen Steinen in wechselnder Zusammensetzung.

Die jüngsten Dünen, deren Baustoff von dem noch sandigen Strand herangeweht wurde, sind zum größten Teil über die Nehrung selbst hinweggewandert und haben den dahinterliegenden Schilfwuchs erstickt.

k) 5. Haffbildung.

Nehrung und Dünen schufen wieder eine geschützte Niederung, die aber nicht überall abgeschlossen war, so daß später das Meer eindringen und minerogene Stoffe ablagern konnte. Ein großer Teil dieses Haffprofils besteht jedoch auch aus Schilftorf, an den Rändern kommen sogar dünne Lagen von Bruchwaldtorf vor.

Grobsandig-kiesige Ablagerungen lassen sich zwar noch in größerer Entfernung vom äußeren Donn im Untergrund verfolgen, aber zu einer neuen Nehrungsbildung ist es nicht mehr gekommen.

5. Die Fauna des Mittelalluviums von St. Michaelisdonn.

Die Nehrungskiese sind unter der Dünenbedeckung fast immer kalkfrei, während die tieferen Lagen und die Strand- und Vorstrandablagerungen eine reichhaltige Molluskenfauna mit Schalen in bester Erhaltung aufweisen. Sie umfaßt folgende Arten:

- Spisula subtruncata* Da Costa
- Spisula solida* L.
- Macra corallina cinerea* Mont.
- Cardium edule* L.
- Macoma balthica* L.
- Corbula gibba* Olivi
- Scrobicularia plana* Gm.
- Mytilus edulis* L.
- Barnea candida* L.
- Litorina litorea* L.
- Hydrobia ulvae* Penn.

Als häufigste Art wird fast immer *Spisula subtruncata* D.C. gefunden, und zwar nicht nur bei St. Michaelisdonn, sondern ebenfalls in den gleichaltrigen Bildungen des übrigen Dithmarschen. Häufig ist auch noch *Corbula gibba*, doch nicht kennzeichnend. Die Farbe der Schalen ist meist gelb, die Größe ungewöhnlich klein, in den seltensten Fällen handelt es sich um ausgewachsene Schalen. Daraus können wir auch auf stark umlagernde Kräfte schließen.

Nach dem Hauptvertreter können wir das Mittelalluvium auch als *Spisula*-Schichten bezeichnen.

6. Die Lundener Nehrung.

Warum sind die Donns bei St. Michaelisdonn fächerförmig aufgespalten? Warum besteht die Lundener Nehrung dagegen nur aus einem Zug? Dafür können folgende Gründe angeführt werden: Im Süden konnte eine Richtungsänderung der Strömungen stattfinden, weil bei fortschreitender Senkung das Meer immer weiter auf dem Grundmoränengebiet vor Heide vorrückte. Und die Küste bei St. Michaelisdonn war ein stark konvexer Bogen. Der Küstenstrom nach Nordfriesland konnte sich kaum ändern, nachdem einmal eine Nehrung da war, da die Küstenform von Heide bis Bredstedt ein konkaver Bogen ist. Außerdem hatte der in die Eider setzende Strom bei weitem nicht die Bedeutung, wie die Strömungen, die ins „Elbe-Meer“ setzten, da das Eider-Becken zu Beginn der Nehrungszeit infolge hochliegender Talsandterrassen noch flach war.

Man könnte einwenden, daß die Lundener Nehrung eben nur eine einzige sei. Doch sprechen manche Anzeichen dafür, daß sie aus einer Anzahl aufeinandergeschobener Einzelwälle besteht, die von einer gemeinsamen Dünenkette oder auch mehreren Dünenketten verschiedenen Alters bedeckt sind.

Der Aufbau ist ganz ähnlich wie bei St. Michaelisdonn. Zuerst liegen steinreiche Kiese mit oder ohne marine Fauna, die nach unten allmählich in Grob- und Mittelsande übergehen. Die Mächtigkeit ist nicht immer genau zu ermitteln, da eine scharfe Trennung zwischen Mittelalluvium und dem hier teils sandigen Altalluvium nicht durchzuführen ist, doch beträgt sie mindestens 8 m. Am Innenrand liegt die Basis und Oberkante bedeutend tiefer als an der Westseite. Die einzelnen Nehrungsbildungen sind also auch hier zeitlich sehr verschieden.

Im östlichen Teil der Nehrung finden wir in den oberen Lagen das von BECKSMANN (1936) angegebene Profil wieder:

0,00—0,70	Mittelkörniger Dünensand.
0,70—1,80	Schilftorf.
1,80—2,00	Darg.
2,00—5,40	Kies und Steine, kalkfrei.
5,40—8,70	desgl. mit mariner Fauna.
8,70—14,60	Grauer, kleiiger Sand, fein bis mittel, kleistreifig.

Die Schalenfauna zeigt gegenüber St. Michaelisdonn nur geringe Unterschiede. Auch hier ist *Spisula subtruncata* die überwiegende Form, wenn auch die Wattenmeerfauna infolge des Einflusses des weniger salzigen Wassers am Ausgang des Eider-Beckens stärker hervortritt.

7. Zur Frage des Elblaufs.

Aus den vorangegangenen Tatsachen ist klar ersichtlich, daß aus den mitgeteilten Bohrergebnissen ein ehemaliger Elblauf an Dithmarschens Geestrandküste nicht abgeleitet werden konnte. Sowohl die Nehrungen wie die Marsch — abgesehen von den obersten Verlandungsschichten, deren Entstehung auf die von NAGEL angedeuteten Ablagerungsverhältnisse zurückzuführen ist, sind unter marinem Einfluß entstanden. Die Nehrungen können auch nur durch südöstlich gerichtete Strömungen entstanden sein.

8. Folgen der Nehrungsbildung.

Die Entstehung der Lundener Nehrung mit ihrer Fortsetzung in Eiderstedt, dem Lundenberger Sand bis nach Nordstrand, hatte für die erdgeschichtliche Entwicklung der Eider-Bucht schwerwiegende Folgen. Die Eiderniederung ist heute ein tiefliegendes, mooriges Gelände. Nicht, daß es etwa ein bevorzugtes Senkungsgebiet oder zur Senkung vorherbestimmt wäre! Die Lundener Nehrung machte das Eidergebiet zum Haff und verhinderte dadurch eine normale Verlandung. So sind letzten Endes die gewaltigen Maßnahmen der Eiderabdämmung und die notwendigen Kultivierungsarbeiten die Folge der eigenartigen Entwicklung während des Mittelalluviums.

9. Die strandfernen Ablagerungen des mittelalluvialen Meeres.

Kehren wir einmal zu den vom Geestrand und den Nehrungen weiter entfernt liegenden Gebieten zurück!

Am Ende des Altalluviums hatte im tiefen dithmarscher Meer die Ablagerung feinsten Sinkstoffes aufgehört, an der Geestrandküste begann das Meer die Küste anzugreifen und Sand und Kies nach Norden und Süden zu verfrachten. Während des ganzen Mittelalluviums war die See so tief, daß eine nicht unerhebliche Brandung die Verlagerung der Sand- und Kiesmassen unterstützen mußte. Es gab also keine Watten. Denn im Wattenmeere wären solche Nehrungsbildungen unmöglich gewesen. Denselben Schluß können wir auch aus der Molluskenfauna der Donnschichten ziehen, denn es wäre unvorstellbar, daß *Corbula* und *Spisula* als Leitformen ausgerechnet im innersten Winkel eines Wattenmeeres gelebt haben sollten.

Kommen wir zu dem Vergleich mit der Insel Sylt zurück! Es ist bekannt, daß außerhalb Sylt heute nicht sedimentiert wird, sondern wahrscheinlich eine Abrasion am diluvialen Kern und Sandtransport von der Mitte nach Norden und Süden stattfindet. Auch die Schalenfauna von Sylt ist ganz ähnlich.

Dieser Vergleich ist völlig zutreffend. Denn in dem heutigen Watten- und Marschengebiet Dithmarschens scheinen die den Nehrungen entsprechenden Schichten entweder ganz zu fehlen, oder sie sind nur in ganz geringen Mächtigkeiten vorhanden.

Wo überhaupt keine Ablagerung stattfand, muß die Oberfläche des altalluvialen Kleies freigelegen haben. Darauf deutet die teilweise starke Besiedlung des schwarzen Abra-Macoma-Kleis mit *Barnea candida* hin.

In anderen Bohrungen, zwischen Süderdonn und dem Adolf Hitler-Koog, sowie auf der Mittelplate, dem Bielshöven und auf Helmsand trifft man in etwa 14,0—15,0 m Tiefe, auch noch gelegentlich bei 20 m (Elbmündung) eine Ablagerung an, die aus kleiigem Grobsand bis Feinkies mit sehr viel Schalen oder fast reinem Schill besteht. Da es sich nicht um eine Einzelercheinung, sondern Verbreitung über größere Räume handelt, muß für die Entstehung dieser Schichten eine Erklärung gefunden werden, die in den veränderten hydrographischen und hydrogeologischen Bedingungen der Donnzeit zu suchen ist. Die große Anhäufung von Schalen, die Durchmischung verschiedener Faunagemeinschaften, die Beimengungen von sandig-kiesigen Stoffen, alles deutet auf Verhältnisse hin, die für das donnzeitliche Meer zutreffen.

Die Schalenfauna ist artenreich. Im Gebiet Mittelplate-Kronprinzenkoog-Helmsand kommen noch vor: *Nucula nucleus*, *Mysella bidentata*, sowie die selteneren Formen wie *Scalaria communis*, *Thracia papyracia*, *Hiatella rugosa* und *Philine aperta*, daneben aber meist häufig *Spisula subtruncata*, *Corbula gibba* und sehr häufig *Cardium edule* und *Macoma balthica*. Das Vorkommen der beiden letzten Arten deutet wohl schon auf flacheres Wasser hin, das wir am Schluß des Donn-Abschnitts im Gebiet der heutigen Niederelbe zu suchen haben.

D. Das Jungalluvium.

1. Die *Cardium*-Schichten.

Da in Dithmarschen im Mittelalluvium keine oder nur geringe Ablagerung stattfand, müssen die Sinkstoffe, die die Elbe heranbrachte, oder die auch möglicherweise schon von Ostfriesland herkamen, irgendwo gestapelt worden sein. Nach der Ansicht von Prof. K. Gripp kann das nur in der weiten Bucht des Elbe-Meeres und im heutigen Elbmündungsgebiet selbst gewesen sein. Dieser Vorgang führte schließlich zur Verstopfung der Mündungsarme, wie wir es auch vom Rhein her kennen. Der Sand schob sich also weiter heraus, und gelangte zu beiden Seiten der Elbmündung zur Ablagerung, während die feineren Teile weiter nach Norden (Norderdithmarschen, Eiderstedt, Nordfriesland) geführt wurden. Ob jedoch dieser Vorgang allein der Grund zu einem neuen Sedimentationsabschnitt gewesen ist, oder ob noch klimatische oder bisher unbekannt hydrogeologische Änderungen mitgespielt haben, wissen wir nicht.

Die Zufuhr von feinsandigen Stoffen unterband einmal die weitere Ab-
 rasion des Geestrandes, da sich die ohnehin schon flachen Strandflächen in
 Watten und Sände verwandelten, sie führte aber auch im küstenfernen Ge-
 biet, wo bisher noch Wassertiefen bis zu 15 m gewesen waren, zur schnellen
 Ablagerung von Sinkstoffen. Die Verlandung und Marschbildung im Nieder-
 elbegebiet und die Verflachung der dithmarscher Bucht, deren Folge ein Hin-
 ausschieben der Grenze Salzwasser/Brackwasser war, trugen dazu bei, daß die
 an vollen Salzgehalt und sonstige bestimmte Wassereigenschaften gebundenen
 Tiere sich in das entferntere Norderdithmarschen und Eiderstedt zurückzogen.
 Wir erkennen in den Bohrproben eine stetige Abnahme derjenigen Tiere, die
 bisher so kennzeichnend für die älteren Ablagerungen waren, wie *Nucula*,
Corbula, *Abra*, *Mysella* usw. Dafür überwiegt bald die ungleich artenärmere
 Wattierwelt mit vornehmlich *Cardium* und *Macoma*, weshalb wir das Jung-
 alluvium auch *Cardium-Schichten* nennen wollen. Diese Bezeichnung
 ist zwar nicht immer ganz richtig, da sich im Jungalluvium viel stärker ver-
 feinerte Unterschiede der Fazies-Gebiete bemerkbar machten, aber es ist
 schwer, die beiden Gegensätze — Klei in Eiderstedt, Sand in der Elbmün-
 dung — einheitlich zusammenfassen. Doch dürfte selbst im Norden der Be-
 griff anwendbar sein, da in jedem Falle diese Schicht mit einer reinen Watt-
 fauna abschließt.

Die mächtigen, sandigen Schichten des Gebietes, das unserem heutigen
 Wattenmeer in Dithmarschen entspricht, noch weiter zu unterteilen, dürfte
 nach unseren heutigen Untersuchungsverfahren ein zweckloses Unternehmen
 sein, denn erstens unterscheiden sich die Ablagerungen wenig oder überhaupt
 nicht voneinander, zweitens sind die Schichten — abgesehen von Muschelgrus
 und Foraminiferen — fast fossilleer, die Fauna ist dazu sehr gleichförmig,
 drittens haben die erdgeschichtlichen Vorgänge im letzten Jahrtausend, viel-
 leicht erst in allerjüngster Zeit, das ganze obere Alluvium bis zu 20 m Tiefe,
 also auch teilweise das Altalluvium, umgelagert, so daß von einer geordneten
 Stratigraphie und Synchronisierung der Schichten innerhalb dieses Schichten-
 verbandes nicht die Rede sein kann. Weitere Aufschlüsse kann man deswegen
 nur in dem von diesen Veränderungen nicht mehr berührten Gebiet, den in-
 neren Marschen, erwarten. Und selbst da wird es nicht immer leicht sein, weil
 Landwerden und Landvergehen immer wieder das klare Bild gestört haben.

Die *Cardium*-Schichten haben eine Mächtigkeit von 3—17 m. Petro-
 graphisch sind sie außerordentlich verschieden ausgebildet, wengleich die
 sandige Fazies in Dithmarschen zumeist stark überwiegt. Im größten Teil des
 Gebietes liegen sie in mariner Ausbildung vor, ausgenommen die Gegend von
 St. Michaelisdonn, wo es durch den Einfluß des Brackwassers der Elbe zu einer
 besonderen Entwicklung kam, auf die noch näher zurückzukommen sein wird.
 Ebenso zeigen die Bohrungen im haffartigen Eidergebiet an, daß hier die Ent-

wicklung von der rein marinen Sedimentation zur brackigen und schließlich zur organogenen Verlandung führte.

2. Die alte Marsch.

Zum ersten Mal in der Geschichte des dithmarscher Alluviums kam es in diesem Zeitabschnitt zur wirklichen Marschbildung. Der Absatz von Sinkstoffen wurde größer als die Senkung. Außerdem ließ die Senkung nach. Wenn wir nämlich das Profil von St. Michaelisdonn betrachten, erkennen wir seit der letzten Nehrungsbildung im Vergleich zur Vorzeit nur noch einen geringen Anstieg des Meeresspiegels, der im Vergleich zu den Ablagerungen dieser Zeit recht klein ist.

Die Entstehung der ersten Marsch, die wir in bestimmten Gegenden unter der heutigen Oberfläche vermuten dürfen, ist im einzelnen noch wenig geklärt. Denn da

1. die Verlandungsschichten meist sandig sind,
 2. die kennzeichnenden Pflanzenreste des Meerstranddreizacks, die SCHÜTTE zum Beispiel als wichtiges Leitfossil benutzt, fehlen,
 3. auch organogene Gesteine, wie Schilftorf, Bruchwaldtorf usw. nur örtlich verbreitet sind und deshalb eine Horizontierung nicht ermöglichen,
- sind Untersuchungen auf vergleichender Grundlage in Dithmarschen ungleich schwieriger als in anderen Gebieten, zum Beispiel an der Niederelbe oder im Weser-Jade-Gebiet.

Das Profil St. Michaelisdonn (Abb. 7) zeigt, daß sich nach der Bildung der letzten Nehrung und der Dünen dem sandig-kiesigen Strande Schichten ganz anderen Gepräges auflagern, die die Richtung zur allmählichen Verlandung deutlich widerspiegeln.

Die Verlandung, die den inneren Teil Dithmarschens umfaßte, erhielt dadurch eine besondere Richtung, daß sich weiter draußen Wattgebiete über den Meeresspiegel erhoben, die die Ablagerung der geestrandnahen Zone beeinträchtigten und schließlich niedrige Becken von der salzigen Nordsee abschlossen. In diesen stagnierte das mit der Elbe in Verbindung stehende Wasser. Aus dem Brackwassergebiet entwickelte sich ein riesiger Sumpf, aus Phragmitetum bestehend, das zunächst noch in sinkstoffführendem Wasser wuchs, sich aber bald so weit verdichtete, daß der Darg (kleiiger Schilftorf und von Schilf durchwachsener Klei) in den von der See am weitesten entfernten Gegenden in reinen Schilftorf überging.

Zur Veranschaulichung dieser Vorgänge seien zwei Profile aufgeführt:

1. Darenwurth.

0,00—0,50	Brauner, fetter Kleiboden (Junge Marsch).
0,50—1,40	Brauner bis schwärzlicher, schwach humoser Klei, mit einer Lage von Holzkohlestückchen bei 1,20 m.
1,40—1,45	Darg, braun.
1,45—1,90	Fester, grauer, dargiger Klei.
1,90—9,50	Hellgrauer-blauer, mariner, kleiiger Sand.

Wir befinden uns hier schon im äußeren Gebiet mit stärkerer Ablagerung, während die folgende Bohrung die Verhältnisse im Innern beleuchtet:

2. Am Weg von Süderdonn nach Bentjen.

0,00—0,60	Aufgebrachter Sandboden.
0,60—0,90	Rostfleckiger, hellgrauer, feinsandiger Klei (Junge Marsch).
0,90—1,05	Darg.
1,05—1,50	Schilftorf.
1,50—1,53	Darg.
1,53—2,40	Schilftorf in Darg übergehend.
2,40—3,00	Hellblauer, durchwurzelter Klei.
3,00—3,40	Sandiger, grauer Klei mit mariner Fauna.

Ganz ähnlich war die Lage im Eidgebiet, nur daß hier die Zufuhr minerogener Stoffe in großen Gebieten noch geringer war. In den abgelegenen Teilen entstanden Restseen, die selbst heute noch nicht vollständig verlandet sind, wie der Steller See und der Mötjen-See. Als Beispiel sei die Schichtenfolge der Bohrung Schlichting (5) angeführt:

0,00—0,20	Braune Moorerde.
0,20—0,65	Schilftorf.
0,65—1,00	Grauer, weicher Klei mit Schilfresten-Darg.
1,00—1,50	Grauer, durchwurzelter Klei.
1,50—2,50	desgl., kalkhaltig, mit Polyederstruktur.
2,50—3,00	Dunkelgrauer, weicher Klei, mit Pflanzenresten, sehr wenig Mehlsand und viel Glimmer.

Der obere Teil des Jungalluviums besteht also aus Brack- und Süßwasserbildungen. An anderen Stellen ist der Schilftorf noch erheblich mächtiger. Eine Handbohrung im Krempeler Moor ergab 1,30 m Schilftorf, obgleich die oberen Schichten bereits abgebaut waren.

Während die Eidermarsch erst in jüngerer Zeit besiedelt wurde, müssen wir annehmen, daß im Gegensatz dazu in Norder- und Süderdithmarschen bereits in frühgeschichtlicher Zeit festes, siedlungsfähiges Land entstanden ist, das im Westen etwa durch die Linie Brunsbüttel—Marne—Meldorf—Oeverwisch—Hemme begrenzt ist. Diese Grenze fällt zusammen mit dem Gürtel alter Wurten, und wir dürfen annehmen, daß von hier aus, nicht vom Geestrand und der tiefliegenden Randzone, die Besiedlung Dithmarschens ausging.

Wesentlich anders als in Süderdithmarschen verlief die Verlandung in Norderdithmarschen. Hierher drang kein Brackwasser mehr hinzu, es konnten sich keine Schilfsümpfe bilden. Die Marsch ist bis an den Geestrand heran marin, mit einer Ausnahme. Der obenflächlich fette Klei geht sehr bald in sandigen und reinen Wattsand über, wie eine Bohrung bei Stelle zeigt:

0,00—0,35	Dunkelgrauer Kleiboden.
0,35—0,80	Hellgrauer, rostfleckiger Klei, mager bis fett.
0,80—2,00	Hellgrauer, sandiger Klei, mager, kalkhaltig, sehr viel Foraminiferen enthaltend.
2,00—2,30	Graublauer Sand mit viel Foraminiferen.
2,30—3,30	desgl., mit marinen Mollusken.

Dieselbe Gliederung wird fast in ganz Norderdithmarschen angetroffen: Etwa 2 m mächtige Verlandungsschichten, darunter der sogenannte Blausand, der seines Kalkgehaltes wegen gern zu Meliorationszwecken verwandt wird.

Nur ein kleines Gebiet blieb in der Verlandung zurück, die Niederung bei der Stellerburg, die heute noch zur Eider entwässert. Dazu gehört auch das Weiße Moor. Wir haben hier folgende Schichtenfolge:

0,00—1,80	Unzeretzter Sphagnumtorf.
1,80—2,30	Grastorf.
2,30—2,60	Schilftorf.
2,60—?	Grüner, fetter Klei, oben etwas dargig.

Hier verlandete also eine flache Senke auf organogenem Wege, schließlich kam es in geschichtlicher Zeit sogar zur Bildung von Hochmoor, ein Vorgang, der in der dithmarscher Marsch einzig dasteht.

Die älteste Marsch dürfte in Norderdithmarschen die Gegend um Oeverwisch, Edemannswisch, Neuenkirchen, Tiebensee usw., sowie die beiden Halligen Wesselburen und Wöhrden gewesen sein. Büsum war ursprünglich eine Düneninsel, die in dem damaligen Wattenmeer vielleicht die heutige Stelle von Trischen vertrat. Der größte Teil des Dünengeländes ist heute verdeckt. Als es nicht mehr sturmflutsicher war, wurden die Dünen durch eine große Dorfwarft künstlich erhöht. Ein Siedlungshorizont, vier Meter unter heutiger Oberfläche, verrät, daß Büsum früher besiedelt war.

Daß die oben genannten Gebiete bereits um die Zeitwende besiedelt waren, zeigen einige Fundgegenstände im vorgeschichtlichen Museum zu Heide aus Wennemannswisch und Oeverwisch aus der römischen Kaiserzeit. Leider sind die näheren Fundumstände nicht bekannt. Daß die Kenntnis von der Vorzeit bisher in Dithmarschen so gering ist, liegt aber lediglich daran, daß die Marsch Dithmarschens in der Forschung von jeher vernachlässigt worden ist und in dieser Beziehung weit hinter allen anderen deutschen Küstengebieten zurücksteht. Auf diesem Gebiet, der Frühgeschichts- und Wurtenforschung, ist noch unendlich viel zu tun. Bisher ist so wenig bekannt, daß daraus kaum Schlüsse gezogen werden können.

Wie lange die frühgeschichtliche Festlandszeit dauerte, ist nicht bekannt. Aber es scheint, daß die Landwerdung um die Zeitwende und die nachfolgende Senkung auch in allen übrigen deutschen Küstengebieten zu verzeichnen war.

3. Die junge Marsch.

Soviel ist sicher, daß die ältere Marsch später noch einmal vom Meere überflutet und mit einer mehr oder weniger starken Kleidecke überzogen wurde. Eine erneute Senkung kann nur die Ursache gewesen sein.

Das bereits vorhandene Land wurde dabei infolge der noch annähernd gleichen Ablagerungsbedingungen mehr aufgehöhht als die mit Schilfmoor erfüllten Niederungen Süderdithmarschens, in die die Flut von der Elbe her

einbrach. Die bisher benachteiligten inneren Teile Süderdithmarschens blieben es also auch in der Folgezeit. Diese Tatsache ist der Beachtung wert, denn es liegt kein zwingender Grund vor, anzunehmen, daß das heute auf etwa 0,60 m NN liegende Gebiet vor St. Michaelisdonn bei seiner späteren Bedeichung um das Jahr 1050 normal aufgehört war, das heißt wie in den äußeren Bezirken bis mindestens 0,50 m über M.H.W. Es wäre jedenfalls grundfalsch, bei der Berechnung von Senkungsbeträgen von diesen anormal entwickelten Gegenden auszugehen, die zudem wegen der beträchtlichen Unterlagen von Schilftorf auch noch der Sackung unterlagen.

4. Erste Bedeichung.

Wann der erste Deich gezogen wurde, ist nicht überliefert. Es wird die Zeit um 1050 n. Chr. angenommen. Damit wurde die junge Marsch, die in ihrer Begrenzung im wesentlichen mit der älteren zusammenfällt, für immer dem Zugriff des Meeres entzogen. Die Folgezeit ließ Watten und Inseln entstehen, die in zähem Kampf vom Menschen erobert wurden. Bis zur Gegenwart ist so ein Koog nach dem anderen gewonnen worden.

5. Landverluste?

Im Gegensatz zu den übrigen deutschen und holländischen Küstengebieten sind Landverluste in Dithmarschen stets gering gewesen. Selbst die mittelalterlichen Sturmfluten haben den hochliegenden Marschen kaum etwas anhaben können. Wohl ist ein Stück der Düneninsel Büsum verloren gegangen, andere Sandinseln draußen im Wattenmeer sind entstanden und vergangen, aber niemals sind so große Einbrüche entstanden wie etwa der Jadebusen oder die Hever. Ansichten wie die, daß festes Land bis zur Linie St. Peter—Neuwerk gereicht habe, sind unbegründet und durch nichts bewiesen. Niemals haben sich im dithmarscher Wattenmeer Spuren alten Landes gefunden, keine Siedlungsreste und sonstigen Kulturspuren sind entdeckt worden, und wer etwa in den Flugsandplatten Trischens und Blauorts alte Dünenreste vermuten möchte, dem mag entgegengehalten werden, daß unter ihnen „Leitfossilien“ des 19. und 20. Jahrhunderts gefunden wurden, nämlich Steinkohle, Schlacke und Stahldraht, auch ein Vermessungsstein gehört dazu.

6. Die Gegenwart.

Auch heute ist die Entwicklung noch nicht abgeschlossen, wenngleich sie durch den Eingriff des Menschen ein ganz besonderes Gepräge erhalten hat. Die seit nahezu 1000 Jahren betriebenen Bedeichungen, die Regulierung der Flüsse und Fahrwasser sind nicht ohne Einfluß auf die hydrogeologisch wirksamen Kräfte geblieben und haben mit zur morphologischen Umgestaltung des Elbmündungsgebietes beigetragen. Wohin die Entwicklung führen wird, wissen wir heute noch nicht. Aber die stärker als früher beobachtete Um-

lagerung und die Entstehung und Vertiefung von großen Wattströmen haben einen neuen Gesichtspunkt in das geologische Geschehen hineingetragen, der nicht unberücksichtigt bleiben darf, wenn nicht unser fruchtbarer Marschstreifen einmal gefährdet werden soll.

Als jüngste Schicht sind in unseren Watten die durch ein neues „Fossil“, *Mya arenaria*, gekennzeichneten Ablagerungen anzusehen, die wir deswegen *Mya*-Schichten nennen wollen. Damit soll nicht gesagt sein, daß das Auftreten von *Mya arenaria* in unserem Alluvium einen neuen Entwicklungsweg einleitet. Die durch sie ausgezeichneten Schichten stellen lediglich den jüngsten Horizont des Jungalluviums oder der *Cardium*-Schichten dar. Die Muschel wird erst in den letzten 100 bis 200 Jahren in unser Gebiet eingewandert sein, denn sie findet sich ausschließlich im Watt und in den jüngsten Kögen, und auch dann nur bis zu einer geringen Tiefe. Der Verfasser stimmt nicht mit den Verfassern überein, die das Jungalluvium als *Mya*-Zeit bezeichnen wollen.

Als jüngster Einwanderer ist *Petricola pholadiformis* Lamarck zu nennen. Diese Bohrmuschel, die seit 1896 an unserer Küste aufgetaucht ist und heute bereits die alteingesessene *Barnea candida* verdrängt, wird später einmal ein ausgezeichnetes Leitfossil abgeben. Wird sie jetzt schon bei Bohrungen in größerer Tiefe gefunden, so können wir daraus auf neuzeitliche Umlagerung schließen.

7. Die heutige Schalenfauna.

Es wurde schon erwähnt, daß die ehemals so reiche Tierwelt des Altalluviums in den nachfolgenden Zeitabschnitten allmählich verarmte. Am längsten hielt sich die Sublitoralfauna noch in Norderdithmarschen und Eiderstedt. Zu den Hauptvertretern der jüngsten Ablagerungen gehören:

- Cardium edule* L.
- Macoma balthica* L.
- Mya arenaria* L.
- Scrobicularia plana* Gm.
- Mytilus edulis* L.
- Petricola pholadiformis* Lamarck.
- Barnea candida* L.
- Hydrobia ulvae* Penn.
- Litorina litorea* L.

Aus dem dithmarscher Wattenmeer ganz verschwunden sind: *Nucula nucleus*, *Corbula gibba*, *Ostrea edulis*, *Tapes pullastra*, *Mysella bidentata*, *Montacuta ferruginosa*, *Buccinum undatum*, *Spisula subtruncata*, *Nassarius reticulatus*, während sich *Macra corallina cinerea* als Kümmerform in der Außeneider erhalten hat und *Tellina tenuis* und *T. fabula* erst jetzt ihre

besten Lebensbedingungen in den Außensänden und „Vorwatten“ gefunden haben und in manchen Jahren in ungeheurer Zahl auftreten. *Donax vittatus*, in Ostfriesland stark verbreitet, gehört bei uns zu den selteneren Formen.

V. Die Krustenschwankungen im dithmarscher Alluvium.

Die Entwicklung des dithmarscher Alluviums läßt sich ohne erhebliche Krustenschwankungen nicht erklären, und zwar war es vor allem eine abwärts gerichtete Bewegung, die, wie oben auseinandergesetzt wurde, schon im Boreal begann. Sie machte sich in unserem Gebiet zunächst durch Grundwasseranstieg bemerkbar, während die marine Transgression erst zu Beginn des Atlantikums die am tiefsten liegenden Moorflächen überflutete. Dieser altalluvialen Senkung ging während der Eiszeit und im Frühalluvium eine Hebung voraus, über deren Maß sich aber nichts Genaueres sagen läßt, da uns alle Anhaltspunkte fehlen. Sie muß aber sehr beträchtlich gewesen sein.

Aus der Niveaushiftung des Basistorfes können wir auf eine positive Strandverschiebung während des Alluviums von mindestens 27 m in etwa 7500 Jahren schließen. Das ergibt einen Senkungsbetrag von durchschnittlich 36 cm im Jahrhundert. Da hierin aber die eingeschalteten Hebungen enthalten sind und nachgewiesen werden kann, daß dieser Betrag in den letzten 2000 Jahren bei weitem nicht erreicht wurde, muß dieser Wert zeitweilig noch ganz erheblich überschritten worden sein. Nach den unveröffentlichten, pollenanalytischen Untersuchungen von R. Schütrumpf ist das Ende des Altalluviums um 3000—4000 v. Chr. anzusetzen. Danach wäre für diese Zeit mit Senkungsbeträgen bis zu 1 m im Jahrhundert zu rechnen, womit die hochmarine Entwicklung unserer alluvialen Absätze durchaus im Einklang steht.

Es wurde bereits ausführlich erörtert, warum die brackisch-marine Basisleischicht keinen Hebungshorizont darstellt, und warum wir mit einer Unterbrechung der Senkung im Altalluvium nicht zu rechnen brauchen.

Die Senkung I (nicht gleich Senkung I bei SCHÜTTE) dauerte an bis einschließlich Ende der 3. Nehrungsbildung. Damals lag der Wasserspiegel der Nordsee etwa bei $-1,0$ bis $-1,5$ m NN, so daß die positive Strandverschiebung seit dem Frühatlantikum ungefähr 25 bis 26 m betrug.

Unmittelbar nach der 3. Nehrungsbildung muß eine Hebung eingetreten sein, denn die Dünen des Süderdunn lagern dem ehemaligen Vorstrand der Nehrung 3 auf. Der Hochwasserspiegel war also gesunken. Nehmen wir an, daß das Verhältnis der Nehrungsoberfläche zum M.H.W. dasselbe geblieben ist, so können wir aus den Bohrerergebnissen eine negative Strandverschiebung um 2,00—2,50 m errechnen, denn die Hochwasserstände lagen zur Zeit der Bildung des Süderdunn um soviel niedriger. Doch kann Hebung I nicht von

langer Dauer gewesen sein, denn die nächste Nehrung liegt mit ihrer oberen Begrenzung bereits wieder höher, zeigt also an, daß in zwischen der Wasserspiegel wieder gestiegen war. Zeit und Dauer von Hebung I sind uns noch unbekannt. Es lassen sich also bisher keine Jahrhundertwerte berechnen.

Senkung II hatte nur ein geringes Ausmaß. Sie dauerte bis zur ersten Marschbildung, das heißt nach den wenigen Siedlungsresten etwa bis zum Beginn unserer Zeitrechnung. Die Oberkante dieser älteren Marsch liegt heute in ihren höchsten Gebieten etwa bei NN. Das M.H.W. war also während der Senkung II um 3,4 m gestiegen. Da wir den Beginn der Senkung noch nicht kennen, läßt sich ebenfalls ein Jahrhundertbetrag nicht ermitteln.

Dieser Zeitabschnitt wurde wiederum abgelöst durch eine negative Strandverschiebung, die wir aus der Besiedlung der ersten Marsch auf ebenem Gelände ableiten können. Wie groß der Hebungsbetrag war, wissen wir nicht, da wir die Sturmflutwasserstände aus jener Zeit nicht einmal abschätzen können. Sie werden sicherlich niedriger gelegen haben als heute, da sich die Wassermassen über die riesigen, unbedeichten Gebiete der Niederelbe verteilen konnten. Eine Hebung um 2 m scheint noch zu hoch gegriffen. Weil jede Annahme doch zu anzweifelbaren Ergebnissen führen würde, wird von irgendwelchen Berechnungen abgesehen.

Daß in nachchristlicher Zeit ein nochmaliger Meereseinbruch stattfand, der auf erneute Senkung hinweist, dürfte außer Zweifel sein. Denn in der ganzen inneren Marsch liegt mariner Klei über Brackwasserklei, Schilftorf und sogar Bruchwaldtorf. Bis zur Eindeichung um 1050 erreichte die neu abgelagerte Schicht eine Stärke bis 1,20 m. Die Landoberfläche verschob sich um mindestens 1,20 m gegen das mittlere Hochwasser, wahrscheinlich aber mehr, da der Ausgleich der vorausgehenden Hebung hinzukommt. Auf 700—800 Jahre umgerechnet würde also die Senkung immer noch 15—17 cm im Jahrhundert betragen.

Aber die Senkung III war mit dem Jahre 1050 noch nicht abgeschlossen, denn die höchsten Stellen der damals eingedeichten Marsch liegen heute etwa 20 cm unter M.H.W.; das heißt also: lagen sie damals 50 cm darüber, so hätte sich ihre Lage in 900 Jahren um 70 cm gegen das mittlere Hochwasser verschoben. Das ergibt einen mittleren Senkungsbetrag von etwa 9 cm im Jahrhundert. Allerdings ist zu bedenken, daß von diesen 70 cm ein bedeutender Betrag auf den Anstieg des M.H.W. fallen dürfte, denn seit den ersten Bedeckungen ist durch die Einwirkung des Menschen ein ganz erheblicher Stau eingetreten, so daß der tatsächliche Senkungsbetrag niedriger zu bemessen wäre. Berücksichtigen wir noch die Sackung, Abtrag durch menschliche Kultivierungsmaßnahmen usw., so kommen wir vielleicht zu einem Wert, der noch nicht einmal 5 cm im Jahrhundert erreicht.

Es ergibt sich also aus diesen Betrachtungen ein Abklingen der Krustenschwankungen, und es ist durchaus wahrscheinlich, daß sich die dithmarscher

Nordseeküste dem Ende der letzten Senkung nähert oder es bereits erreicht hat.

Die angestellten Untersuchungen sind noch lückenhaft, manche Zahl wird noch nicht ganz stimmen, aber spätere Forschungen werden die festgestellte Entwicklungsrichtung nicht mehr ändern. Wurtenforschung und Pollenanalyse werden behilflich sein, genauere Daten zu ermitteln. Vorläufig müssen wir uns mit dem Vorhandenen begnügen. Jedenfalls ist zu erkennen, daß Dithmarschen nicht zur Senkung vorherbestimmt ist. Von dieser Seite her droht der Landgewinnung keine Gefahr innerhalb der nächsten Jahrhunderte. Daß Küstenschutz auch in den in Ruhe oder Hebung befindlichen Gebieten notwendig sein kann, zeigt uns das Beispiel der Insel Sylt und braucht nicht näher auseinandergesetzt zu werden.

Gewiß gibt es in Dithmarschen Gegenden mit schwierigen Entwässerungsverhältnissen, aber das sind nicht in erster Linie Folgen der Küstensenkung, sondern anderer hydrographischer Vorgänge, wie oben auseinandergesetzt worden ist.

VI. Die Mollusken des dithmarscher Alluviums.

Tier- und Pflanzenreste sind das wichtigste Hilfsmittel, um aus den aus Bohrungen und Schürfungen gewonnenen Proben Rückschlüsse auf die zur Bildungszeit der Sedimente wirksamen Faktoren klimatischer, hydrographischer und hydrogeologischer Art zu ziehen, zur Hauptsache auch, um einen mächtigen Schichtenverband in verschiedene Unterabteilungen zu gliedern. Fast sämtliche geologischen Schichten sind nach einem Leitfossil benannt. Wenn das bisher im Alluvium wenig durchgeführt ist, so liegt das einmal am Mangel an Leitfossilien, zum andern daran, daß überhaupt kennzeichnende Vertreter der organischen Welt fehlen. Leider ist auch die Kenntnis von der Verbreitung und den Lebensbedingungen der Mollusken in unseren Küstengebieten noch so gering, und es ist daher um so dringender zu fordern, daß Beobachtungen gesammelt werden. Es sei nur auf die ausgezeichnete Arbeit des holländischen Biologen VAN REGTEREN-ALTENA hingewiesen, dessen Werk für den Alluvialgeologen eine große Hilfe bedeutet.

Wie wichtig die Mollusken für die Gliederung und die Deutung der alluvialen Schichten Dithmarschens sind, geht aus dem stratigraphischen Teil hervor. Möge die nachfolgende Zusammenstellung der Gastropoden und Lamellibranchier anregen, auch in den übrigen Gebieten der deutschen Nordseeküste die Schalenfauna zu beachten.

A. Gastropoda.

1. *Litorina litorea* (Linne 1758).

Die Strandschnecke ist im allgemeinen nicht häufig in unseren Ablagerungen. In der Strandfazies am Donn wie in den Schillagen der Bohrungen Mittelplate, Helmsand, Kronprinzenkoog, Adolf Hitler-Koog ist sie regelmäßig, aber in geringer Anzahl vertreten.

2. *Hydrobia ulvae* (Pennant 1777).
Synonyme: *Peringia ulvae* (Pennant), *Sabanea ulvae* (Pennant).
Die bekannte, heute sehr verbreitete Wattschnecke fehlt eigentlich nur in den hochmarinen Ablagerungen des äußeren Bezirks. Bei Süderdunn ist sie fast das einzige Fossil des schwarzen Kleis. In Schillagen ist sie häufig vorherrschend. Die Brackwasserart *Hydrobia stagnalis-Hydrobia ventrosa* ist bisher nirgends beobachtet worden.
3. *Natica poliana alderi* (Forbes 1838).
Die Art gehört zu den selteneren und ist bisher erst in wenigen Stücken gefunden worden. Sie ist auch heute im Wattenmeer sehr selten und wird nur gelegentlich bei St. Peter und Trischen angespült. Vielleicht handelt es sich dabei aber auch um fossile Gehäuse.
4. *Buccinum undatum* (Linne 1758).
Die Wellhornschnecke, die heute im dithmarscher Watt nicht mehr lebt, ist besonders in den Transgressionsschichten anzutreffen. Auch in größeren Schillagen kommt sie meist vor.
5. *Retusa alba* (Kanmacher 1798).
Syn.: *Retusa obtusa* Montagu 1803, *Utriculus obtusus* Mont.
Retusa obtusa kommt mit *Hydrobia ulvae* vergesellschaftet vor. Häufig tritt diese kleine Raubschnecke jedoch nirgends auf. Heute lebt sie in den inneren Wattgebieten ebenfalls mit *Hydrobia* zusammen.
6. *Philina aperta* (Linne 1767).
Diese sehr zarte Art ist im Altalluvium nicht selten. Doch sind die dünnen Gehäuse meist zerbrochen. Rezent ist sie bei uns unbekannt.
7. *Philbertia linearis* (Montagu).
Syn.: *Defrancia linearis* (Mont.), *Mangelia linearis* (Mont.).
Bisher ist nur ein vollständiges Stück in den *Corbula-Nucula*-Schichten der Bohrung Tertius I gefunden worden. Diese vollmarine Art wird man weiter einwärts auch nicht erwarten können.
8. *Clathrus clathrus* (Linne 1758).
Syn.: *Scala elathrus* (L.), *scalaria communis* (Lamarck 1819).
1 Exemplar stammt aus denselben Schichten (7).
9. *Nassarius reticulata* (Linne 1758).
Syn.: *Nassa reticulata* L.
Die in der Eemformation, auch im Alluvium Eiderstedts verbreitete Art wird in Dithmarschen recht selten angetroffen, am ehesten in den marinen Transgressionsschichten. Auch sie ist in Dithmarschen rezent unbekannt, findet sich jedoch in Nordfriesland und bei Sylt.

B. Lamellibranchiata.

10. *Nucula nucleus* (Linne 1758).
Diese taxodonte Muschel ist neben *Corbula gibba* das häufigste Fossil des marinen Altalluviums. Doch ist sie an bestimmte Fazies gebunden. In der Bohrung Kronprinzenkoog ist sie schon sehr selten, östlich davon tritt sie nicht mehr auf, während sie in Norderdithmarschen bis dicht an die Geest herangeht. Rezent ist sie aus dem Wattenmeer nicht bekannt, doch wird sie in Greiferproben nicht selten gefunden. Aufgearbeitete Exemplare finden sich im Spülsaum vom Tertius.
11. *Mytilus edulis* (Linne 1758).
Die Miesmuschel ist im Altalluvium natürlich nur in küstennahen Gebieten zu finden. Häufig ist sie in der Strandfazies und den Donn-Schichten des Mittelalluviums. Heute allgemein verbreitet.

12. *Ostrea edulis* (Linne 1758).

Die Auster ist längst aus dem dithmarscher Wattenmeer verschwunden. Auch in den älteren Schichten ist sie außer im Transgressionskonglomerat und den mittelalluvialen Schillagen recht selten.

13. *Mysella bidentata* (Montagu 1803).

Syn.: *Montacuta bidentata* (Mont.).

Diese winzige zweizahnige Muschel ist im ganzen Altalluvium, im Mittel- und unteren Jungalluvium verschieden zahlreich vertreten. Wie *Nucula* findet sie sich auf sekundärer Lagerstätte an einzelnen Stellen, wo ältere Schichten aufgearbeitet werden, so auf dem Tertius und vor Eiderstedt. Die Verbreitung ist ähnlich wie bei *Nucula*, in Strandnähe fehlt sie.

14. *Montacuta ferruginosa* (Montagu 1808).

Syn.: *Tellinmya ferruginosa* (Mont.).

Diese Art tritt mit *Mysella* zusammen auf, ist jedoch ungleich seltener.

15. *Cardium edule* (Linne 1758).

Unter den *Cardiiden* ist die gewöhnliche Herzmuschel die einzige, bisher im Alluvium Dithmarschens beobachtete Art. In den *Cardium*-*Corbula*-Schichten ist sie vorherrschend, zieht sich dann auf lange Zeit in die Elbe und in Strandnähe zurück, um erst während des Jungalluviums neben *Macoma balthica* L. die häufigste Art zu werden.

16. *Venus gallina striatula* (Da Costa 1778).

Syn.: *Venus gallina* auct. partim, *Chamaelea gallina* auct. partim.

Eine gut erhaltene Klappe stammt aus der Bohrung Tertius, sonst ist die Venusmuschel nirgends gefunden worden. Heute lebt sie bei Helgoland. An der holländischen Küste soll diese Art nach VAN REGTEREN ALTENA (1937) nicht selten sein und zwischen Kijkduin und Ijmuiden lebend vorkommen. Am Sylter Weststrand sind ihre Schalen auch nicht selten, doch mögen sie dort aus dem Eem stammen.

17. *Tapes pullastra* (Montagu).

Im Transgressionskonglomerat der Bohrung Tiebensee ist *T. pullastra* ungemein häufig. In den gleichaltrigen Schichten der Bohrung Kronprinzenkoog in 20,0 bis 22,6 m Tiefe sind mehrere Schalenbruchstücke gefunden. Sonst ist sie nicht beobachtet, auch heute lebend vor Dithmarschen unbekannt. Am Strand von St. Peter ist sie ebenfalls selten zu finden, während die Teppichmuschel am Ellenbogen auf Sylt zweifellos lebt.

18. *Petricola pholadiformis* (Lamarck 1818).

Diese seit 1896 aus Nordamerika eingewanderte Bohrmuschel hat sich in kurzer Zeit sehr stark verbreitet und ist im ganzen Wattenmeer gemein. Da sie bevorzugt den anstehenden, altalluvialen Klei besiedelt, kann sie, wenn sich die Wattströme verlagern, später auch in Bohrungen bei größerer Tiefe vorkommen.

19. *Spisula subtruncata* (Da Costa 1778).

Syn.: *Mactra subtruncata* (D.C.).

Diese Art ist kennzeichnend für die nach ihr benannten Ablagerungen des Mittelalluviums. Außer in den mehr oder weniger sandigen Uebergangsbereichen kommt sie im Altalluvium weniger vor. Heute wird sie auf den äußersten Sänden sehr selten gefunden, im Wattenmeer selbst fehlt sie.

20. *Spisula solida* (Linne 1758).

Syn.: *Mactra solida* (L.).

Diese Art tritt gegenüber *Sp. subtruncata* ganz in den Hintergrund. In allen Gebieten Dithmarschens und in allen Schichten ist sie sehr selten. Am Sylter Strand kommt sie angespült heute in ungeheuren Mengen vor.

21. *Maetra corallina cinerea* (Montagu 1803).
 Syn.: *Maetra stultorum* auct. Partim, *Maetra corallina* atlantica Bucquoy, Dautzenberg et Dollfuß 1896.
 Häufiger als die vorherige Art, fehlt sie in Schillagen fast nie. Frische Schalen finden sich noch am Flackstrom, auf Trischen, Tertius, Blauort und den Sandwatten der Außeneider. Doch erreicht sie nie die Größe der ostfriesischen Stücke.
22. *Donax vittatus* (Da Costa 1778).
 Syn.: *Donax anatinum* Lamarck 1818.
 Diese schön gezähnte Art ist an lebhaftes Wasser und sandige Sedimente gebunden und meist in unserem Gebiet sehr selten. Nur in der Bohrung Mittelplate ist sie in einer Schillage von 15,5—16,0 m in ungezählten Stücken aller Größen gefunden worden. Als Aufbaustoff von Großrücken beschreibt sie Lüders aus dem Jadegebiet. In Dithmarschen kann sie jedoch nicht häufig genannt werden. Fundorte rezenter Schalen: Trischen und St. Peter.
23. *Abra alba* (W. Wood 1802).
 Syn.: *Syndosmya alba* (Wood), *Semele alba* (Wood).
 Eine häufige Art des marinen Altalluviums, in Norderdithmarschen auch im unteren Jungalluvium noch fast regelmäßig vorhanden. Im schwarzen Klei des oberen Altalluviums ist *A. alba* neben *Macoma balthica* das einzige Fossil. Die Schichten der Bohrung Mittelplate sind reich an Schalen dieser Art. Am Grunde des Neufahrwassers, der Piep und Eider werden sie aufgearbeitet und kommen deshalb häufig in Greiferproben vor.
24. *Scrobicularia plana* (Da Costa 1778).
 Syn.: *Scrobicularia piperata* (Toiret 1789).
 Im Altalluvium ist die Pfeffermuschel, die in ruhigem, flachem Wasser und kleiigen Ablagerungen lebt, nur selten, in den Schillagen der Spisula-Schichten kommt sie fast regelmäßig, wenn auch nicht häufig, vor. Erst im Jungalluvium hat sie in den Verlandungsschichten ihre Hauptverbreitung gefunden.
25. *Macoma balthica* (Linne 1758).
 Syn.: *Tellina balthica* L. *Tellina solidula* Pulteney 1799.
 Eine der gemeinsten Muscheln, im ganzen Alluvium bis auf die Corbula-Nucula-Schichten mehr oder weniger stark verbreitet. Je nach der umgebenden Ablagerung ist sie dick- oder dünnschalig.
26. *Tellina fabula* (Gmelin 1791).
 Diese zarte Form findet sich besonders in den sandigen Schichten und Schillagen der Bohrung Mittelplate, sie ist sonst seltener. Heute ist sie an der ganzen Nordseeküste bekannt und kommt gelegentlich zusammen mit *T. tenuis* in ungeheuren Mengen vor. Im Winter und Frühjahr 1937 bildeten ihre Schalen auf Trischen, Tertius, bei St. Peter und auf den ostfriesischen Inseln große Spülsäume, meist zusammen mit *Echinocardium cordatum*. In manchen Jahren dagegen sind beide Arten kaum zu finden.
27. *Tellina tenuis* (Da Costa 1778).
 In Bohrungen noch seltener als die vorige Art, heute im Außenbezirk ebenso stark verbreitet.
28. *Ensis ensis* (Linne 1758).
 Syn.: *Solen ensis* L.
 Bruchstücke dieser Art sind am häufigsten in Transgressionskonglomeraten. Heute ist die Scheidenmuschel bei uns unbekannt.

29. *Hiatella rugosa* (Linne 1767).

Syn.: *Saxicava rugosa* L.

Große Exemplare sehr häufig im Transgressionskonglomerat der Bohrungen Wöhrden, Haferwisch und Tiebensee (Abb. 2), sonst im Altalluvium nur in wenige mm großen Klappen und selten.

30. *Corbula gibba* Olivi.

Diese Art erreicht nie die Größe der im Eem vorkommenden Schalen. Trotzdem ist sie, häufig in zweiklappigen Stücken, ungeheuer verbreitet, so daß sie günstige Lebensbedingungen gehabt haben muß. Manchmal ist sie fast gesteinsbildend. Im schwarzen Klei fehlt sie fast vollkommen, wird aber in den Spisula-Schichten wieder häufiger.

31. *Mya arenaria* (Linne 1758).

Die Sandklaffmuschel oder Piepauster, wie sie bei Büsum genannt wird, ist heute sehr stark verbreitet. Im Wattboden ist sie nur bis zu 3 m Tiefe gefunden worden. Sie scheint erst in den letzten 100 bis 200 Jahren bei uns eingewandert zu sein, hat aber gerade in den dithmarscher Watten ihre stärkste Verbreitung gefunden.

32. *Mya truncata* (Linne 1758).

Die abgestuzte Klaffmuschel tritt nicht selten in den Cardium-Corbula-Schichten auf, ist auch sonst in Schillagen nicht selten. Heute fehlt sie im eigentlichen Wattenmeer, lebt aber nach WOHLLENBERG (1937) vor dem Königshafen/Sylt. Am Strand von St. Peter wird sie häufig, umgeben von Eiballen von *Buccinum*, angeschwemmt.

33. *Barnea candida* (Linne 1758).

Syn.: *Pholas candida*.

Die Bohrmuschel ist in fossilreichen Lagen anzutreffen. Sehr häufig ist sie in der Oberkante von Kleischichten, so im schwarzen Klei der Bohrung Tertius II und im Darg der Bohrung Neuenkrug. Heute droht sie durch *Petricola* verdrängt zu werden.

34. *Zirfaea crispata* (Linne 1758).

Syn.: *Pholas crispata* L.

Die große Bohrmuschel gehört zu den seltenen Arten. In groben Schillagen kommt sie gelegentlich vor.

35. *Thracia papyracea* (Poli).

Von dieser Art sind bisher nur wenige Exemplare in den Corbula-Nucula-Schichten gefunden worden.

V. Zusammenfassung.

An Hand von zahlreichen, durch die Forschungsabteilung Büsum unter Aufsicht des Verfassers ausgeführten Bohrungen und unter Verwendung der Ergebnisse von Rohrfestpunkten wird das bisher kaum bekannte Alluvium Dithmarschens stratigraphisch und entwicklungsgeschichtlich ausgewertet. Die Hauptergebnisse sind folgende:

1. Der voralluviale Untergrund Dithmarschens besteht zum überwiegenden Teil aus fluvioglazialen Sanden und Kiesen der jüngsten Vereisung.

2. Eemzeitliche Meeresabsätze haben südlich Lunden nicht nachgewiesen werden können.

3. Die bis zu 36 m mächtigen alluvialen Absätze werden in Früh-, Alt-, Mittel- und Jungalluvium mit Unterabteilungen gegliedert.

4. Das Alluvium Dithmarschens weicht stark von dem der übrigen deutschen und holländischen Küstengebiete ab. Alt- und Mittelalluvium liegen in vollmariner, nicht in Watt-, Brack- oder Süßwasserfazies, vor. Die Ablagerungen sind durch massenhaftes Vorkommen von *Corbula gibba*, *Nucula nucleus* und anderen marinen Mollusken gekennzeichnet.

5. Die O. JESSEN'sche Hypothese vom ehemaligen Elblauf am dithmarscher Geestränd kann angesichts der Bohrergebnisse nicht aufrechterhalten werden.

6. Ein vor Heide—Hemmingstedt gelegenes Altdiluvialgebiet ist im Mittelalluvium durch das Meer weitgehend abgetragen worden. Es hat den Baustoff zum Aufbau der Haken und Nehrungen von Lunden und St. Michaelisdonn geliefert.

7. Zum ersten Mal an der deutschen Nordseeküste wird bei St. Michaelisdonn ein Gebiet untersucht, in dem rein marine und Süßwasserabsätze (Nehrungen und Häff-Gyttja) auf engstem Raum nebeneinander liegen. Durch die in Arbeit befindliche mikrobotanische Untersuchung wird die zeitliche Verbindung der Meeres- und Süßwasserabsätze weitgehend klargestellt werden.

8. Die Untersuchung der Nehrungen ermöglicht es, auf die hydrographischen Zustände der Vorzeit Rückschlüsse zu ziehen.

9. Das SCHÜTTE'sche System von vier Senkungen und drei Hebungen läßt sich nicht auf Dithmarschen und die Elbmündung übertragen. Hier haben seit dem Frühatlantikum drei Senkungen und zwei Hebungen stattgefunden. Die erste Senkung hat ein Ausmaß von mindestens 26 m erreicht.

10. Die Krustenbewegungen klingen zur Gegenwart hin aus. Sie sind in den letzten Jahrhunderten für die Landgewinnungs- und Landeskulturarbeiten ohne schädlichen Einfluß gewesen.

11. Für die Berechnung von Senkungs- und Hebungsbeträgen sind nur normal entwickelte Gebiete mit minerogener Ablagerung heranzuziehen. Solche mit Schilftorf- und Darguntergrund sind der vielen unsicheren Punkte wegen nach Möglichkeit auszuschalten.

12. In Dithmarschen sind in geschichtlicher Zeit keine bedeutenden Landverluste zu verzeichnen gewesen. Festes Land hat zu keiner Zeit seit Beginn der altalluvialen Senkung westlich bis zur Linie St. Peter—Blauort—Neuwerk gereicht.

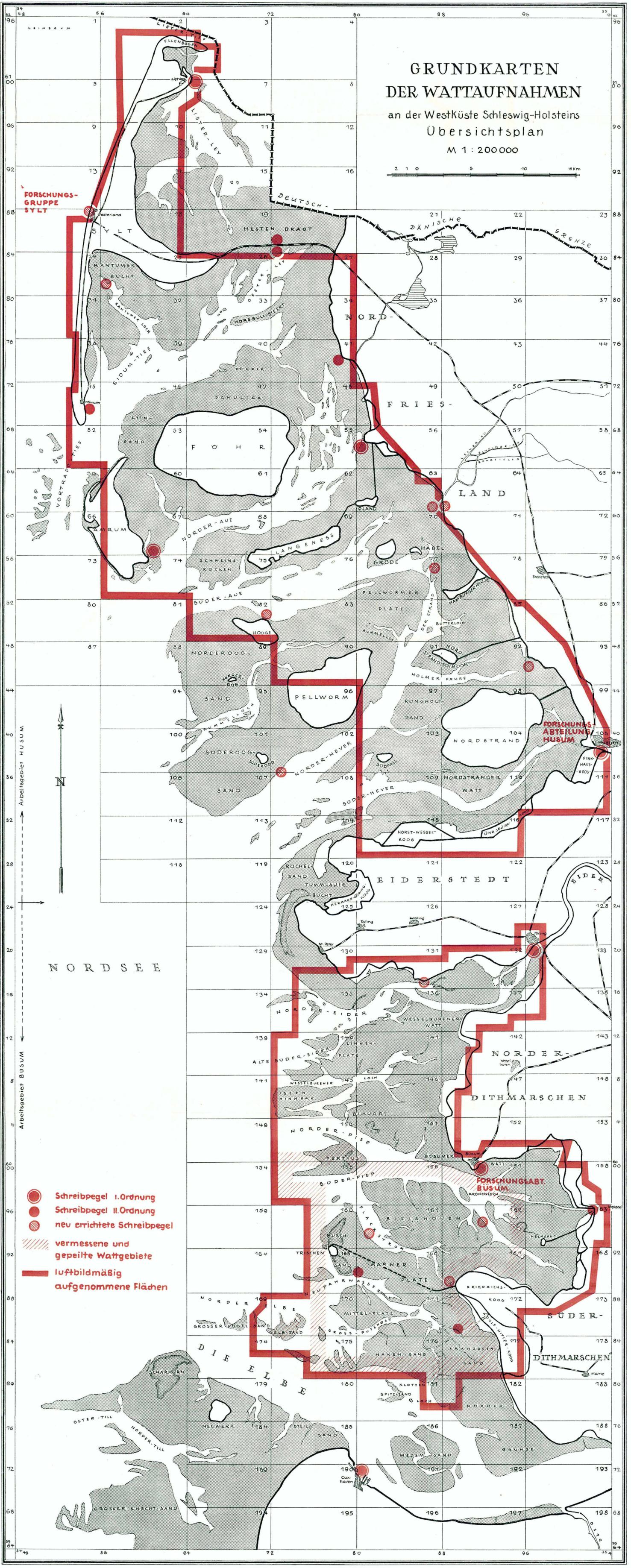
13. Es wird auf die Beachtung der Schalenfauna bei der Deutung und Abgrenzung alluvialer Schichten hingewiesen und eine Liste der im dithmarscher Alluvium vorkommenden Schnecken und Muscheln mit 35 Arten beigegeben.

Schriftenverzeichnis.

- BECKSMANN, E.: Dithmarschens Geestrand. Eine 2¹/₂ tausend Jahre alte Nehrungsküste. Dithmarschen. Heide 1936.
- BRAUN, G.: Entwicklungsgeschichtliche Studien an europäischen Flachlandsküsten und ihren Dünen. Veröff. Inst. f. Meeresk. Berlin 1911.
- BROCKMANN: Diatomeen und Schlick im Jade-Gebiet. Abhandl. Senk. Nat. Ges. Frankfurt 1935.
- DIENEMANN, W. u. SCHARF, W.: Zur Frage der neuzeitlichen „Küstensenkung“ an der deutschen Nordseeküste. Jahrb. Preuß. Geol. Landesanst. Berlin 1931.
- DITTMER, E.: Vorland und Watten zwischen Steinloch und Dwarsloch. Ein Beitrag zur Kenntnis des Niederelbwatts. Archiv d. Deutschen Seewarte, Bd. 55, H. 6, Hamburg 1936.
- DITTMER, E.: Geologisch-vorgeschichtliche Untersuchungen in der Haseldorfer Marsch. Offa 2, Neumünster 1938.
- EGGERS, W.: Die Geest der Halbinsel Eiderstedt. Die Heimat, Kiel 1932.
- ERNST, O.: Zur Geschichte der Marschen, Moore und Wälder Nordwestdeutschlands IV: Untersuchungen in Nordfriesland. Frankf. a. M. 1933.
- GRIMPE, G., u. WAGLER, E.: Die Tierwelt der Nord- und Ostsee.
- GRIPP, K.: Geologie von Hamburg und seiner näheren und weiteren Umgebung. Hamburg 1933.
- GRIPP, K.: Die Entstehung der Nordsee. In „Werdendes Land am Meer“. Berlin 1937
- HECK, H.-L.: Die Eem- und ihre begleitenden Junginterglazialablagerungen bei Oldenbüttel in Holstein. Sitzungsber. d. Preuß. Geol. Landesanst. 1932.
- HECK, H.-L.: Junginterglazial und Zeitlichkeit der Trans- und Regressionen des Eem-Meeress in Schleswig-Holstein. Sitzungsber. d. Pr. Geol. L.-Anst. 1932.
- HECK, H.-L.: Palaeozoische, triassische und tertiäre Ablagerungen im südwestlichen Schleswig. Jahrb. Preuß. Geol. Landesanst. Berlin 1935.
- HECK, H.-L.: Zur Verbreitung des Pliozäns in Schl.-Holst. Ztschr. d. d. geol. Ges., H. 5. 1935.
- HECK, H.-L.: Tektonische Senkungen Nordfrieslands und dennoch Landgewinnung? Ebenda, Berlin 1936.
- HECK, H.-L.: Helgoland, Gebirge unter der Marsch und sinkende Küsten. Forsch. u. Fortschritt. 1936.
- HINRICHS, E.: Der Geestrand Schleswig-Holsteins. Mitt. Geogr. Ges. Lübeck 30, 1925.
- JENSEN, K.-D.: Das Eiderstedter Alluvium. Berlin 1933.
- JESSEN, A.: Marsken ved Ribe. Danm. geol. Unders. 2, 27. Kopenhagen 1916.
- JESSEN, O.: Die Verlegung der Flußmündungen und Gezeitentiefs in jungalluvialer Zeit. Stuttgart 1922.
- KRÜGER, W.: Die Bedeutung der Alluvialgeologie und der Wurtenforschung an der deutschen Nordseeküste für die Wirtschaft. Die Kunde. Hannover 1937.
- NAGEL, J.: Beitrag zur Entwicklungsgeschichte des Elbmündungsgebietes. Ztschr. Ges. f. Schl.-Holst. Gesch. 54. 1924.
- NAGEL, J.: Marsch, Donn und Kleve in Süderdithmarschen. Nordelbingen 1932.
- VAN REGTEREN ALTENA, C. O.: Bijdrage tot de kennis der fossiele, subfossiele en rezenten mollusken; die op de neederlandsche stranden aanspoelen, en hunner verspreiding. Rotterdam 1937.
- SCHÜTTE, H.: Krustenbewegungen an der deutschen Nordseeküste. Aus der Heimat. Stuttgart 1927.
- SCHÜTTE, H.: Nordfrieslands geologischer Werdegang. Jahrb. nordfr. Ver. Husum 1929.
- SCHÜTTE, H.: Die Schwankungen der südlichen Nordseescholle. Die Kunde. Hannover 1937.

- WOHLENBERG, E.: Die Wattenmeer-Lebensgemeinschaften im Königshafen von Sylt. Helgol. wissensch. Meeresunters. Bd. 1, H. 1. Helgoland 1937.
- WOLFF, W.: Ueber die Bedeutung von Feinmessungen für die Erforschung der gegenwärtigen Erdkrustenbewegungen Nordwestdeutschlands, insbesondere des Küstengebietes. Z. Ges. f. Erdk., 7. Berlin 1929.
- WRAGE, W.: Das Wattenmeer zwischen Trischen und Friedrichskoog. Archiv d. D. Seewarte. 5, 48. Hamburg 1930.
- Wegen weiterer biologischer Literatur wird auf die Arbeiten von E. WOHLLENBERG und C. O. VAN REGTEREN ALTENA verwiesen.

GRUNDKARTEN DER WATTAUFNAHMEN an der Westküste Schleswig-Holsteins Übersichtsplan M 1 : 200 000



- Schreibpegel I. Ordnung
- Schreibpegel II. Ordnung
- neu errichtete Schreibpegel
- ▨ vermessene und gepochte Wattgebiete
- luftbildmäßig aufgenommene Flächen