Deichbau

ARCHIV
FÜR FORSCHUNG
TECHNIK UND VERWALTUNG
IN MARSCH UND WATTENMEER

KRIEGSHEFT 1943

Westküste

ARCHIV
FÜR FORSCHUNG
TECHNIK UND VERWALTUNG
IN MARSCH UND WATTENMEER

HERAUSGEBER:
DER OBERPRÄSIDENT
DER PROVINZ SCHLESWIG-HOLSTEIN

KRIEGSHEFT

1943

DRUCK UND KOMMISSIONSVERLAG:

WESTHOLSTEINISCHE VERLAGSANSTALT BOYENS & Co. HEIDE I. HOLST.

Geleitwort

Die Totalität des Krieges fordert eine immer stärkere Zurückstellung vieler wichtiger Friedensaufgaben. Hierzu gehören auch die seit 1934 in der Durchführung befindlichen Maßnahmen meines 10-Jahresplanes an der schleswig-holsteinischen Westküste und der dabei unentbehrlichen Forschungsarbeiten außer- und innerhalb der Seedeiche. Vom Blickpunkt der Einzelaufgabe gesehen ist die kriegsbedingte Unterbrechung zu bedauern, weil gerade die Westküstenforschungen für den Küstenschutz und die Gewinnung neuer Siedlungsstätten von grundlegender und grundsätzlicher Bedeutung sind. Bei längerer Unterbrechung wird zwangsläufig viel Forschungsgut verloren gehen, in mancher Richtung auch der Anschluß für die Weiterarbeit nach dem Kriege besonders bei den Untersuchungen erschwert, deren gesetzliche Abhängigkeit unersetzliche Lücken verursacht.

Mehrere meiner besteingearbeiteten und die Forschungsmaterie vollständig beherrschenden Mitarbeiter sind vor dem Feinde geblieben. Ersatzkräfte oder Nachfolger, denen die unterbrochene Arbeit einmal wieder übertragen werden kann, müssen nach dem Kriege erst eingewiesen werden.

Unter diesen Umständen ist es notwendig, bereits im Entwurf vorliegende oder abgeschlossene Arbeitsergebnisse der Allgemeinheit zugänglich zu machen.

Ich habe mich daher entschlossen, nach einer Unterbrechung von mehr als zwei Jahren der Oeffentlichkeit ein weiteres Heft der Schriftenreihe „Westküste" zu übergeben. Es soll wie seine Vorgänger erneut Rechenschaft ablegen über die grundlegende und planmäßige Arbeit der Forschung und über ihre Ziele und Erfolge unterrichten. Damit wird gleichzeitig eine Brücke geschlagen zu einer planvollen Weiterarbeit an dem gesteckten Ziel der Sicherung und Mehrung unserer Schleswig-Holsteinischen Heimat nach diesem Kriege, für dessen siegreiches Ende in naher Zukunft wir alle zur Zeit unsere ganze Kraft einsetzen.

Lohse
Gauleiter und Oberpräsident
Reichskommissar für das Ostland.

Inhaltsverzeichnis

LOHSE, Hinrich, Oberpräsident der Provinz Schleswig-Holstein:
Geleitwort zum Kriegsheft der Zeitschrift Westküste 1943

OSTENDORFF, E., Dr., Bodenkundliches Institut der technischen Hochschule, Danzig-Langfuhr:
Die Grund- und Bodenverhältnisse der Watten zwischen Sylt und Eiderstedt 1

PLATH †, Martin, Dr., Institut für Meereskunde, Kiel-Kitzeberg:
Die biologische Bestandsaufnahme als Verfahren zur Kennzeichnung der Wattsedimente und die Kartierung der nordfriesischen Watten 7

IWERSEN, Jens, Oberregierungs- u. -kulturrat, Dr., Oberpräsidium in Kiel:
Zur bodenkundlichen Kartierung des nordfriesischen Wattgebietes 47

HERRMANN, Franz, Dipl. agr., Dr., Staatliche Forschungsstelle Westküste Husum:
Ueber den physikalischen und chemischen Aufbau von Marschböden und Watten verschiedenen Alters 72

KÖNIG, Dietrich, Dr., Staatliche Forschungsstelle Westküste, Husum:
Vergleichende Bestandsaufnahmen an bodenbewohnenden Watt-Tieren im Gebiet des Sicherungsdammes vor dem Friedrichskoog (Süderdithmarschen) in den Jahren 1935—1939 120

Die Grund- und Bodenverhältnisse der Watten zwischen Sylt und Eiderstedt

Von E. Ostendorff.

Im Sommer 1937 wurde das rund 109 000 ha große Gebiet der nordfriesischen Watten, das ohne Inseln, Halligen und nicht trockenfallende Teile etwa 74 000 ha umfaßt, bodenkundlich aufgenommen. Die dazu notwendigen Hilfskräfte waren auf einem Wohnschiff untergebracht. Kleinere flachgehende Fahrzeuge und Boote vermittelten den Verkehr auf den eigentlichen Watten. Die Aufnahme selbst erfolgte nur auf trockenfallenden Gebieten, die bei normaler Ebbe kartiert wurden. In der verhältnismäßig kurzen Ebbezeit konnten gewöhnlich nur 2—3 Tagesstunden, an Sturmtagen meist überhaupt nicht gearbeitet werden. Zwar bestand theoretisch die Möglichkeit, auf den höher liegenden Watten täglich 5—6 Stunden zu kartieren, in diesem Falle hätten dann aber die niedrigeren Teile, die die höheren Teile oft netzartig durchziehen, liegen bleiben müssen und somit eine systematische Aufnahme nicht erfolgen können.

Auch die Aufnahme selbst mußte naturbedingt ganz andere Wege gehen als bei gewöhnlichen Bodenkartierungen auf dem Festland. Es gibt keine für Kartierung genügende topographische Karten, wobei die Topographie der Watten, selbst wenn sie genau aufgenommen ist, wie bei Luftbildkarten, zur genauen Orientierung zu weiträumig ist und zu wenig sichere Anhaltspunkte gibt. Es waren deshalb eingemessene Standlinien geschlagen, von denen aus zu beiden Seiten die Bodenaufnahme erfolgte. Jedes aufgenommene Profil wurde von der Standlinie mit Sextanten und Winkelspiegel eingemessen. Da dies zum Teil über kilometerweite Entfernungen erfolgen mußte und häufig bei diesigem und wenig sichtigem Wetter, war die Einmessung der Profile auch so noch mit Schwierigkeiten verknüpft. An einigen Stellen, wo keine oder nicht ausreichende Standlinien vorhanden waren oder sonst aus technischen Gründen nicht gemessen werden konnte, mußte die Aufnahme nach sonst üblichen Orientierungsmethoden erfolgen.

Auch die eigentliche Profilaufnahme und kartenmäßige Bodendarstellung mußte ganz anders sein als gewöhnlich, da es sich ja hier nicht eigentlich um Böden handelt, sondern um junge lockere Seesedimente, zum Teil allenfalls um fossile Bodenreste, um „Bodenruinen".

Diese Sedimentaufnahme wurde allerdings nach Grundsätzen durchgeführt, die auf spätere Bodenbildung, besonders im praktischen Sinne, Rücksicht nimmt.

Von den 7 Hauptfaktoren der Bodenbildung, Vegetation (einschließlich Tier- und Kleinlebewelt), Grund- und Bodenwasser, Relief, Gestein (bzw. Erd- oder Bodenarten), der menschliche Kultureinfluß, sowie Klima und Zeit

(Dauer der bodenbildenden Vorgänge) sind hier in erster Linie Wasser, Relief, Gestein und Kultureinfluß entscheidend. Deshalb muß darauf bei der Ein- und Beurteilung Rücksicht genommen werden. Das Wasser ist das wichtigste hierbei. Somit ist oberstes Einteilungsprinzip die mehr oder weniger starke Durchlässigkeit des Gesteins, die nur durch das Relief (tiefe Lage von durchlassenden Gesteinen) aufgehoben werden kann. Es wurden deshalb bei der Aufnahme außer besonderen fossilen Bildungen wie Klei und Torf, Ton, feinsandiger Ton, toniger Feinsand (alle zu den Schlicken zu zählen) als verschieden stark nicht durchlässige Sedimente unterschieden. Auf der anderen Seite wurden feiner Sand, Sand und kiesiger Sand als absolut durchlassende Gesteine abgegrenzt. Als Zwischenstellung wird Schluff (feinster tonarmer oder zum Teil tonfreier Staub) als halbdurchlässig ausgeschieden. Ferner wurde der Ueberschichtung, besonders von nicht durchlassenden Schichten unter durchlassenden Erdarten Beachtung geschenkt, da diese doch bei einer eventuellen Eindeichung wesentlichen Einfluß auf die Wasserhaltung des Bodens haben werden.

Die Deichvorländereien, die über Mittelhochwasser unter Grasnarbe liegen und vollentwickelte Böden darstellen, wurden, wegen der Kleinheit, auf der vorliegenden Karte 1:100000 nicht extra als solche gekennzeichnet, sondern ebenfalls nur als Sedimente betrachtet und erfaßt.

Zur Aufnahme selbst dienten kleine Aufgrabungen von 30—50 cm, soweit es das mehr oder weniger schnell zusammenfließende Grundwasser zuließ. Anschließend wurde bis 2 m Tiefe gebohrt. Die einzelnen Profile wurden sehr verschieden weit auseinandergelegt, in kompliziert erscheinenden Gebieten dicht, in weiten gleichförmigen Gebieten sehr weit. Begangen wurde aber das ganze Gelände in möglichst engen parallelen Routen, um das ganze Gelände unter Augenschein gehabt zu haben. Auffällige Grenzen konnten so schon an der Oberfläche erkannt und in die Karte, die ständig mitgeführt wurde, eingetragen werden. Durch Aufgrabungen oder Bohrungen, die danach angesetzt wurden, konnten sie bestätigt oder als unzutreffend erkannt werden. Im ganzen wurden 1387 Bodenprofile aufgenommen, von denen 1092 eingemessen worden sind.

Die kartenmäßige Ausarbeitung erfolgte s. Zt. im Maßstab 1:25000, obwohl der Maßstab für eine Uebersichtskarte, die es sein sollte, reichlich groß war. Es wurden darin in bunten Farben und Schraffen die Sedimente und ihre Ueberschichtungen veranschaulicht. In der vereinfachten und verkleinerten Wiedergabe 1:100000 (Seite 5) ist davon manches fortgefallen, so die dünnen Ueberlagerungen von weniger als 25 cm, die rasch wechselnde Kleinschichtigkeit der Hauptschichten und kleinste Flächen; auch ist eine gewisse Zusammenfassung der einzelnen Hauptsedimente vorgenommen. Die Darstellung ist hier so gewählt, daß die bindigen, wenig durchlassenden Sedimente als mehr dunkle oder helle Grauflächen erscheinen, während die locke-

ren, durchlassenden Sedimente durch Punkte veranschaulicht werden. Auf die Darstellung von durchlassenden unter den bindigen Sedimenten wird verzichtet; da diese Erscheinung überall allgemein gültig ist, wird sie deshalb nur in der Erläuterung erwähnt. Dagegen wird die Darstellung von bindigen unter durchlassenden Sedimenten durch schräge und für eine zweite Schicht durch senkrechte Schraffen ausgedrückt.

Mit dem auffälligsten Dunkelgrau sind die fossilen Bodenreste des ehemaligen Festlandes, soweit sie innerhalb der oberen zwei Meter angetroffen wurden, dargestellt. Es sind dies der Klei und der Torf, Bodenbildungsprodukte, die zu früheren Marsch- und Flachmoorböden gehören. Klei ist ein alter, besonders auch in den Marschen recht bekannter volkstümlicher, Begriff für schweren, bindigen, klebenden Boden. In der neuzeitlichen Bodenkunde bedeutet Klei oder auch Glei (russisch) ein verdichteter schmierig klebender Grundwasserhorizont (verdichteter, verschlämmter, ungünstig veränderter Rohboden). Und das trifft für die hier in Frage stehenden Bildungen zu. Es ist eine dichte fette, schmierig klebrige, feste, tonige Bodenschicht eines ehemals grauen Bruchmarschbodens, der infolge hohen Grundwassers zu seiner Festlandszeit ungünstig verändert, entkalkt, verdichtet, verschlämmt, kurz, verkleit wurde. Die Krume ist gewöhnlich unter dem Meere verloren gegangen; oder, wo sie erhalten geblieben ist (stellenweise erkennt man noch die Pflugfurchen der mehrere hundert Jahre unter dem Meere liegenden Aecker), ist sie jedoch so verändert und verdichtet, daß sie als solche gar nicht mehr angesprochen werden kann. Oft kann man noch das reiche Wurzelwerk von ehemals üppiger Bruchvegetation (besonders von Schilf) in dem Klei aus der Zeit vor seiner Inkulturnahme finden.

Seine Hauptverbreitung liegt um die Halligen Langeneß, Oland, Gröde, in kleineren Flächen tritt er bei Habel, Hamburger Hallig, Nordstrandisch-Moor, Südfall, Hooge und den Inseln Nordstrand und Pellworm auf. In größerer Verbreitung ist er im Untergrund bis zu 2 m Tiefe anzutreffen, besonders um Langeneß-Oland-Gröde, nördlich von Pellworm, ostwärts von Amrum und an verschiedenen Stellen an der Festlandsküste. Bei Eindeichung würde er wieder ein schwerer Bruchmarschboden werden, der wegen seiner Dichtigkeit und Kleiigkeit aber stark meliorationsbedürftig sein wird.

Mit ihm mehr oder weniger vergesellschaftet tritt ein fossiler Torf, von ehemaligem Flachmoorboden herrührend, auf. Bruchmarsch- und Flachmoorboden haben ja weitgehend ähnliche Bildungsbedingungen und sind fast immer miteinander vergellschaftet vorzufinden. An der Wattenoberfläche tritt er nur um Nordstrandisch-Moor in größerer Ausdehnung auf, sonst nur in kleinsten Flächen. Dagegen ist er im Untergrund bis zu 2 m Tiefe ziemlich weit verbreitet, so zwischen Horsbüll-Dagebüll und Föhr, um Langeneß-Oland, bei Bongsiel, Hamburger Hallig, zwischen Amrum und Föhr und zwischen Husum-Nordstrand und Nordstrandisch-Moor.

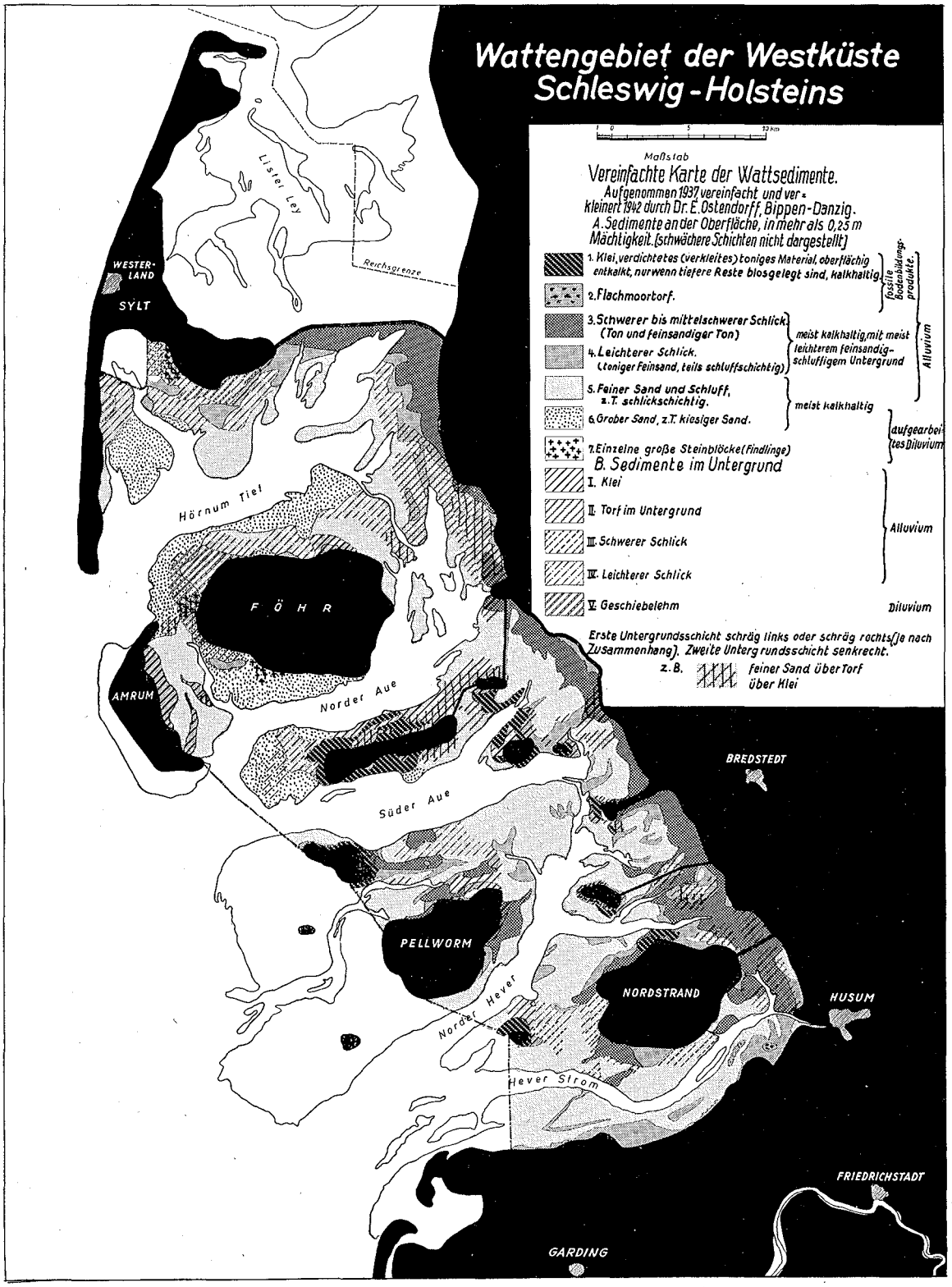
Während diese fossilen Bildungen vorwiegend im mittleren Wattengebiet durch die Strömung freigehalten oder erneut bloßgelegt worden sind oder durch Abrasion abgetragen werden, lehnen sich die jetzt entstehenden bindigen Sedimente an die Festlandsküste an oder beschränken sich vornehmlich auf „Sturmschattenseiten" der Inseln oder füllen tote Buchten an.

Unter Nr. 3 sind unter der Bezeichnung „schwerer Schlick" alle stärker bindigen-tonigen Sedimente von Ton bis zum feinsandigen Ton zusammengefaßt. Seine größte Verbreitung besitzt er zwischen Husum-Nordstrand und Nordstrandisch-Moor, sowie in dem Winkel Horsbüll-Hindenburgdamm. Zwischen diesen beiden Hauptgebieten zieht sich ein mehr oder weniger breiter Streifen von 0 bis höchstens 1,5 km Breite an der Festlandküste entlang. Kleinere Gebiete sind ostwärts von Hooge, nord- und ostwärts von Pellworm und um Nordstrand verbreitet.

Der schwere Schlick ist meist wohlgeschichtet, besonders in seinem unteren Teil, und häufig von Bändern schluffigen und feinsandigen Materials durchsetzt. In einer Tiefe von meist 60—80 cm — selten über 1 m — geht er gewöhnlich erst in schluff- und tonschichtigen Feinsand, schließlich in reinen, meist feinen Sand über. Das Material ist trotz seines großen Zusammenhaltens sehr aufgelockert und von allerhand Kleintieren durchlebt, dabei meist stark kalkhaltig. Er entwickelt sich, wie bei Neueindeichungen immer wieder zu sehen ist, nach Eindeichung und Pflanzenbedeckung zu einem vorzüglichen grauen Bruchmarschboden von guter, lockerer, poröser, mildkleineckiger Struktur, der sich gut beackern läßt und gute Erträge bringt. Die Durchlässigkeit seines Untergrundes gereicht ihm zum Vorteil. Bedingung ist jedoch gute Entwässerung das ganze Jahr hindurch, gute Oberflächengestaltung (Tageswasserabflußmöglichkeit) und Ersatz des natürlichen Kalkgehaltes, sobald dieser erschöpft ist, sowie gute Bearbeitung und genügend Hackfrucht- und Blattfruchtanbau, um ihn vor baldiger Verschlechterung — Verkleiung — zu schützen, wodurch er schwer beackerbar und im Ertrage geringer wird.

Als „leichter Schlick" ist in dieser Karte der tonige Feinsand angegeben, der die Konsistenz der Schlicke besitzt, ziemlich undurchlassend ist, aber durch hohen Feinsand- und Schluffgehalt wesentlich milder und leichter bearbeitbar ist. Er wird sich nach Eindeichung ganz ähnlich wie der schwere Schlick entwickeln, besonders für Beackerung geeignet sein. Die Verkleiungsgefahr ist bei ihm nicht so groß, dagegen ist er nicht von so nachhaltiger, auch nicht von so wasserhaltender Kraft als der schwere Schlick. Er ist von geringerer Verbreitung als der schwere Schlick, lehnt sich im allgemeinen in unregelmäßigen Säumen und Fetzen an den schweren Schlick seewärts an und kommt auch im mittleren Watt an ruhigen Prielausgängen in kleineren Flächen vor.

Bis auf kleinere Außengebiete wird der ganze übrige, größte Flächenteil von meist feinen Sanden und zum Teil von Schluffen eingenommen, die in


Wattengebiet der Westküste Schleswig-Holsteins
0 5 10 km
Maßstab
Vereinfachte Karte der Wattsedimente.
Aufgenommen 1937, vereinfacht und verkleinert 1942 durch Dr. E. Ostendorff, Bippen-Danzig.
A. Sedimente an der Oberfläche, in mehr als 0,25 m Mächtigkeit. (schwächere Schichten nicht dargestellt)
1. Klei, verdichtetes (verkleites) toniges Material, oberflächig entkalkt, nur wenn tiefere Reste bloßgelegt sind, kalkhaltig
2. Flachmoortorf.
fossile Bodenbildungsprodukte.
3. Schwerer bis mittelschwerer Schlick (Ton und feinsandiger Ton)
4. Leichterer Schlick. (toniger Feinsand, teils schluffschichtig)
meist kalkhaltig, mit meist leichterem feinsandig-schluffigem Untergrund
5. Feiner Sand und Schluff, z.T. schlickschichtig.
6. Grober Sand, z.T. kiesiger Sand.
meist kalkhaltig
Alluvium
7. Einzelne große Steinblöcke (Findlinge)
aufgearbeitetes Diluvium
B. Sedimente im Untergrund
I. Klei
II. Torf im Untergrund
III. Schwerer Schlick
IV. Leichterer Schlick
Alluvium
V. Geschiebelehm
Diluvium
Erste Untergrundsschicht schräg links oder schräg rechts (je nach Zusammenhang). Zweite Untergrundsschicht senkrecht.
z.B. feiner Sand über Torf über Klei
Lister Tief
Reichsgrenze
WESTERLAND
SYLT
Hörnum Tief
FÖHR
AMRUM
Norder Aue
Süder Aue
BREDSTEDT
PELLWORM
NORDSTRAND
HUSUM
Norder Hever
Hever Strom
FRIEDRICHSTADT
GARDING

dieser Karte zu einer Einheit zusammengefaßt sind. Größtenteils sind sie in geringer Tiefe, von 0,3—2 m, von Schlicken, Klei oder Torf oder mehreren dieser Bildungen unterlagert, so bei Langeneß-Oland, bei Horsbüll und Dagebüll, bei Gröde, südlich von Archsum, nördlich Föhr, ostwärts Hooge, nördlich von Pellworm und zwischen Nordstrand und Südfall.

Die Bodenbildung wird auf diesen Ablagerungen nach einer eventuellen Eindeichung in der Hauptsache ganz von dem dann vorhandenen Grundwasserspiegel abhängen. An Stellen, wo undurchlässiger Untergrund genügend hoch liegt, etwa 0,5—0,75 m unter Oberfläche, oder wo es gelingt, einen ebenso hohen Süßwasserspiegel zu halten, werden sich auch hier (sandige schluffige) Bruchmarschböden entwickeln, wie es an vielen anderen Stellen, so im Weichseldelta, am Haff und in Holland ebenfalls zu beobachten ist. Es bleiben zwar leichte, aber gut ackerbare und gut tragende Sandmarschen. Besonders die schluffigen Böden, die vornehmlich in den festlandnäheren Teilen mit den Feinsanden oft stark verzahnt sind, werden unter solchen Umständen zu wirklich ganz günstigen Böden. Das kann auch in der Finkhaushallig, in der Nähe des alten Priels, auf solchen Schluff-Feinsanden beobachtet werden, die hier genügend tief liegen, um von der Entwässerung nicht zu sehr beeinträchtigt zu werden. Andernfalls werden sie bei tiefliegendem Grundwasser zu Brennern, den geringwertigsten untätigen Skelettböden, wie man sie auch im Weichseldelta auf zu tief entwässerten Flußsandstreifen inmitten von tiefen Schlickprofilen finden kann, oder es entwickeln sich mit der Zeit darauf geringwertige rostfarbene Waldböden.

Die Reste, so die Westplatte von Langeneß, der Nordwattrand von Föhr und bei Rantum-Hörnum werden von groben quarzreichen, gewaschenen, sehr festgelagerten Sanden und zum Teil Kiesen eingenommen, die wegen ihrer Grobheit und Reinheit auch bei hohem Grundwasser ein wenig günstiges Bodenbildungsskelett abgeben werden. Zum Teil sind auch diese von Schlick und bei Föhr von undurchlassendem Geschiebemergel unterlagert. Dieser zieht sich auch daselbst und bei Rantum und Archsum unter feinen Sanden hin. Zum Teil ist er an der Oberfläche aufbereitet, was Blockfelder anzeigen.

Bei Betrachtung der Gesamtfläche ist festzustellen, daß rund ein Drittel aus Klei und Schlick besteht, der Rest aus Schluff und vor allen Dingen aus feinen Sanden, sowie grobem Sand und Kiesen, wovon etwa die Hälfte durch bindigen Untergrund in seiner ungünstigen Beschaffenheit gemildert wird.

Die biologische Bestandsaufnahme als Verfahren zur Kennzeichnung der Wattsedimente und die Kartierung der nordfriesischen Watten

Von Martin Plath †.

Einleitung 7
I. Die Bedeutung der Boden- und Aufwuchsfauna im Sedimenthaushalt der Watten 8
II. Das Verfahren der biologischen Bestandsaufnahme 14
III. Die biologische Kartierung der Pellwormer Plate 1936 16
a) Lage und Gliederung 16
b) Die Untersuchungen auf dem Prielwatt 17
IV. Die Beziehungen zwischen Bodenfauna und Sedimentzusammensetzung 20
a) Darstellungsmethode 20
b) Abhängigkeit der Tierarten vom Sediment 22
1. Würmer 22
2. Muscheln und Schnecken 27
3. Krebse 31
c) Die Zusammensetzung der sedimenttypischen Tiergruppen . . 31
V. Die biologische Uebersichtskartierung des nordfriesischen Wattenmeeres 1937 36
a) Verteilung der sedimenttypischen Tiergruppen im Untersuchungsgebiet 37
b) Zonierung der Sedimente 39
VI. Zusammenfassung 42
Liste der gefundenen Tiere und Stationslisten für Dreiecke und Profile 44
Schriftenverzeichnis 45
Dreiecksdarstellungen, Tafel I—X . . . . . Deckeltasche

Einleitung.

Die Landgewinnung an der Westküste Schleswig-Holsteins setzt unter anderem die Kenntnis von der Beschaffenheit aller der Wattsedimente voraus, die einen Einfluß auf die Güte des zu gewinnenden Bodens haben können. In erster Linie interessiert die Korngrößenzusammensetzung der Sedimente, da diese ja bei der Bodenbildung im großen und ganzen unverändert bleibt.

Die Fauna in den Ablagerungen der Gezeitenzone wechselt stark mit der Korngrößenzusammensetzung der Sedimente. Schon Allen, Todd, Stephen, später auch u. a. Davis, Petersen, Thamdrup und Wohlenberg weisen auf

die Bedeutung der Sedimentzusammensetzung als Umweltfaktor für die Sedimentbewohner hin. Der Gedanke, die Wattfauna zur Charakterisierung der Sedimente heranzuziehen, lag daher nahe und wurde von WOHLENBERG (1937 und 1939) für die Landgewinnungsarbeit an der Westküste eingesetzt, nachdem er im Königshafen a/Sylt enge Beziehungen zwischen Sedimentart und Besiedlung gefunden hatte. Bei der vorliegenden Arbeit galt es zunächst, die Tiere herauszufinden, die im nordfriesischen Watt sedimenttypisch sind, d. h. die nur in Sedimenten von bestimmter Korngrößenzusammensetzung leben können. Darum wurden biologischer Bestand und Korngrößenzusammensetzung an einer Reihe von Standorten festgestellt und die engen Beziehungen zwischen beiden für die sedimenttypischen Tiere nachgewiesen. Diese wurden zu Tiergruppen zusammengefaßt, mit deren flächenmäßiger Verbreitung ein Bild von der Verteilung der verschiedenen Sedimente im Watt gewonnen wurde. Entwickelt wurde diese Methode auf Grund einer biologischen Bestandsaufnahme der Pellwormer Plate im Jahre 1936, bestätigt und angewandt bei einer Uebersichtskartierung der nordfriesischen Watten, die im Sommer 1937 vorgenommen wurde.

I. Die Bedeutung der Bodenfauna im Sedimenthaushalt der Watten.

Bevor auf die Untersuchungen über die Sedimentgebundenheit einzelner Wattiere eingegangen wird, sollen hier Beobachtungen mitgeteilt werden, welche die Rolle des biologischen Bestandes im Sedimenthaushalt des Wattenmeeres beleuchten. Diese Beobachtungen wurden erstmalig während der biologischen Kartierung der Pellwormer Plate gemacht, dann aber bei jeder Begehung von Wattflächen ergänzt und bestätigt.

Die charakteristische Kraft in der Gezeitenzone ist die des steigenden und fallenden Wassers. Sie ist bei der Betrachtung eines Standortes im Watt als der primäre Standortfaktor anzusehen. Die Zusammensetzung des Sedimentes, sowie Struktur, Chemismus, Wärmehaushalt und Besiedlung sind sekundäre Faktoren, die mehr oder weniger von dem primären abhängig sind. Die summarische Wirkung aller Faktoren charakterisiert einen Standort. Für die Landgewinnung an der Westküste hat von den sekundären Faktoren der erstgenannte die größte Bedeutung. Bei der Sedimentbildung werden die Bestandteile als Schwebstoffe vom Wasser herangeführt, als Sinkstoffe auf der Oberfläche abgelagert und durch verschiedene Kräfte an das anstehende Sediment gebunden. In reinen Sandgebieten sinkt das herangeförderte grobe Material bei verringerter Strömungsgeschwindigkeit durch die eigene Schwere ab und wird, ebenfalls durch seine eigene Schwere, ein Bestandteil des Sedimentes. Feinkörnige Schwebeteilchen kommen hier gar nicht zur Ablagerung. In Schlickgebieten dagegen wird der Sedimentationsvorgang durch biologische Leistungen unterstützt, an denen die Bodenfauna einen großen Anteil hat.

Die Schwebstoffe des Wassers dienen einigen Arten der verschiedensten Tierstämme zur Nahrung. Durch Filtriereinrichtungen werden sie verdichtet, aufgenommen und als Kot in einem leichter absinkbaren Zustand wieder ausgeschieden. Am wirksamsten betätigt sich in dieser Beziehung die Miesmuschel *(Mytilus edulis)*. Sie siedelt in ausgedehnten Bänken auf der Wattoberfläche. Vorbedingungen für die Ausbildung solcher Bänke sind Anheftungsmöglichkeit für die Muschel auf der Wattoberfläche, strömendes und Schwebstoffe führendes Wasser und eine Ueberflutungsdauer von etwa 6 Stunden. Die Muscheln liegen zum Teil in mehreren Schichten übereinander und filtrieren während der Ueberflutung große Wassermengen. Die eingefangenen Schwebstoffe werden auf zweierlei Weise in Sinkstoffe verwandelt. Die Flimmerepithelien der Kiemen leiten die feinsten Bestandteile dem Verdauungskanal zu. Diese werden durch die Exkretionsöffnung als gewölbte Kotblättchen ausgestoßen. Die gröberen Bestandteile werden dagegen in einen Schleimfaden eingehüllt und als sogen. Pseudofaeces abgesondert. Bei starker Wassertrübe quillen sie ständig zwischen den Schalen hervor und sinken zu Boden. Zwischen den Bänken, die sich bis zu 30 cm über den Wattboden erheben können, bilden sich vor Wasserbewegung geschützte Räume aus, in denen sich die Abscheidungen der Muscheln ungestört absetzen können. Aber auch nicht filtrierte Schweb- und Sinkstoffe des Wassers werden hier unter den veränderten hydrodynamischen Bedingungen abgelagert. So sind ältere Miesmuschelbänke meist auf schlickigem Sediment zu finden (Abb. 1). Als Aufwuchs auf der Miesmuschel ist die Seepocke *(Balanus balanoides)* anzutreffen. Mit ihren Rankenfüßchen fischt sie die feinsten Schwebeteilchen aus dem Wasser und unterstützt so die sedimentbildende Tätigkeit der Miesmuschel. Die Abscheidungen werden in Form von unregelmäßigen Kotsäulchen abgestoßen. Die Kotproduktion dieses kleinen Krebses ist überraschend groß.

An der Konzentration der Schwebestoffe ist in starkem Maße auch die Herzmuschel *(Cardium edule)* beteiligt. Sie lebt bekanntlich 1—3 cm tief im Sediment vergraben und streckt ihren kurzen Sipho bis an die Oberfläche. Die über dem Sediment befindlichen unteren Wasserschichten enthalten feinste organische und anorganische Stoffe, welche das Tier mit einem Wasserstrom einsaugt und abfiltert. Die säulchenförmigen Kotballen werden in großen Mengen durch die Egestionsöffnung des Sipho abgeschieden. Von Zeit zu Zeit spritzt die Muschel durch die Ingestionsöffnung einen kleinen Wasserstrahl aus, um sich anscheinend von groben, unverwertbaren Teilchen zu befreien. Ist ein Gebiet von einem dichten Cardiumbestand besetzt, so verleiht der angesammelte Kot der Sedimentoberfläche eine braune Färbung. Dieses tonhaltige Oberflächensediment ist sehr unbeständig und kommt durch das häufige Spritzen der Muscheln nie vollständig zur Ruhe (Abb. 2). Solche Cardiumwattflächen wurden nur in Einzugsgebieten großer Priele und an den Rändern

Abb. 1
Miesmuschelbänke auf dem Schlick östlich von Pellworm. Zwischen den Bänken sind stehendes Wasser und Schlickflächen erkennbar.

Abb. 2
Herzmuschelsiedelung im Sandwatt mit *Zostera nana*. Durch das Spritzen der Muscheln ist auf der braunen Oberfläche über jedem Tier ein Fleck entstanden. An der Dichte der Flecken ist der starke Bestand erkennbar.

Abb. 3
Die Pfeffermuschel (*Scrobicularia plana*) auf Nahrungssuche. Der Ingestionssipho tastet über die Oberfläche und pipettiert feinste Detritusteilchen ein.

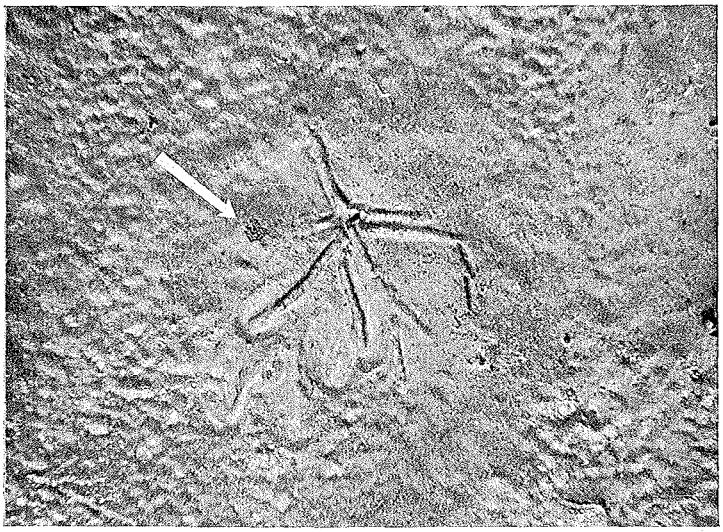


Abb. 4
Schürfspur und Kotablage von der Pfeffermuschel. Der Einfuhrsipho hat die typische Spur hinterlassen. Links davon ist der Kot in einem kleinen Häufchen abgelegt (vergl. Pfeil).

Abb. 5
Wattringelwurm (*Nereis*) und *Heteromastus*-Siedelung im Schlickwatt. Die kleinen schattenwerfenden Erhebungen sind Kothäufchen von *Heteromastus*. Die sternförmigen Spuren rühren von *Nereis* her.

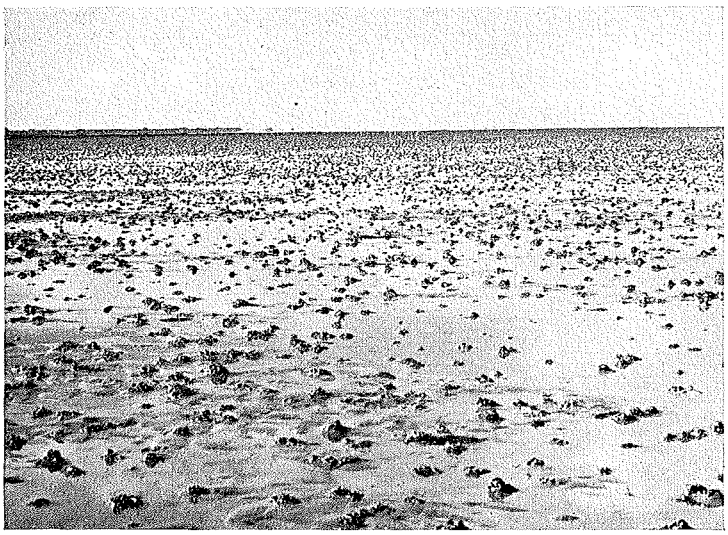


Abb. 6
Sandwurm (*Arenicola*)-Watt nördlich von Pellworm. Es leben hier zwanzig und mehr Tiere auf dem Quadratmeter.

großer Wattströme beobachtet, wo bei plötzlich verringerter Strömungsgeschwindigkeit eine Anreicherung der unteren Wasserschichten an mitgeführten Nahrungsteilchen stattfindet. Durch die Konzentration und Formung, welche die Schwebstoffe durch *Mytilus* und *Cardium* erfahren, können wohl örtliche Auftraggebiete geschaffen werden. Die allgemeine Bedeutung dieser Tiere für die Sedimentbildung liegt jedoch in der Vermehrung der sinkfähigen Teilchen im Wasser, ganz gleich, wo diese abgesetzt werden. Mit der Verdichtung der Schwebstoffe durch die Organismen ist also gleichzeitig eine Umformung in schwerer transportierbare Kotformen verbunden.

Die Teilchen, die zu Boden sinken, der Oberfläche lose aufliegen, vom Wasser leicht wieder aufgenommen werden, sich wieder absetzen usw., können noch nicht zum Sediment gerechnet werden. Sie setzen sich aus heilen oder zerstörten Kotballen, Tierleichen und Resten, Seegrasstückchen, Algen und Diatomeenschalen sowie ausgeflockten Schwebstoffteilchen zusammen und werden hier als Sinkstoffe bezeichnet. Erst wenn sie in das Sediment eingelagert sind, verlieren sie ihren Sinkstoffcharakter. Ehe dieser Einlagerungsprozeß vor sich geht, wird ein Teil dieser Sinkstoffe durch z. T. erneute Zusammenballung in einen spezifisch schwereren Zustand gebracht. Daran sind wieder die Bewohner des Sedimentes beteiligt. Eine Reihe von Tieren sucht ihre Nahrung in den Sinkstoffablagerungen der Oberfläche. So schürft der Wattringelwurm *(Nereis diversicolor)* die Oberfläche nach organischen Resten ab. Die Pfeffermuschel *(Scrobicularia plana)* und die Plattmuschel *(Macoma baltica)* pipettieren durch ihre Siphonen abgelagerte Sinkstoffe ein (Abb. 3). Die Kotperlen der kleinen Wattschnecke *(Hydrobia ulvae)* enthalten häufig Seegrasfetzen, und auch die gemeine Strandschnecke *(Litorina litorea)* kann sich von pflanzlichen Resten nähren. Alle diese Tiere nehmen neben den organogenen Nahrungsteilchen auch anorganische Bestandteile mit in den Verdauungskanal auf. Dort findet eine innige Durchmischung der unverdaulichen organischen und anorganischen Substanz mit dem Schleim des Darmes statt. Die verhältnismäßig großen Kotperlen, die stets an der Wattoberfläche abgelegt werden (Abb. 4), sind zu schwer, um vom schwach strömenden Wasser über große Strecken transportiert zu werden. Sie werden darum vom Einlagerungsprozeß eher erfaßt als der leichte Sinkstoff, welcher der Bodenfauna zur Nahrung dient.

Der Sinkstoffablagerung ist die Sinkstoffeinlagerung gegenüberzustellen. Die Bindung der Sinkstoffe ist ein wesentlicher Beitrag zur Bildung des Sedimentes. Die eigene Schwere vieler Sinkstoffteilchen und Kotballen läßt diese in eine weiche Oberfläche einsinken. Durch starke Wasserbewegung können Ueberschüttungen mit gröberen, herangeführten Teilchen stattfinden. Das abziehende und versickernde Wasser saugt leichtere Teilchen durch die wachsende Oberflächenspannung fester an die Oberfläche. Neben diesen sind auch in geringem Maße biologische Kräfte an der Sink-

stoffbindung beteiligt. So wirkt die Schleimabsonderung der Tiere, die in und auf der Oberflächenschicht leben, ähnlich wie die Abscheidung der Miesmuschel. In dem abgesonderten Schleim der Tiere fangen sich Sinkstoffteilchen und werden dadurch dem Abtransport durch das Wasser entzogen. Tiere wie *Phyllodoce maculata, Eteone, Cylichna, Nereis diversicolor,* dazu die Mikrofauna können zu diesen Schleimerzeugern gerechnet werden. In weit stärkerem Maße können die Diatomeen den Sinkstoff binden, wie WOHLENBERG (1931, 1934) und BROCKMANN (1935) schon betont haben. Die Kieselalgen bilden auf der Oberfläche des Sedimentes an günstigen Orten zusammenhängende Häute. Werden diese mit Sinkstoff bedeckt, so kriechen die einzelnen Zellen von neuem an die Oberfläche und schließen sich dort wieder zu einer Haut zusammen. Dieser biologischen Bindung der Sinkstoffe kommt an einzelnen, hauptsächlich schlickigen Orten der Gezeitenzone hervorragende Bedeutung zu.

Nicht nur am Zustandekommen des Sedimentes ist der biologische Bestand beteiligt, er wirkt auch auf die Sedimentstruktur ein. Die Festigung vor allem des Oberflächensedimentes gegen die angreifende Wirkung des Wassers geschieht in gewissen Grenzen durch die Bodenfauna, insbesondere durch ihre Wohnbauten. Schon die zerbrechlichen Wohnröhren von *Pygospio elegans* schützen die Oberfläche, wenn sie in dichten Siedlungen vorkommen. In weit stärkerem Maße ist das bei den Wohnbauten vom kleinen Schlickkrebs *(Corophium volutator)* der Fall. Das Tier baut bekanntlich eine U-förmige Röhre, deren Wände von einem festen Oxydationsmantel umgeben sind. An dichtbesiedelten Standorten wirken die Röhren, ähnlich den Eisenstäben im Beton, wie Stützen im Sediment (vgl. WOHLENBERG, 1931 S. 16). So zeigen diese Gebiete keine oder nur eine geringe Rippelbildung. Aehnlich wirken die aus Sandkörnern zusammengeklebten Röhren von *Lanice conchilega,* die auf kleinem Raum dichte Kolonien bilden kann. *Nereis diversicolor* lebt ebenfalls in einer Wohnröhre, die weitverzweigt sein kann. Die Wände werden zum Teil von einem starken Oxydationsmantel umgeben, dessen Festigkeit das Lumen der Röhre offen hält. Während *Corophium* das überflüssige Material beim Bau der Röhre ins Freie schafft, drückt *Nereis* das Sediment auseinander und beeinflußt so dessen Struktur in der nächsten Umgebung der Röhre. Ob die Pfeffermuschel und die Klaffmuschel ebenfalls eine Pressung auf das umgebende Sediment ausüben, ist noch zu untersuchen.

Nach seiner Bildung ist das Sediment an der Oberfläche einer ständigen Umlagerung unterworfen, die in der Hauptsache von der bewegenden Kraft des Wassers verursacht wird. Jedoch sind auch die Bodenorganismen, und zwar besonders die Sedimentfresser, an dieser Umlagerung beteiligt, nämlich beim Aufnehmen und Abscheiden des Sedimentes. In Schlickgebieten, in denen die bewegende Kraft des Wassers von Natur aus nicht stark ist, findet im allgemeinen keine bedeutende Umlagerung des Sedimentes statt.

Als Sedimentfresser leben hier *Heteromastus filiformis* und *Nereis diversicolor*. Besonders für *Heteromastus* ist das Sediment der tieferen Schichten eine Nahrungsquelle. Die an der Oberfläche abgelegten Kotperlen bestehen aus feinstem Material. Die Würmer suchen sich demnach bei der Nahrungsaufnahme die schlickigen Bestandteile des Sedimentes heraus und fördern das Unverdauliche nach dem Ausscheiden an die Oberfläche. Große Sedimentmengen werden durch diese Tiere nicht bewegt. Immerhin ist an Hand der Abb. 5 zu ermessen, wie groß die Umlagerung in einem von *Nereis* und *Heteromastus* dicht besiedelten Schlickwatt werden kann.

In Sand- und Schluffgebieten spielt die Sedimentumlagerung durch die Organismen eine wesentlich größere Rolle als im Schlick. Der Sandwurm *(Arenicola marina)* ist der häufigste über weite Flächen verbreitete Sedimentfresser dieser Gebiete. Er bewohnt eine U-förmige Röhre im Sand. Durch den absteigenden Ast schafft sich der Wurm das Sediment heran, und durch den aufsteigenden Ast wird der Kot in Form von leicht zerfallenden Schnüren an der Oberfläche abgelegt. Durch die stellenweise sehr dichte Besiedlung (Abb. 6) erfahren beträchtliche Sedimentmengen eine Umlagerung. Die feineren unverdaulichen Bestandteile des Sedimentes werden durch Zerfallen der Kotschnüre, an denen oft eine hauchdünne Schleimhülle zu beobachten ist, dem Abtransport durch das Wasser zugänglich. Andererseits verhindert die Tätigkeit des Wurmes eine starke Einlagerung von feinen Sinkstoffen in das Wohnsediment, weil diese immer wieder dem bewegten Wasser an der Sedimentoberfläche ausgesetzt werden.

Grundsätzlich kann behauptet werden, daß jedes Tier, das im Sediment lebt, in irgend einem Maße an dem Haushalt der Wattsedimente beteiligt ist. Eine besondere Bedeutung kommt dabei den oben angeführten Organismen durch ihre große Siedlungsdichte und Aktivität zu. Dieser aktiven Beteiligung der Organismen an der Sedimentbildung steht die Abhängigkeit einiger dieser Tiere von der Zusammensetzung des Wohnsedimentes gegenüber.

II. Das Verfahren der biologischen Bestandsaufnahme.

Von Mitte Juni bis Mitte August 1936 wurde vom Verfasser eine qualitative und quantitative Untersuchung der Makrofauna in den Wattsedimenten der Pellwormer Plate vorgenommen. In erster Linie sollte aufgezeigt werden, in welchem Maße die einzelnen Arten an die Sedimentzusammensetzung ihres Standortes gebunden sind und diesen durch ihr Artbild kennzeichnen. Bei der Untersuchung wurde über das gesamte Gebiet der Pellwormer Plate ein Netz von Profilen gelegt, auf denen sich in Abständen von 50—400 m die Stationen der biologischen Bestandsaufnahme befanden (Abb. 7). Eine Höhenkarte der Pellwormer Plate lag bei Beginn der Arbeiten vor. Sie war von der Staatlichen Forschungsstelle Westküste Husum im Jahre 1935 angefertigt worden. Die Vermessung des Arbeitsgebietes geschah damals von drei Stand-

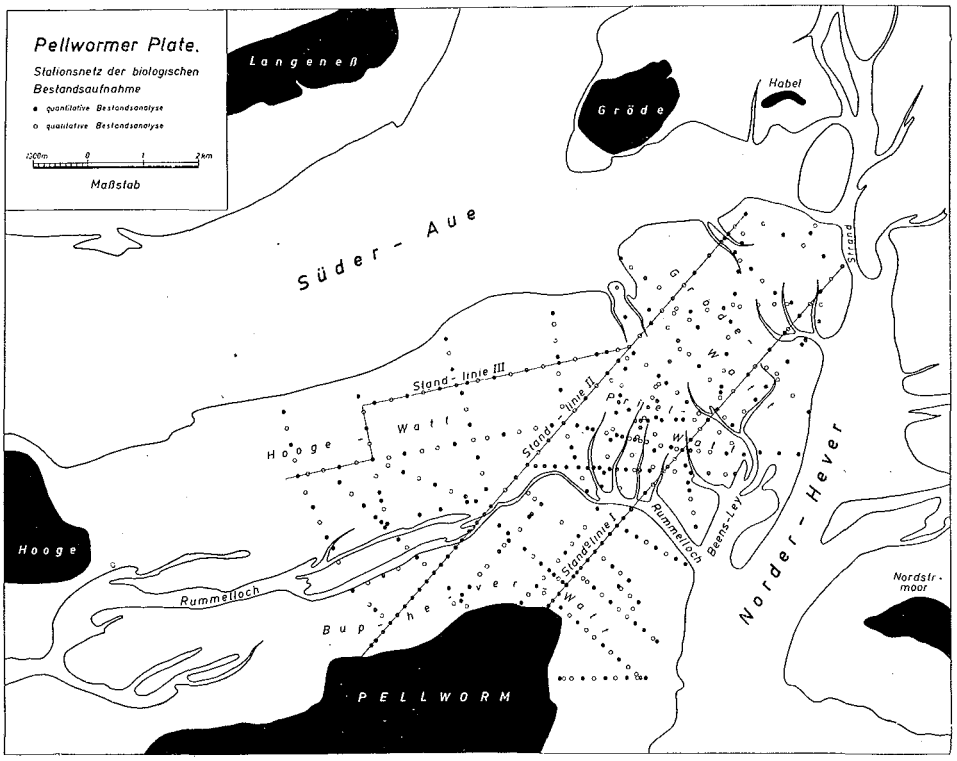


Abb. 7. Die Verteilung der biologischen Stationen auf dem Wattgebiet der Pellwormer Plate.

linien aus, deren Anfang und Ende durch in den Grund gedrehte Eisenpfähle festgelegt waren. Auf diesen Standlinien stand im Abstand von je 200 m ein gezeichneter Holzpfahl. Von bestimmten Punkten der drei Standlinien aus wurde die Profilrichtung durch den Marschkompaß zuerst auf der Karte, dann auf dem Watt bestimmt. Das Festlegen des Abstandes zwischen den einzelnen Stationen geschah mittels eines Meßdrahtes. Auf jeder Station fand eine Aufnahme des biologischen makroskopischen Bestandes statt. Zwischen diesen quantitativen Analysen wurden auf den Profilen auch rein qualitative Untersuchungen gemacht. Dabei wurde durch Aufgraben und Brechen des Sedimentes ein Ueberblick über die Besiedlung gewonnen. Die Profile sind so über das Watt gelegt worden, daß charakteristische Flächen wie große Sände, schlickige Prielränder, Einzugsgebiete von Prielen u. a. geschnitten wurden.

Die biologische Analyse wurde mit Hilfe der Siebmethode durchgeführt, die von WOHLENBERG im Königshafen angewandt wurde. Sie erfaßte nur die makroskopische Fauna der Sedimente. Die Grenze zur Mikrofauna wurde durch die Maschenweite der Siebe bestimmt. Mit einem Stecher von $^1/_{20}$ m^2 Grundfläche und einer Höhe von 30 cm wurde dem Sediment eine Probe

entnommen und in einem Wasserloch durch ein Sieb von 1 mm Maschenweite gespült. Die im Sieb zurückbleibenden Organismen wurden bestimmt und gezählt. Die kleineren Tiere wie *Pygospio elegans, Hydrobia ulvae, Corophium volutator* u. a. erfaßte ein kleiner Stecher mit einer Grundfläche von $^1/_{400}$ m^2 und ein Sieb von 0,5 mm Maschenweite. Von *Arenicola marina* wurden die Kothäufchen pro m^2 gezählt, die ein gutes Bild von der Besiedlungsdichte geben. Die Tiefe von 30 cm für die Probeentnahme genügte vollkommen, um alle makroskopischen Sedimentbewohner zu erfassen. Erfahrungsgemäß wird ein Sediment in tieferen Schichten außer durch *Arenicola* sehr selten bewohnt. An einem Standort wurden jeweils 1 bis 3 Analysen gemacht. Die einzelnen Ergebnisse wichen nur unwesentlich von einander ab.

Gleichzeitig mit den Untersuchungen auf den verschiedenen Stationen wurden an charakteristisch erscheinenden Standorten Sedimentproben aus der Oberflächenschicht entnommen und im geologischen Laboratorium der Forschungsstelle Büsum auf ihre Korngrößenzusammensetzung hin untersucht. In Anlehnung an ZUUR[1]) galt allein die < 0,02 mm-Fraktion („Ton"fraktion) als eine das Sediment charakterisierende Korngröße. Die Sedimente mit weniger als 10 % Ton wurden als sandig, diejenigen mit mehr als 10 % Ton als schlickig bezeichnet.

III. Die biologische Kartierung der Pellwormer Plate.

a) Lage und Gliederung (vergl. Abb. 7).

Das Arbeitsgebiet liegt im NO von Pellworm und wird von zwei großen Wattströmen begrenzt, der Norderhever im O und der Süderaue im NW. Diese beiden stoßen nördlich der Pellwormer Plate, am sogenannten Strand, zusammen. Die Plate ist ein vom Festland völlig losgelöstes Wattengebiet. Von unnatürlichen Eingriffen wie Lahnungsbauten, Dämmen, Baggerlöchern, künstlichen Rinnen usw. ist sie bis jetzt verschont geblieben. Zusammensetzung und Besiedlung der Sedimente sind also ungestört und auf natürliche Weise zustandegekommen. Darum eignet sich das Gebiet besonders gut für die Untersuchung der Beziehungen zwischen Sedimentzusammensetzung und der Besiedlung durch die Bodenfauna. Im S lehnt sich die Plate an die Insel Pellworm und im SW an die Hallig Hooge. Ihre Ueberflutung geht von den beiden Wattströmen aus, die verschiedene Priele in das Arbeitsgebiet senden. Von großer Wirkung auf die Gliederung der Pellwormer Plate ist das Rummelloch, dessen weitverzweigtes Prielsystem die Plate flächenmäßig zerteilt. Man kann vier große Teile unterscheiden: Bupheverwatt, Hoogewatt, Grödewatt und Prielwatt. Südlich des Rummelloches zieht sich das Bupheverwatt bis an die Insel Pellworm. Die Sedimente sind sehr sandig, der größte Teil ist

[1]) ZUUR, A. J. 1936. Over de bodenkundige Gesteldheid van de Wieringermeer. s'Gravenhage, 1936.

mit dem Zwergseegras bestanden, und die Fauna ist in ihrer Zusammensetzung eintönig. Auf dem Ostrand sind starke Miesmuschelbänke. Das Hoogewatt ist ein einziger großer Sandrücken, der zum Rummelloch und zur Süderaue hin abfällt. Spärlicher Seegrasbewuchs und eine typische Sandfauna bilden den biologischen Bestand. Das Grödewatt wird im S vom Beensley und im N vom Strand begrenzt. In seiner Besiedlung ähnelt es dem seegrasbestandenen Bupheverwatt. Im Laufe der Untersuchung stellte sich heraus, daß die erwähnten drei Wattgebiete eine sehr gleichförmige Bodenfauna aufwiesen, nämlich die des reinen Feinsandes. Die Kornanalyse von Oberflächenproben dieser Gebiete ergaben nur geringe Tonanteile in den Sedimenten. Demgegenüber zeigt das Prielwatt eine abwechslungsreiche Gliederung. Sand- und Schlickgebiete grenzen dort scharf aneinander. Die Priele trennen verhältnismäßig kleine Gebiete ab, die gut zu übersehen sind. Im folgenden sollen darum nur die Untersuchungen auf dem Prielwatt behandelt werden.

b) Die Untersuchungen auf dem Prielwatt.

Das Prielwatt wird im S vom Rummelloch, im NO vom Beensley begrenzt. Die Standlinie II schließt es im NW und die Norderhever im O ab. Das Rummelloch sendet vier stark einschneidende Priele nach N, die untereinander und mit dem Beensley ein gemeinsames Einzugsgebiet besitzen (vgl. Abb. 8). Der mächtige Rücken des Hoogewatts schützt das Prielwatt gegen die Einwirkung der Wasserkräfte aus Westen. So konnten sich hier an den Rändern der Priele ungestört Schlickgebiete aufbauen. Die zwei westlichen der vier Priele befinden sich in einem ausgedehnten, weichgründigen Schlickwatt. Steilrandig und tief zeigen sie das charakteristische Bild eines Priels im Schlickwatt. Die geschlängelten Nebenpriele haben eine enge Mündung. Nach W zieht sich das Schlickwatt bis an den aufsteigenden Sand des Hoogewatts. Die beiden gleichlaufenden östlichen Priele sind Priele im ausgesprochenen Sandwatt, kaum verzweigt, mit flachen Ufern und weiten trichterförmigen Mündungen. Die Oberflächenproben des Schlickgebietes enthalten sämtlich mehr als 10 % Ton. Alle biologischen Analysen zeigen in dem gestrichelt umrandeten Gebiet eine Besiedlung durch die gleichen Arten, nämlich durch *Scrobicularia plana, Nereis diversicolor, Heteromastus filiformis,* daneben häufig *Cardium edule* und *Macoma baltica.* Von dem westlichen der vier Nebenpriele des Rummelloches geht eine flache Senke nach Norden, die mit dichtem Seegrasrasen bestanden ist. Hier besteht das Oberflächensediment zu über 30 % aus Ton, und neben dem Sandwurm, der zu beiden Seiten der Senke reichlich vorkommt, lebt regelmäßig die Pfeffermuschel. Abgesehen von diesem Standort beschränken sich *Scrobicularia* (2—8 Tiere pro $^1/_{20}$ m^2) und *Nereis* (2—10 Tiere pro $^1/_{20}$ m^2) im großen und ganzen auf das ausgesprochene Schlickwatt, während *Heteromastus* auch in den benachbarten

Sandwatten mit geringer Siedlungsdichte auftritt (Abb. 8 A—C). Scharf abgetrennt gegen dieses Schlickgebiet auf dem Prielwatt kommen große Sandflächen vor. Der angrenzende Sandrücken des Hoogewatts wurde schon erwähnt. Auch zwischen den vom Rummelloch nach N vorstoßenden Prielen liegen rückenförmig aufgebaute Sände. An beiden Stellen wechselt das Besiedlungsbild plötzlich. So sind z. B. die schlickreichen Prielränder in einer Breite von ca. 10—100 m von den oben genannten Schlicktieren bewohnt. Nach kurzem Uebergang treten im Sand *Arenicola marina* und *Scoloplos armiger* als beherrschende Arten auf (Abb. 8 D u. E). Die beiden kleinen Krebse *Urothoë poseidonis* und *Bathyporeia robertsoni* wurden ebenfalls nur hier im Sand gefunden. *Cardium edule* und *Macoma baltica* kamen in dem Schlickgebiet sowie auf dem Sandrücken vor. Die Verbreitung von *Nephthys hombergii, Corophium volutator* und *Pygospio elegans* schien von dem Tongehalt des Wohnsedimentes unabhängig zu sein. Auf den Sandrücken zwischen den Prielen wohnt *Arenicola* mit einer Dichte von 10—30 Tieren pro m^3, *Scoloplos* mit 2—8 Tieren pro $^1/_{20}$ m^2.

Auf den großen Flächen des Hoogewattes, das in seiner Gesamtheit dieselbe Sandfauna aufweist, sind Funde mit 20 *Scoloplos* und mehr keine Seltenheit. Auf den der Norderhever benachbarten Wattflächen des Prielwattes liegen Sände, die von denselben sandliebenden Tierarten bewohnt werden. Die Sedimentanalysen, die auf dem Prielwatt an sandigen Standorten genommen wurden, zeigten keinen oder nur sehr geringen Tongehalt.

Neben den Schlickgebieten und Sänden ist als dritte charakteristische Fläche auf dem Prielwatt das Einzugsgebiet der Nebenpriele vom Rummelloch anzusehen. Nördlich der Prielrinnen dehnt sich ein tiefgelegenes Watt zwischen Beensley und Hoogewatt aus, das in der Hauptsache vom Rummelloch her bewässert wird. Das Sediment des Einzugsgebietes wird oberflächlich von einer braunen Schicht bedeckt, die nur wenige mm dick ist. In dieser Oberflächenschicht leben ungeheure Mengen von Muscheln und Schnecken. *Cardium edule* siedelt hier übernormal stark. 20—30 Tiere bevölkern den $^1/_{20}$ m^2 über weite Flächen und *Hydrobia ulvae* kommt hier häufig mit 250 Tieren pro $^1/_{400}$ m^2 vor. Dieses dicht besiedelte Cardiumwatt dehnt sich von dem Einzugsgebiet in südwestlicher Richtung z. T. bis über die Schlickflächen aus, so daß dort neben der Schlickfauna eine dichte *Cardium-Hydrobia*-Gesellschaft wohnt. Im Einzugsgebiet selbst enthält das Sediment durchweg einige Prozent Ton an der Oberfläche, im übrigen hat es durchaus Sandcharakter. Der Sandwurm ist häufig, *Scoloplos* sehr selten und die Sandkrebse *Urothoë* und *Bathyporeia* sind hier niemals gefunden worden. Solch eine *Cardium*-Wattfauna kann also in der Oberflächenschicht von schlickigen sowie sandigen Sedimenten siedeln. Sie kann zur Frage nach der Zusammensetzung eines Sedimentes nichts aussagen. Lediglich der Gehalt von einigen Prozent Ton in der Oberflächenschicht ist für das *Cardium*-Watt charakteristisch.

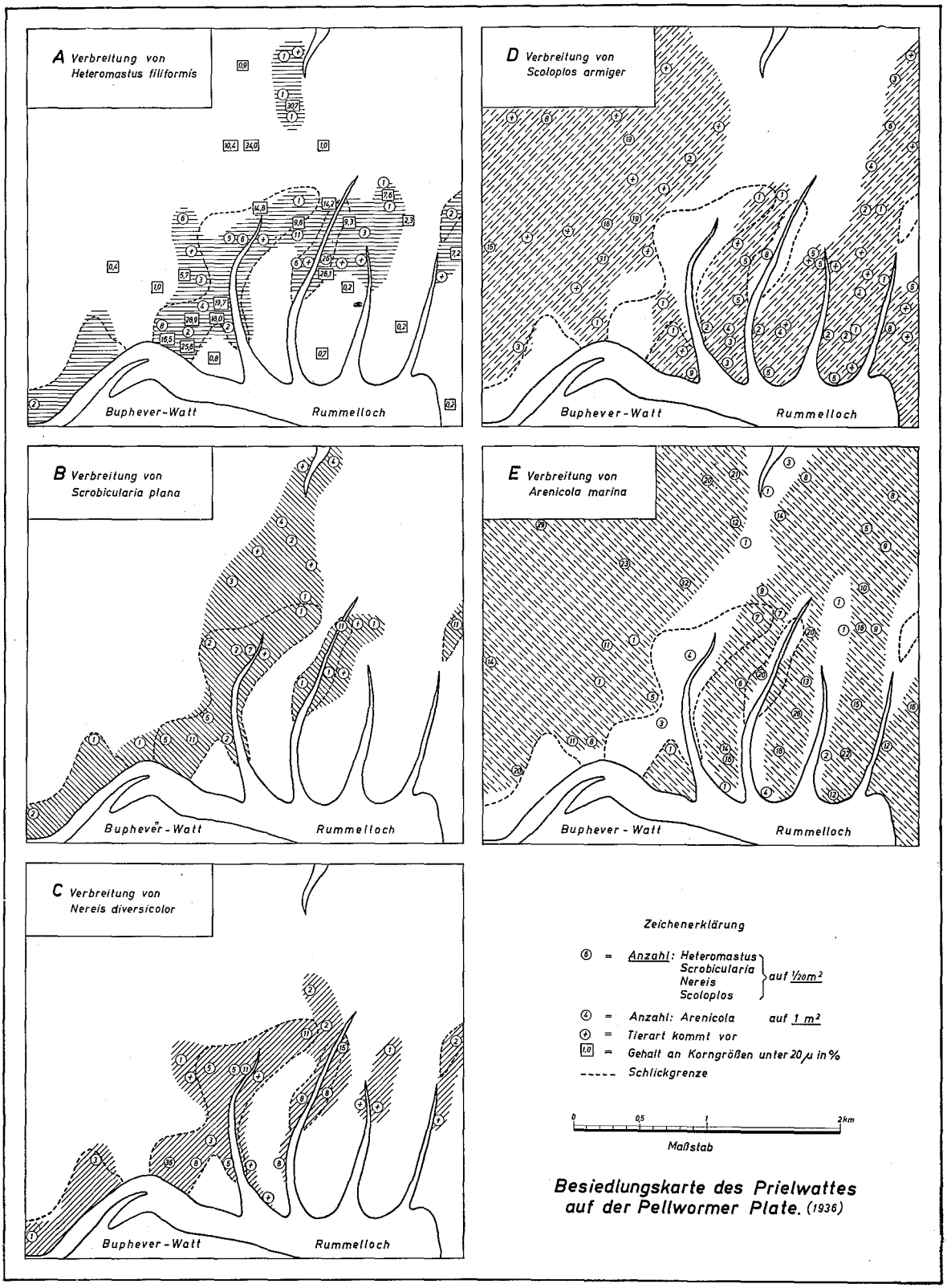


Abb. 8. Einzeldarstellungen der biologischen Besiedlung des Prielwatts.

Das Gebundensein von *Arenicola marina, Scoloplos armiger, Urothoë poseidonis* und *Bathyporeia robertsoni* an den Sand, andererseits das Siedeln von *Scrobicularia plana, Nereis diversicolor* nur im Schlick ist geeignet, eine biologische Bonitierungsmethode der Wattsedimente zu begründen. Bei der großräumigen Uebersichtskartierung des nordfriesischen Wattenmeeres im Jahre 1937 wurde dieses Verfahren praktisch angewendet und vervollkommnet (vgl. S. 36 und Abb. 15).

IV. Die Beziehungen zwischen Bodenfauna und Sedimentzusammensetzung.

a) Die Darstellungsmethode.

Die während der Arbeiten auf der Pellwormer Plate bestätigt gefundene grundsätzliche Abhängigkeit einzelner Tierarten von der Zusammensetzung des Wohnsedimentes mußte durch genaues Zahlenmaterial bewiesen werden. Es stellte sich heraus, daß 1. nur die erwachsenen Tiere in den biologischen Analysen zur Sedimentbonitierung herangezogen werden dürfen, 2. das Sediment nach der biologischen Methode nur so tief charakterisiert werden kann, wie der Lebensraum der einzelnen Tiere sich erstreckt, 3. die Oberflächenproben durch Mischproben der obersten 30 cm des Sedimentes ersetzt werden mußten, und 4. die Tonfraktion (< 0,02 mm) nicht allein zur Charakterisierung eines Sedimentes ausreichte. Im Geologischen Laboratorium der Forschungsstelle Husum wurden die Mischproben nach der Pipettmethode von Köhn in folgende Fraktionen[1]) getrennt:

Ton < 0,02 mm, Staub = 0,02 — 0,05 mm
Mehlsand = 0,05 — 0,1 mm, Feinsand = 0,1 — 0,5 mm
Mittelsand > 0,5 mm.

Die Gewichtsanteile der Fraktionen am Sediment wurden in Hundertteilen angegeben. Es zeigte sich beim Durchsehen der Schlämmergebnisse, daß die Tonfraktion und die Staubfraktion annähernd dieselben Gewichtsprozente ausmachen, gleichviel, ob sie einen großen oder geringen Teil der Sedimente bilden. Die beiden Fraktionen müssen demnach in den jüngsten Ablagerungen der nordfriesischen Watten gleichen Sedimentationsbedingungen unterliegen. Für unseren Zweck wurden sie darum zu einer Schlickfraktion (0,00—0,05 mm) vereinigt. Die Mittelsandfraktion ist nur auf den außenliegenden Sänden vorherrschend und dominiert in den Sedimenten des Untersuchungsgebietes nur sehr vereinzelt. Die untersuchten Wattablagerungen setzen sich also hauptsächlich aus der Schlickfraktion, der Mehlsandfraktion, auch Schluff genannt, und der Feinsandfraktion zusammen.

[1]) Hinsichtlich der in den Listen angegebenen Korngrößenfraktionen kann man allgemein sagen, daß der Mehlsand die schluffigen Sedimente, Staub und Ton dagegen die schlickigen Sedimente kennzeichnen.

Zur Darstellung der gefundenen Tierbestandszahlen einerseits und der Korngrößenanteile andererseits wurde die bei GESSNER (S. 215—7) beschriebene Dreiecksmethode angewandt. Man teilt die Seiten eines gleichseitigen Dreiecks in 100 Teile und setzt in die Eckpunkte die Sedimente mit 100 % Schlick, 100 % Schluff und 100 % Feinsand (vgl. Abb. 9). Auf die den Ecken gegenüberliegenden Seiten kommen die Sedimente zur Einzeichnung, die 0 % der betr. Fraktion enthalten. Je mehr sich also ein Punkt von der Seite entfernt und sich der gegenüberliegenden Ecke nähert, desto stärker wird die betr. Fraktion in dem Sediment, das durch diesen Punkt dargestellt wird. Auf der Linie a^1a^1 liegen also nur Sedimente mit 0 % Schlick. Die Linien a^2a^2 und a^3a^3 enthalten nur Sedimente mit 25 % bzw. 50 % Schlick usw. Entsprechendes gilt für die Schluff- und Feinsandfraktion. Jedes Sediment, das sich aus

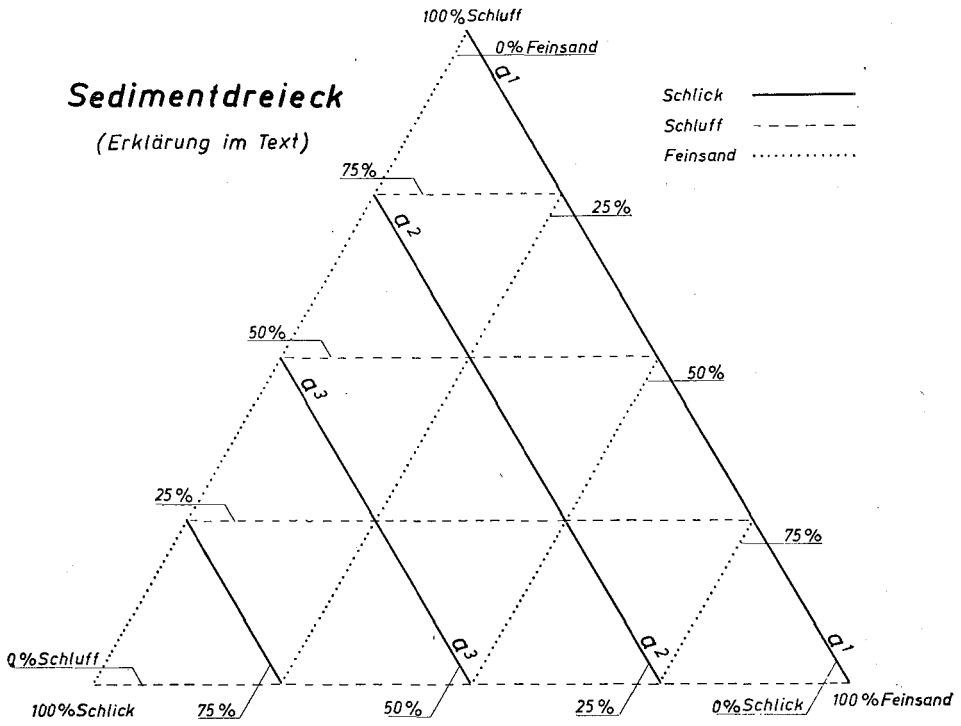


Abb. 9. (Vergl. Tafelabbildungen I—X in der Deckeltasche dieses Heftes.)

den drei genannten Fraktionen zusammensetzt, ist durch einen bestimmten Punkt in der Dreiecksfläche festgelegt. Umgekehrt kann man für jeden Dreieckspunkt die Anteile an Feinsand, Schluff und Schlick ablesen, die das Sediment bilden. Stimmt es also, daß die sedimenttypischen Tiere nur in Sedimenten mit bestimmter Korngrößenzusammensetzung leben, so dürfen die Punkte für ihre Wohnsedimente nur bestimmte, begrenzbare Flächen im

Dreieck bestreuen, auch wenn die Proben aus den verschiedensten Teilen des Wattes stammen. In die Dreiecke der Tafeln I bis VIII (siehe Deckeltasche) sind an die Stelle der Sedimentpunkte die Befundzahlen der biologischen Bestandsaufnahme gesetzt worden. Für jede Art wurden die Befundzahlen in einem Dreieck vereint. Tatsächlich nehmen die Ziffern für sedimentgebundene Tiere nur eine Teilfläche des Dreiecks ein, während die Ziffern für nicht sedimenttypische Tiere über das ganze Dreieck verstreut sind. Der prozentuale Höchst- und Mindestanteil der Fraktionen am Wohnsediment eines jeden sedimenttypischen Tieres ist damit erfaßbar und abgrenzbar. Durch diese Darstellungsmethode werden die Beziehungen zwischen zwei empirisch gefundenen Ergebnissen, dem biologischen Bestand (Anzahl der Tiere) einerseits und dem physikalischen Befund (Korngrößen) andrerseits, zum ersten Male für die Watten nachgewiesen.

b) Die Abhängigkeit der Tierarten vom Sediment[1]).

In diesem Abschnitt soll die Zusammensetzung der Sedimente untersucht werden, die den Wattieren zum Wohnen dienen. Dabei steht die Frage im Vordergrund: Ist eine Abhängigkeit des Tieres von einer bestimmten Sedimentzusammensetzung vorhanden oder nicht? Ferner werden Beobachtungen über Wohnweise und -dichte des Tieres im Sediment mitgeteilt. Charakteristische Spuren, die auf der Oberfläche hinterlassen werden, und die beim Kartieren der Wattflächen eine unentbehrliche Hilfe bedeuten, werden kurz beschrieben.

1. Würmer.

Scoloplos armiger. Dieser Polychät wurde von verschiedenen Autoren als ein Bewohner des Sandes im Bereich der Nordsee beschrieben. Allen, Todd und Stephen fanden ihn in den sandigen Küstenzonen von Plymouth und Schottland. Thamdrup und Wohlenberg ordnen den Wurm ebenfalls in die Sandfauna ein. Hagmeier dagegen beschreibt ihn im Bereich der Ostsee aus Gebieten mit sandigem und reinem Schlick in 10—30 m Tiefe. Nach den Gewichtsangaben zu schließen, wurden dort nur kleine Exemplare gefunden. Im nordfriesischen Watt lebt *Scoloplos armiger* nur im Fein- und Mittelsand. Von insgesamt 85 Stationen mit *Scoloplos*-Besiedlung liegen Sedimentanalysen vor. Die Schlämmergebnisse sind auf Tafel I dargestellt. Die Dreieckspunkte liegen in enger Streuung in dem Winkel für Feinsand konzentriert. Die Zusammensetzung der Sedimente mit Scoloplosbesiedlung bewegt sich in folgenden Grenzen: Schlickfraktion: 0—25 %, Schluffraktion: 0—60 %, Sandfraktion: 30—100 %. Daß schon das Vorkommen eines Tieres zur Charakterisierung des Sedimentes beitragen kann, ist daran zu erkennen, daß auch

[1]) Fragen über Wechselbeziehungen zwischen Tierbesiedelung und Sedimenteigenschaften wurden häufig mit Dr. Dietrich KÖNIG, meinem mit ähnlichen Aufgaben im Dithmarscher Wattenmeer beauftragten Kollegen, erörtert.

die Stationen mit nur einem Tier sich innerhalb der angegebenen Teilfläche des Dreiecks befinden. Die durchschnittlichen Stückzahlen pro $^1/_{20}$ m² Sedimenten mit 0—25 %, 25—50 %, 50—75 % und 75—100 % sind in Tab. 1 wiedergegeben. Sie sind der Tafel I entnommen. Die Zahlen der Spalte III zeigen das Anwachsen der Besiedlungsdichte bei zunehmender Vergröberung des Sedimentes. Je zahlreicher *Scoloplos* auftritt, desto mehr nähert sich das Sediment dem Feinsand. Die Spalten I und II dagegen geben bei zunehmender Schlick- und Schluffraktion abfallende Werte an. *Scoloplos armiger* ist also eindeutig als sandliebend zu bezeichnen. Er lebt ohne feste Röhre im Sediment und hinterläßt auf der Oberfläche keinerlei Spuren.

I		II		III	
% Schlick	n Tiere $^1/_{20}$ m²	% Schluff	n Tiere $^1/_{20}$ m²	% Feinsand	n Tiere $^1/_{20}$ m²
0— 25	5,8	0— 25	6,8	0— 25	1,0
25— 50	1,0	25— 50	4,5	25— 50	2,3
50— 75	1,0	50— 75	2,8	50— 75	5,9
75—100	0,0	75—100	kein. Analysen	75—100	6,9

Tabelle 1. Durchschnittliche Befunde von *Scoloplos armiger* bei steigenden %-Zahlen der Schlick-, Schluff- und Feinsandfraktion, entnommen der Tafel I (insgesamt 85 Analysen).

Nereis diversicolor. Der Wattringelwurm wurde im nordfriesischen Watt im Schlick und im Schluff gefunden. Er baut sich eine weitverzweigte Wohnröhre im Sediment, deren Wände er mit Schleim verfestigt. An der Oberfläche von Schluff und abgetrocknetem Schlick können die Ausgänge der Röhren als kleine runde Löcher sichtbar sein. Ist die Schlickoberfläche aber feucht, so hinterläßt der Wurm durch sein Schürfen nach Nahrung häufig sternförmige Spuren (siehe Abb. 5 auf S. 11), die WOHLENBERG (1937) schon beschrieben hat. REMANE beschreibt das Tier in der Kieler Bucht aus dem Sand. Englische Autoren wie ALLEN und STEPHEN fanden den Ringelwurm in Schlick- und Sandgebieten. Er soll immer nahe der Hochwasserlinie vorkommen, und zwar in den Regionen, die unter Süßwassereinfluß stehen. Seine starke Siedlungsdichte im Schlick mitten auf der Pellwormer Plate (30 Tiere pro $^1/_{20}$ m²) beweist jedenfalls, daß er in diesen Sedimenten unabhängig vom Süßwassereinfluß normale Lebensbedingungen findet. WOHLENBERG fand den Wurm hauptsächlich im schlickhaltigen Sand und im Schlick. *Nereis diversicolor* kommt jedoch im Königshafen von Sylt auch im reinen Sand an der Hochwasserlinie vor, wovon ich mich überzeugen konnte. Aber dieses bleibt im nordfriesischen Watt eine Ausnahme und scheint mit der festen Lagerung des Sedimentes dort zusammenzuhängen. Im Arbeitsgebiet der Uebersichtskartierung wurden von 70 Stationen mit *Nereis*-Besiedlung Sedimentanalysen gemacht. Die Ergebnisse sind in das Dreieck der Tafel II eingetragen. Die Folgerungen daraus gelten, wie gesagt, nur für den Bereich der nordfriesischen Watten. Hier erscheint der Wurm als sandfeindlich. Die Sedimente mit starker *Nereis*-Besiedlung werden durch folgende Prozentzahlen charakteri-

siert: Schlickfraktion: 10—85 %, Schluffraktion: 15—75 %, Feinsandfraktion: 0—45 %. Einige Stationen mit 1 Tier pro $^1/_{20}$ m^2 liegen außerhalb der umrissenen Fläche. Daher kann erst ein Befund von zwei und mehr Tieren zur Bonitierung herangezogen werden. Bei der Station C 18 im Bereich des Feinsandes mit 4 Tieren handelt es sich um eine Schlämmanalyse des Oberflächensedimentes, das für *Nereis* nicht charakteristisch zu sein braucht. Die Sandfeindlichkeit des Wurmes wird auch an Hand der Tabelle 2 deutlich, die nach Tafel II aufgestellt ist. Die durchschnittlichen Befundzahlen versechsfachen sich, wenn der Feinsandgehalt der Sedimente weniger als 50 % beträgt. Da eine Steigerung der Besiedlungsdichte in der Spalte III bei 0—25 % Feinsand gegenüber 25—50 % Feinsand nicht eintritt, kann man bei vermehrter Befundzahl nicht auf ein Geringerwerden der Feinsandkomponente schließen. Einen diagnostischen Wert hat der Wattringelwurm bei einem Auftreten von 2 und mehr Tieren pro $^1/_{20}$ m^2.

I		II		III	
% Schlick	n Tiere $^1/_{20}$ m^2	% Schluff	n Tiere $^1/_{20}$ m^2	% Feinsand	n Tiere $^1/_{20}$ m^2
0— 25	6,3	0— 25	3,8	0— 25	6,3
25— 50	5,6	25— 50	5,2	25— 50	6,3
50— 75	5,0	50— 75	9,2	50— 75	1,0
75—100	10,0	75—100	kein. Analysen	75—100	1,3

Tabelle 2. Durchschnittliche Befunde von *Nereis diversicolor* bei steigenden %-Zahlen der Schlick-, Schluff- und Feinsandfraktion, entnommen der Tafel II (insgesamt 70 Analysen).

Arenicola marina. Daß der Sandwurm ein typischer Bewohner der sandigen Sedimente ist, ist allgemein bekannt. Ueber seine Lebensweise in der U-förmigen Röhre setzen sich besonders THAMDRUP und HÄNTSCHEL auseinander. WOHLENBERG beweist, daß für das Vorkommen des Wurmes im Sand nicht allein die korngrößenmäßige Zusammensetzung des Wohnsedimentes ausschlaggebend ist, sondern auch der Wassergehalt der Oberfläche und die Dicke der bewohnbaren Sandschicht. Daß eine Mindeststärke von 10—12 cm der Sandschicht notwendig vorhanden sein muß, soll an einem anderen Beispiel bestätigt werden. Ostwärts von Hallig Hooge liegt ein untergegangenes Kulturgebiet, in dem vor Jahrhunderten Entwässerungsgräben durch den Klei gezogen wurden. Heute ist dieser alte tonige Horizont mit einer etwa 10 cm dicken Sandschicht bedeckt. In den Gräben liegt der Sand natürlich dicker und überschreitet die Mindeststärke für die Sandwurmbesiedlung. Abb. 10 zeigt, daß der Wurm nur in den ehemaligen Gräben wohnt. Die dazwischen liegenden Sandschichten sind zu dünn für eine Besiedlung durch *Arenicola.* Im nordfriesischen Watt sind die Sandstandorte ohne Sandwurmbesiedlung selten und kleinräumig. Der weitaus größte Teil der Sandwatten wird durch *Arenicola marina* bewohnt. Ebenso stark werden die Schluffgebiete besiedelt, nicht dagegen der Schlick. Von 123 Standorten des Tieres liegen Schlämmanalysen des Wohnsedimentes vor. Tafel III beweist deutlich die Schlick-

Abb. 10
Arenicola-Siedlung in übersandeten Entwässerungsgräben früherer Jahrhunderte. Diese Gräben wurden zur Entwässerung der Marsch angelegt, als diese Flächen noch bedeichtes Kulturland waren (vergl. Text S. 24).

feindlichkeit des Sandwurmes. Die Korngrößenzusammensetzung der *Arenicola*-Sedimente schwankt zwischen: Schlickfraktion: 0—40 %, Schluffraktion: 0—75 %, Feinsandfraktion: 10—100 %. Wenn die Schlickfraktion dieser Wattgebiete etwa 30 % ausmacht, hat man meistens sandige Sedimente vor sich, die dünne Schlickschichten enthalten. Diese werden von den Würmern durchstoßen. Auf Tafel III verteilen sich die Punkte in der Feinsand- und in der Schluffecke des Dreiecks. In Sedimenten mit mehr als 35 % Schlick zeigt Tafel III keine Besiedlung. Nun kann es natürlich vorkommen, daß in solchen Ablagerungen einige Tiere leben, aber die Besiedlungsdichte beträgt dann immer weniger als 5 Tiere pro m². Nehmen wir diese Zahl als Mindestwert für die Diagnose, so können Sedimente mit mehr als 5 Tieren pro m² als Schluff oder Feinsand angesprochen werden. Die Tab. 3 zeigt für *Arenicola* sinngemäß denselben Aufbau wie für den sandfeindlichen *Nereis*. In Spalte I werden die Befundzahlen schlagartig klein. Die Siedlungdichte nimmt also bei zunehmendem Schlickgehalt nicht langsam, sondern plötzlich ab. In sehr wasserhaltigen Sedimenten kann *Arenicola* sogar noch bei einem Schlickgehalt bis zu 35 % leben.

I		II		III	
% Schlick	n Tiere m²	% Schluff	n Tiere m²	% Feinsand	n Tiere m²
0— 25	17,6	0— 25	14,7	0— 25	23,3
25— 50	19,7	25— 50	21,1	25— 50	16,7
50— 75	4,0	50— 75	24,4	50— 75	20,8
75—100	0,0	75—100	kein. Analysen	75—100	14,0

Tabelle 3. Durchschnittliche Befunde von *Arenicola marina* bei steigenden %-Zahlen der Schlick-, Schluff- und Feinsandfraktion, entnommen der Tafel III (insgesamt 123 Analysen).

Heteromastus filiformis. In der englischen Literatur wird *Heteromastus* als Wattbewohner seltsamerweise nicht angeführt. WOHLENBERG nennt ihn den Bewohner der Schlickwatten. THAMDRUP erwähnt ihn kurz. Der Wurm wohnt im Sediment, ohne eine feste Wohnröhre zu bauen. Er lebt als typischer Sedimentfresser von den eingeschlossenen organischen Bestandteilen des Sedimentes, die er mit seinem vorstülpbaren Schlund verschlingt. Die unverdauliche Substanz wird in Form kleiner ovaler Kotperlen in kleinen Häufchen an der Oberfläche abgelagert (siehe Abb. 5). Diese Kotperlen bestehen stets aus feinstem Material. Der Wurm nimmt also nur Teilchen auf, die über die Korngrößen der Schlickfraktion nicht hinausgehen. Es ist daraus zu schließen, daß er von einem Schlickgehalt im Sediment, mag dieser auch noch so gering sein, aus Nahrungsgründen abhängig ist. Im Schlick ist *Heteromastus* darum stets anzutreffen. Der Wurm kommt aber auch in größerer Menge in sandigen Sedimenten vor, jedoch enthalten diese dann immer schlickige Beimengungen. Junge Sedimente, die im Aufbau begriffen sind, bieten dem Wurm besonders günstige Lebensbedingungen. Z. B. sind die Prielränder, deren Sedimente ständig umgelagert werden und dabei neue Nahrungsstoffe für den Wurm einschließen, oftmals dunkel von der Zahl der Kothäufchen. In den schlickigen Gleithängen der Priele wurden bis zu 200 Tiere pro $^1/_{20}$ m^2 gefunden. Nicht ganz so zahlreich konnte der Wurm in den Prielrändern sandiger Watten beobachtet werden. Auch hier bestanden die Kotperlen aus schlickigem Material. Weil der Wurm auch im Schluff und schlickhaltigem Feinsand leben kann, ist er nicht zu den sedimenttypischen Tieren zu rechnen. An 72 Standorten mit *Heteromastus*-Besiedlung wurden Sedimentanalysen vorgenommen. Die Punkte mit *Heteromastus*-Befund verteilen sich ziemlich gleichmäßig über das ganze Dreieck (Tafel IV). Die biologischen Analysen mit mehr als 5 Tieren pro $^1/_{20}$ m^2 häufen sich aber auf der Teilfläche des Dreiecks, die gestrichelt umrandet ist. Das Sediment enthält dort mehr als 20 % Schlick und weniger als 40 % Feinsand. Das Vorhandensein von 5 und mehr Tieren pro $^1/_{20}$ m^2 läßt also im nordfriesischen Watt auf einen gewissen Schlickgehalt des Sedimentes schließen und stellt damit bei seiner Beurteilung eine wertvolle Hilfe dar.

Sonstige Würmer. Von den restlichen Würmern ist z. T. wohl eine Abhängigkeit von einer bestimmten Sedimentzusammensetzung beobachtet worden. Ihre Siedlungsdichte ist jedoch so gering, daß ihr Vorkommen wohl eine Hilfe, aber keine Grundlage bei der Beurteilung eines Sedimentes bildet. So wurden *Magelona papillicornis* und *Scolecolepis squamata* nur im reinen Sand gefunden. *Gattyana cirrosa* und *Lepidonotus squamatus* bewohnten stets sandige Sedimente. *Lanice conchilega* besiedelte meistens sandige und schluffige Flächen. Für *Nephthys hombergii, Phyllodoce maculata* und *Eteone* spec. wurden überhaupt keine Beziehungen zum Sediment festgestellt. Im Gegensatz zu diesen nicht häufigen Würmern wurde *Pygospio elegans* fast

überall gefunden. Seine aus Sand- und Schluffkörnern zusammengesetzte Wohnröhre ließ auf eine Abhängigkeit von diesen Sedimenten schließen. Der Wurm wurde jedoch auch oft in Schlickgebieten angetroffen. Die Wohnröhre durchzieht die oberen 2—3 cm des Sedimentes und könnte darum höchstens Schlüsse auf die Zusammensetzung der oberflächlichen Schichten zulassen. Da das Tier aber samt Röhre bei Sturm leicht verfrachtet wird und, auf schlickiger Oberfläche abgesetzt, dort auch leben kann, ist es zu einer biologischen Beurteilung des Sedimentes nicht geeignet.

Muscheln und Schnecken.

Scrobicularia plana. Die Pfeffermuschel ist eine typische Schlickbewohnerin. Ihr Wohnraum liegt 8—15 cm unter der Oberfläche. Von dort reichen ihre beiden Siphonen durch zwei getrennte Kanäle bis an die Oberfläche. Die Wand des Bettes sowie die der Kanäle ist nicht durch Schleim verfestigt. Die beiden Siphonen können völlig eingezogen werden, dabei bleibt der Hohlraum der Kanäle bestehen. Eingeschwemmte Sedimentteilchen werden leicht von dem Sipho wieder hinausgeschoben. Der Einfuhrsipho kann mehrere cm aus der oberen Kanalöffnung herausgestreckt werden und schlängelnde sowie schürfende Bewegungen ausführen (siehe Abb. 3). Die Muschel pipettiert die dabei gefundenen Nahrungsteilchen aus dem oberflächlich abgelagerten Detritus mit einem Wasserstrom ein. Durch dieses Schürfen nach allen Seiten, unterstützt durch zeitweises Ausstoßen von Wasser, das den Detritus aufwirbelt, wird auf der Oberfläche eine sternförmige Spur hinterlassen, die der von *Nereis diversicolor* ähnelt. Der Ausfuhrsipho wird stets nur bis an die Oberfläche ausgestreckt. Um die Mündung seines Kanals werden die ziemlich großen Kotperlen abgelegt (siehe Abb. 4). Die beschriebene Wohn- und Ernährungsweise ist an ein zähes, von rieselnden Sandkörnern freies Sediment, wie es der Schlick darstellt, gebunden. Daher ist das alleinige Vorkommen der Muschel im Schlick verständlich. WOHLENBERG und THAMDRUP haben sie ebenfalls nur im Schlick gefunden und STEPHEN beschreibt sie als Tier im Mudd. In typischen Schlickgebieten wurde *Scrobicularia plana* vom Verfasser mit 2—8 Tieren pro $^1/_{20}$ m^2 gefunden, die maximale Besiedlung von 16 Tieren pro $^1/_{20}$ m^2 wurde selten gezählt. Das Dreieck auf Tafel V zeigt, daß sich die Punkte für die 39 untersuchten Proben mit *Scrobicularia*-Besiedlung in der Schlickecke häufen. Die Sedimentzusammensetzung auf Standorten der Muschel wird durch folgende %-Zahlen charakterisiert: Schlickfraktion: 20—100 %, Schluffraktion: 10—55 %, Feinsandfraktion: 0—40 %. Auf den Standorten mit ca. 40 % Feinsand wurde ein Sediment festgestellt, in dem Sand- und Schlickschichten abwechselten. Daß die Muschel schlickliebend ist, ist aus der Tab. 4 ersichtlich, die ebenso aufgebaut ist, wie die von *Scoloplos armiger* (Seite 22). Es wurde mit steigenden Schlickprozenten auch eine steigende Anzahl von Muscheln pro $^1/_{20}$ m^2 gefunden. Mit steigenden Feinsand-

und Schluffprozenten geht dagegen die Anzahl der Tiere pro $^1/_{20}$ m² zurück. Man kann also bei dichter werdender Besiedlung auf ein Ansteigen des Schlickgehaltes im Sediment schließen.

I		II		III	
% Schlick	n Tiere $^1/_{20}$ m²	% Schluff	n Tiere $^1/_{20}$ m²	% Feinsand	n Tiere $^1/_{20}$ m²
0— 25	2,4	0— 25	5,3	0— 25	4,1
25— 50	3,9	25— 50	3,8	25— 50	3,4
50— 75	4,6	50— 75	3,0	50— 75	1,0
75—100	8,5	75—100	kein. Analysen	75—100	0,0

Tabelle 4. Durchschnittliche Befunde von *Scrobicularia plana* bei steigenden %-Zahlen der Schlick-, Schluff- und Feinsandfraktionen, entnommen der Tafel V (insgesamt 39 Analysen).

Macoma baltica. Die Plattmuschel ist im Watt allgemein verbreitet. Wie *Scrobicularia* sendet sie von ihrem 2—5 cm unter der Oberfläche liegenden Bett zwei Siphonen an die Oberfläche und pipettiert von dort die Nahrung aus dem abgelagerten Detritus ein. Sie hinterläßt dabei aber keine charakteristische Spur, auch sind sehr selten im Sediment ein Bett und Kanäle mit oxydierten Wänden festzustellen. Man kann daraus schließen, daß sich die Muschel oft in ihrem Lager bewegt, daß sie wandert oder sich fortspülen läßt. Tatsächlich findet man Kriechspuren von *Macoma* an der Oberfläche und häufig liegen lebende Muscheln auf dem Sediment, ohne daß das Wasser außergewöhnlich bewegt war. In der Literatur macht STEPHEN Angaben über das Wohnsediment von *Macoma baltica.* Er fand die Muschel im Mudd und in solchem Sand, der in einigen Zentimetern Tiefe eine schwarze Reduktionsfarbe besaß. In reinem gröberen Sand stellte er *Macoma* nicht fest. PETERSEN und seine Schule sahen in *Macoma* die typische Bewohnerin der Gezeitenzone und nannten die gesamte Tiergemeinschaft dieses Gebietes nach dieser Muschel. Die Ergebnisse der Untersuchungen im nordfriesischen Watt stimmen mit den Befunden von STEPHEN und PETERSEN überein, wenn auch die vorliegende Aufgabe eine weitgehende Unterteilung der *Macoma*-Gemeinschaft PETESRENS forderte. Im ganzen wurde die stattliche Anzahl von 119 Sedimentproben, die *Macoma* enthielten, auf ihre Korngrößenzusammensetzung hin untersucht. Tafel VI zeigt die Punkte für Sedimente mit *Macoma*-Besiedlung über die ganze Dreiecksfläche verteilt. Am zahlreichsten wurde die Muschel im schlickhaltigen Schluff mit bis zu 20 Tieren pro $^1/_{20}$ m² gefunden. 10—15 Tiere auf $^1/_{20}$ m² wurden häufig gezählt. Die geringen Unterschiede in den Befundzahlen der Tab. 5 und die starke Streuung über das ganze Dreieck schließen jedoch *Macoma* aus der Reihe der sedimenttypischen Tiere aus.

I		II		III	
% Schlick	n Tiere $^1/_{20}$ m²	% Schluff	n Tiere $^1/_{20}$ m²	% Feinsand	n Tiere $^1/_{20}$ m²
0— 25	2,3	0— 25	3,0	0— 25	4,2
25— 50	4,0	25— 50	3,6	25— 50	3,4
50— 75	3,0	50— 75	4,5	50— 75	3,8
75—100	0,0	75—100	kein. Analysen	75—100	2,8

Tabelle 5. Durchschnittliche Befunde von *Macoma baltica* bei steigenden %-Zahlen der Schlick-, Schluff- und Feinsandfraktion, entnommen der Tafel VI (insgesamt 119 Analysen)

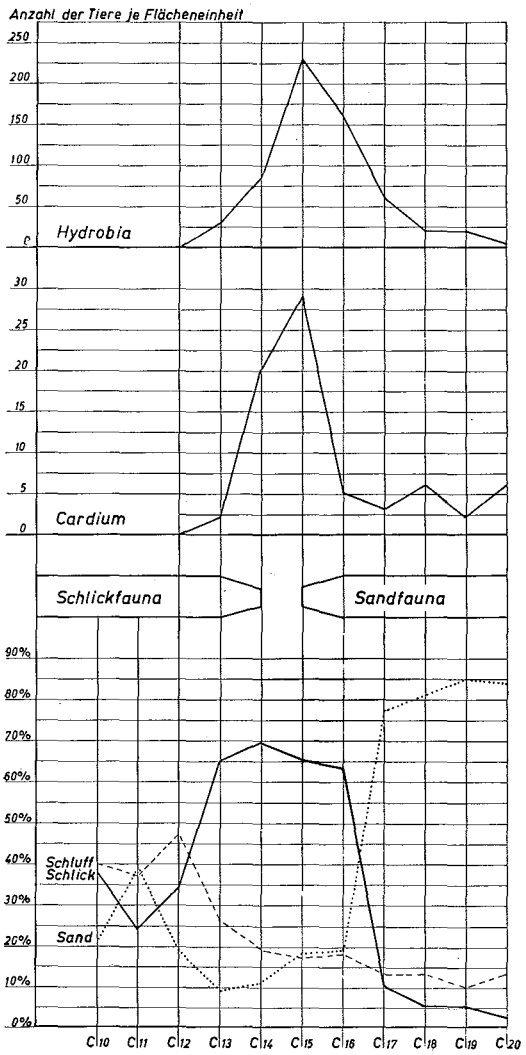


Abb. 11. Die Verteilung von *Cardium* und *Hydrobia* und die Zusammensetzung der Korngrößen auf dem *Cardium*-Watt.

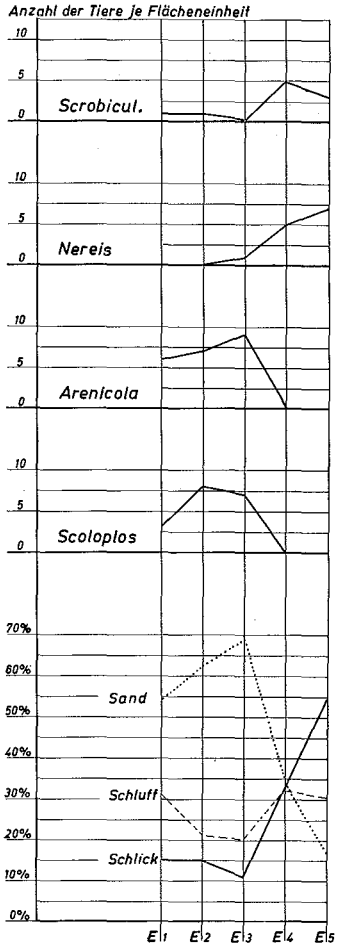


Abb. 12. Biologisches und bodenkundliches Profil nördlich vom Rummelloch.

Cardium edule. Die Herzmuschel ist eine sehr verbreitete Bewohnerin des Wattes. Ueber ihre Wohnweise und Nahrungsaufnahme wurde Seite 9 schon berichtet. Daß sie in schlickigen und sandigen Sedimenten leben kann, wurde ebenfalls erwähnt. Sie ist also nicht zu den sedimenttypischen Tieren zu rechnen. Das geht auch aus der Dreiecksdarstellung (Tafel VII) hervor. Die Punkte für *Cardium*-Befunde verteilen sich regelmäßig über das ganze Dreieck. Auf der Pellwormer Plate wurde jedoch festgestellt, daß das Oberflächensediment durch die Kotproduktion der Herzmuscheln und der meist mit

ihnen vorkommenden Hydrobien einen erhöhten Schlickgehalt bekommt. Um dieses zu prüfen, wurde durch das *Cardium*-Watt auf der Pellwormer Plate ein Profil gelegt, auf dem an jeder Station neben 2—3 biologischen Analysen eine Sedimentschürfprobe von nicht ganz 1 cm Stärke der Oberfläche entnommen wurde. Die Befundzahlen von *Cardium* und *Hydrobia* sind dem Schlickgehalt des Sedimentes in Abb. 11 gegenübergestellt. Die Stationen C10, C11, C12 liegen im Schlick mit einer typischen Schlickfauna, ohne Herzmuschelbesiedlung. Die Stationen C14 und C15 wurden im typischen *Cardium*-Watt genommen. Hier kommen *Cardium* und *Hydrobia* in maximalen Zahlen vor und die Schlickprozente steigen ebenfalls stark an. Die Stationen C17—C20 zeigen abfallende Werte für die beiden Mollusken sowie für den Schlickgehalt des Oberflächensediments; hier siedelt eine typische Sandfauna. In den tieferen Sedimentschichten vollzieht sich im Verlauf des Profils ein Wechsel von Schlick- zur Feinsandfauna. Das Oberflächensediment zeigt indessen kein Absinken des Schlickgehaltes, wie erwartet werden konnte, sondern ein Maximum des Schlickgehaltes, das zu der starken *Cardium*- und *Hydrobia*-Besiedlung in Beziehung gebracht werden kann.

Hydrobia ulvae. Die kleine Wattschnecke ist als eine Bewohnerin der Oberflächenschichten bekannt. Sie kann sich wenige Millimeter tief eingraben. Bei der Nahrungssuche kriecht die Schnecke über die Oberfläche und hinterläßt dabei bandförmige charakteristische Spuren. Besonders häufig ist sie außer auf dem *Cardium*-Watt an den Blättern der Seegrasarten zu finden. Die Beobachtung von REMANE, der kleine Exemplare der Schnecke auf Feinsandflächen beschreibt, konnte bestätigt werden. *Hydrobia* zählt also nicht zu den sedimenttypischen Tieren. Bei starker Besiedlung ist in der Oberflächenschicht mit einem erhöhten Schlickgehalt zu rechnen, der durch die Ablagerung des Schneckenkotes bedingt ist. Dieser verleiht dann der Oberfläche eine dunkle Farbe. Das Tier wird häufig vertriftet und vor allem in Küstennähe in riesigen Mengen angespült.

Sonstige Mollusken. Von den übrigen Mollusken, die während der Kartierung gefunden wurden, können *Tellina tenuis* und *Petricola pholadiformis* als sedimenttypisch bezeichnet werden. *Tellina* lebt nur im Fein- und Mittelsand nahe der Niedrigwasserlinie. *Petricola* bohrt sich in feste Moor- und Kleihorizonte ein, wenn diese freigespült sind. Beide Arten kommen nur an wenigen Stellen im nordfriesischen Watt vor und spielen daher keine Rolle bei der Bonitierung von Wattsedimenten. *Mya arenaria* ist ebenfalls sehr unregelmäßig über das ganze Arbeitsgebiet verteilt. Aus den wenigen biologischen Analysen, bei denen die Klaffmuschel gefunden wurde, konnte keine klare Sedimentabhängigkeit erkannt werden. *Mytilus edulis* (Abb. 1) und *Litorina litorea*, die beide im Watt sehr verbreitet sind, bewohnen die Wattoberfläche. Von ihnen ist keine ausschließliche Sedimentabhängigkeit zu erwarten.

Krebse.

Bathyporeia robertsoni. Dieser kleine Amphipode ist ein typischer Bewohner des Feinsandes. Er ist nicht über weite Flächen verbreitet und siedelt an feuchten Stellen in dem obersten Millimeter des Sedimentes.

Urothoë poseidonis. Dieser Krebs ist vom Verfasser zum ersten Mal als Sedimentbewohner in der Gezeitenzone gefunden worden. Als Gast in den Wohnröhren von *Arenicola marina* wurde er des öfteren angetroffen, seltener in der Wohnröhre von *Corophium volutator.* Der kleine, etwas plumpe Krebs lebt nur im Feinsand. Flächenmäßig ist er nicht weit verbreitet. Die Sedimentabhängigkeit von *Bathyporeia* und *Urothoë* ist aus der Dreiecksdarstellung auf Tafel VIII deutlich zu ersehen. Trotzdem nur für 29 Fundstellen Sedimentanalysen vorliegen, ist doch die Verteilung der Punkte auf den Winkel für Feinsand beschränkt. Da beide Krebse nicht allgemein verbreitet sind und meistens mit *Scoloplos armiger* gefunden wurden, hat ihr Vorkommen nur eine ergänzende Bedeutung bei der Bonitierung der Wattsedimente.

Corophium volutator. Der Schlickkrebs führt seinen Namen zu Unrecht. Er ist in allen Sedimenten vom Schlick bis zum Feinsand zu Hause und kann darum nicht zu den sedimenttypischen Tieren gerechnet werden. In Schluffsedimenten wurde er zwar in maximalen Zahlen gefunden, jedoch scheinen seine Wohnbezirke durch andere Faktoren als den der Sedimentzusammensetzung bestimmt zu werden.

c) Die Zusammensetzung der sedimenttypischen Tiergruppen.

Aus der Zahl der näher auf ihre Sedimentabhängigkeit untersuchten Tiere sind mit Sicherheit vier Arten zu erkennen, die als sedimenttypisch bezeichnet werden können, d. h. die durch ihre Wohnweise oder die Art der Nahrungsaufnahme an Sedimente von bestimmter Zusammensetzung gebunden sind. Folgende Tabelle veranschaulicht die Bindung dieser vier Arten an ihr Wohnsediment:

Tabelle 6.

Artname	Sedimentart: Schlick	Schluff	Feinsand	
Scrobicularia plana	+	—	—	schlickliebend
Nereis diversicolor	+	+	—	sandfeindlich
Arenicola marina	—	+	+	schlickfeindlich
Scoloplos armiger	—	—	+	sandliebend

Für den Schlick sind also *Scrobicularia* und *Nereis* charakteristisch. Im Dreieck der transparenten Tafel IX liegen alle Punkte mit diesen beiden Arten (für *Scrobicularia* 2 und mehr Tiere pro $^1/_{20}$ m^2 und für *Nereis* 2 und mehr Tiere pro $^1/_{20}$ m^2) in der waagerecht schraffierten Fläche der transparenten

Tafel X. Diese wird begrenzt durch Schlickfraktion 25—100 %, Schluffraktion 0—75 %, Feinsandfraktion 0—40 %. Diese Gruppe der sedimenttypischen Tiere nennen wir die Schlickgruppe.

Im Schluff können von den vier Arten *Nereis diversicolor* und *Arenicola marina* leben. Ein Sediment besteht aus Schluff, wenn *Arenicola* mit 5 und mehr Tieren auf dem Quadratmeter siedelt und *Nereis* mit 2 und mehr auf $^1/_{20}$ Quadratmeter vorkommt. Alle Stationen mit diesen beiden Arten im Dreieck der Tafel IX liegen in der schräg schraffierten Fläche (vgl. Tafel X), deren Sedimente sich folgendermaßen zusammensetzen: Schlickfraktion 0—60 %, Schluffraktion 40—100 %, Feinsandfraktion 0—45 %.

Kommt *Arenicola* mit 5 und mehr Tieren pro m^2 und *Scoloplos* mit 1 Tier und mehr pro $^1/_{20}$ m^2 zusammen an einem Standort vor, so haben wir auf Feinsand zu schließen. Die senkrecht schraffierte Fläche auf Tafel X umfaßt alle diese Standorte. Die hier umrissenen Sedimente enthalten von der Schlickfraktion 0—25 %, der Schluffraktion 0—65 % und von der Feinsandfraktion 40—100 %. Wie dieses Ergebnis, das rein aus den Befundzahlen von 155 willkürlich verstreuten Stationen gewonnen wurde, draußen auf dem Watt bestätigt wird, sollen einige Profile zeigen.

Bei einem Uebergang von Sand in Schlick müssen die hohen Prozentzahlen der Feinsandfraktion absinken, die niedrigen Schlickprozente dagegen ansteigen. Gleichzeitig muß die Sandgruppe den Arten der Schlickgruppe weichen. Abb. 12 zeigt solch ein Profil nördlich vom Rummelloch mit den Stationen E 1—E 5. Auf jeder Station wurde eine Mischprobe der oberen 30 cm dem Sediment entnommen und der Gehalt an Schlick, Schluff und Feindsand festgestellt. Gleichzeitig wurden auf derselben Station zwei biologische Analysen ausgeführt, die sich stets fast glichen. Die Ergebnisse in Abb. 12 zeigen den erwarteten Umschlag von Feinsand zu Schlick auf den Stationen E 3 und E 4. Das Vorkommen von je einer Pfeffermuschel auf den Stationen E 1 und E 2 scheint ein Widerspruch zu sein. Aus der Tafel V haben wir aber gefolgert, daß eine *Scrobicularia* noch keinen diagnostischen Wert besitzt. In der Nähe von *Scrobicularia*-Siedlungen ist es durchaus möglich, daß ein Tier in dem Randgebiet eine Lebensmöglichkeit findet. Dieses Beispiel zeigt, daß das Bonitieren nach der biologischen Methode nicht nach einem starren Schema vorgenommen werden darf. Es ist unmöglich, sich auf Grund einiger weniger biologischer Analysen ein Bild von der Sedimentzusammensetzung zu machen. Einmal muß man die Ausdehnung des zu bonitierenden Standortes kennen, denn danach richtet sich die Anzahl der anzusetzenden Analysen; zum andern muß man sich über die Besiedlung der Randgebiete unterrichten, weil von dort immer einige sedimentfremde Tiere eingeschwemmt werden können.

Ein zweites Profil wurde vor Ockholm gelegt, um den Uebergang vom Schlick in den Schluff zu erfassen. Die Stationen D 1—D 10 liegen in kurzen Abständen, damit man sich von der einheitlichen Besiedlung überzeugen kann.

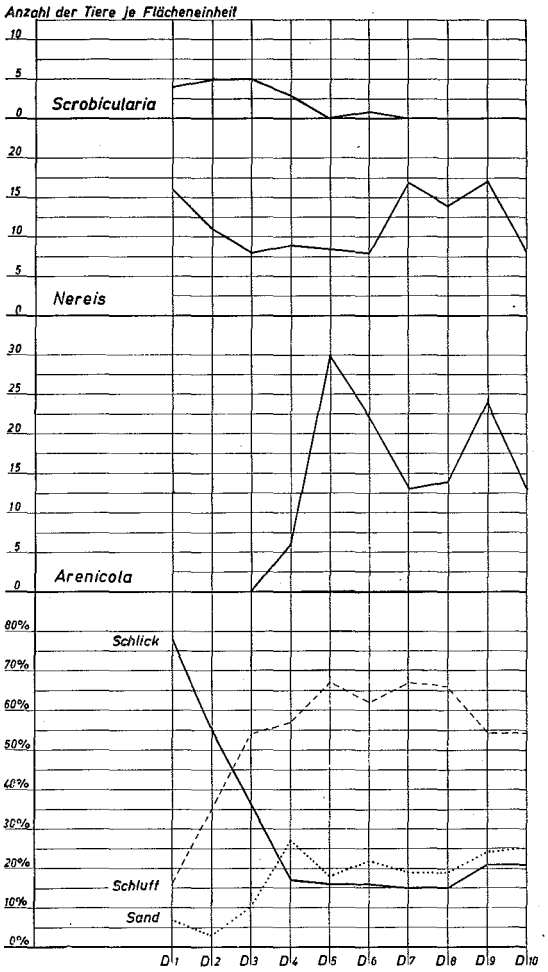


Abb. 13. Biologisches und bodenkundliches Profil vom Ockholmer Watt.

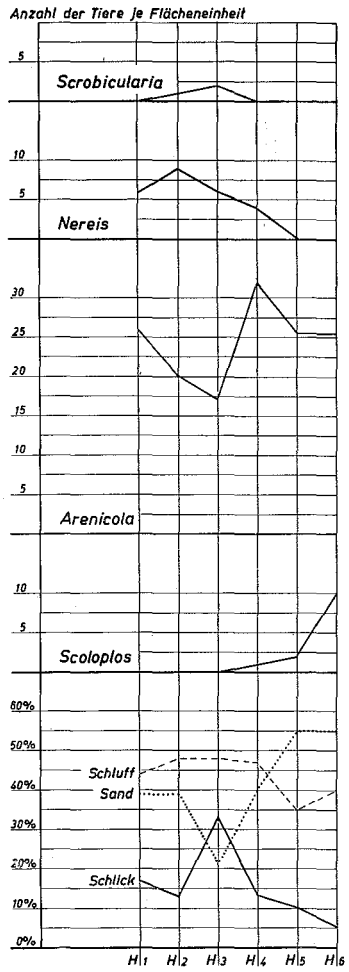


Abb. 14. Biologisches und bodenkundlisches Profil von Sönke-Nissen-Koog-Watt.

Die Abb. 13 enthält die Werte in der gleichen Weise angeordnet wie das soeben besprochene Profil nördlich vom Rummelloch. Bei Station D 4 erfolgt der Umschlag von Schlick zu Schluff in der Sedimentzusammensetzung, bei Station D 5 verschwindet *Scrobicularia* und die *Arenicola*-Besiedlung setzt ein, während *Nereis* auf allen Stationen siedelt.

Ebenso scharf trennt sich die Schluffgruppe von der Feinsandgruppe beim Uebergang vom Schluff zum Feinsand, wie das Profil vor dem Sönke-Nissen-Koog erkennen läßt (Abb. 14). Von den Stationen H 1—H 6 liegen die beiden ersten im Schluff mit *Arenicola-* und *Nereis*-Besiedlung. Station H 3 wurde auf den schmalen Rand eines kleinen Priels gelegt, der ein nur 2—3 m

Typische Arten und ihre Sedimente (Zusammenstellung aus dem Schrifttum).

Verfasser	im reinen Sandwatt	im schluff- oder tonhaltigen Sandwatt	im Schlickwatt
MORTENSEN 1921	I. überflutete flache Sandflächen mit *Arenicola-Cardium*-Coenose II. höhere Sandwattgebiete mit *Corophium-Pygospio*-Coenose		
HAGMEIER u. KÄNDLER 1927	I. Sand locker: *Arenicola marina* und *Ophelia limacina* II. Sand fester: *Macoma baltica, Scoloplos armiger, Arenicola marina*	Sand feinkörnig: *Arenicola marina, Mya arenaria, Cardium edule*	Schlickhaltiges Sediment mit *Zostera nana* und *Scrobicularia piperata*
THAMDRUP 1935	I. äußeres tieferes Sandwatt mit *Arenicola, Cardium, Macoma*-Zone II. inneres höheres Sandwatt mit *Hydrobia, Pygospio, Corophium*-Zone		
WOHLENBERG 1937	I. a) Sand fest, geringer Wassergehalt mit *Arenicola* (jung), *Clitellio arenarius, Pygospio elegans* b) Sand locker, wasserübersättigt mit *Arenicola* (alt), *Scoloplos armiger, Nephthys homb., Cardium edule, Tellina tenuis* II. Sand fest, unter MNW-Linie mit *Mya truncata, Amphitrite johnstoni, Lanice conchilega* u. a. III. Strömungssand, porös, mit *Ophelia cluthensis, Scolecolepis squamata, Clitellio arenarius* u. a.		I. Fossiler Schlick mit *Polydora ligni, Barnea candida, Corophium volutator* II. Mudd-Watt mit *Peloscolex benedeni, Capitella capitata, Colobranchus ciliatus* III. Schlick mit Sand mit *Heteromastus filiformis, Corophium volutator, Nereis diversicolor, Macoma baltica,* dazu z. T. *Lineus ruber, Ampharete grubei, Scrobicularia plana.*

Verfasser	im reinen Sandwatt	im schluff- oder tonhaltigen Sandwatt	im Schlickwatt
LINKE 1939	reiner Feinsand besiedelt von *Scoloplos*-Variation mit den Leitformen: *Scoloplos armiger, Arenicola marina, Bathyporeia robertsoni, Bodotria scorpioides, Tanaissus lilljeborgi*	Sediment ± schlickhaltig u. bindig, besiedelt von *Pygospio*-Variation mit den Leitformen: *Pygospio elegans, Arenicola marina, Cardium edule*	Sediment schlickhaltig und bindig, besiedelt von der *Scrobicularia*-Variation mit den Leitformen: *Scrobicularia plana, Mya arenaria, Hydrobia ulvae, Nereis diversicolor*
REMANE 1940	A durchspülte Sande und Kiese I. *Otoplanen*-Zone II. *Bathyporeia-Haustorius*-Zone B detritushaltige Feinsande I. *Corophium-Pygospio*-Zone II. *Arenicola-Cardium*-Zone		Küstennahe Weichböden: I. *Vanetreria*-Polster-Gebiet, II. *Scrobicularia*-Zone, III. *Peloscolex, Capitella-Colobranchus*-Region
PLATH 1942	Feinsande, enthaltend: Feinsandfraktion: 40—100 %, Schlufffraktion: 0—65 %, Schlickfraktion: 0—25 % Sedimenttypische Arten: *Scoloplos armiger, Arenicola marina* u. *Bathyporeia robertsoni*	Schluff, enthaltend: Feinsandfraktion: 0— 45 % Schluffraktion: 0—100 % Schlickfraktion: 0— 60 % Sedimenttypische Arten: *Arenicola marina, Nereis diversicolor*	Schlick, enthaltend: Feinsandfraktion 0— 40 % Schluffraktion: 0— 75 % Schlickfraktion: 25—100 % Sedimenttypische Arten: *Nereis diversicolor, Scrobicularia plana*
KÖNIG 1942	Nasser Sand von ziemlich ruhiger Lagerung: *Arenicola;* lockerer reiner Sand, gut durchlüftet: *Arenicola,* ferner *Scoloplos, Bathyporeia, Magelona*	Schluff (Mehlsand), vorwiegend Feinsand: *Lanile conchilega,* *Cardium edule* (zum Teil), *Hydrobia ulvae* (zum Teil)	Schlick und sandiger Schlick *Scrobicularia plana, Heteromastus filiformis, Nereis diversicolor, Mya arenaria* (Sediment oft fester gelagert)

breites, schlickhaltiges Ufer hatte. Die Kurve für den Schlickgehalt geht hier sprunghaft in die Höhe auf Kosten des Feinsandgehaltes, die Schluffanteile bleiben die gleichen wie auf den Stationen H 1 und H 2. Daher ist es erklärlich, daß hier auf eng begrenztem Raum neben der typischen Schluffauna die schlickliebende Pfeffermuschel auftritt. Die Lage der Station H 3 im Dreieck der transparenten Tafel IX zeigt deutlich an, daß dieses Sediment an der Grenze zwischen Schlick und Schluff steht. Die nächste Station H 4 liegt auf der andern Seite des Priels am Rande der Schlufffläche. Korngrößenzusammensetzung und biologischer Bestand sind charakteristisch für den Schluff. Das angrenzende Sandgebiet kündigt sich aber durch das Vorhandensein eines Exemplares von *Scoloplos armiger* an. Auf Station H 5 ist dann auch die Fraktion für Feinsand die stärkste und neben *Arenicola* wurde *Scoloplos* gefunden, *Nereis* fehlt dagegen vollständig. Station H 6 liegt im ausgesprochenen Feinsand und wird von der typischen Feinsandgruppe besiedelt.

Die Befunde auf den Profilen stimmen mit den Dreiecksergebnissen überein. Es ist also gut möglich, unter Zuhilfenahme der drei sedimenttypischen Tiergruppen die Sedimente im nordfriesischen Watt allein nach dem biologischen Bestand dem Schlick, dem Schluff oder dem Feinsand zuzuordnen.

Mit dieser biologischen Methode der Sedimentbonitierung wurde 1937 das gesamte nordfriesische Watt zwischen Eiderstedt und dem Hindenburgdamm kartiert. Die Ergebnisse dieser Kartierung, die von vornherein als Uebersichtskartierung angelegt war, werden im nächsten Abschnitt behandelt.

Ehe wir uns dem praktischen Ergebnis der biologischen Uebersichtskartierung zuwenden, soll ein Vergleich mit früheren tiersoziologischen Untersuchungen im Watt zeigen, daß obige Ergebnisse im Einklang mit den Angaben von MORTENSEN, HAGMEIER und KÄNDLER, THAMDRUP, WOHLENBERG, LINKE und REMANE stehen. (Anmerkung der Schriftwaltung: Die Ergebnisse der Arbeit von Dr. KÖNIG wurden nachträglich eingefügt.) Die Zusammenstellung auf S. 34 u. 35 berücksichtigt aus den genannten Arbeiten nur die Angaben über die Zusammenhänge, die zwischen den Eigenschaften der Wattsedimente und ihrer Besiedlung durch die Makrofauna bestehen.

V. Die biologische Uebersichtskartierung des nordfriesischen Wattenmeeres.

Die biologische Uebersichtskartierung der nordfriesischen Watten zwischen Sylt und Eiderstedt wurde 1937 in den Monaten Mai bis September durchgeführt. Die Staatl. Forschungsstelle Westküste stellte mit den Verhältnissen im Watt vertraute Techniker sowie Fahrzeuge und Kartenmaterial zur Verfügung. Von einer Wohnschute aus, die auf den zu untersuchenden Wattflächen bei ablaufendem Wasser „trockenfiel", wurden die Begehungen des Watts ausgeführt. Die Stationen der biologischen Bestandsaufnahme, im ganzen etwa 1200, lagen durchschnittlich 1000 m auseinander. Jede Station

wurde von festgelegten Standlinien aus mit dem Teodolith eingemessen und kartenmäßig festgelegt. Das gesamte Arbeitsgebiet umfaßt eine Fläche von etwa 1000 Quadratkilometer. Davon fallen bei Niedrigwasser rund 650 Quadratkilometer trocken, von denen 515 Quadratkilometer vom Verfasser kartiert wurden (vgl. Aufsätze von IWERSEN und OSTENDORFF in diesem Heft).

a) Verteilung der sedimenttypischen Tiergruppen im Untersuchungsgebiet.

Die Feinsandgruppe nimmt den größten Teil der nordfriesischen Watten ein. Sie ist quantitativ und qualitativ sehr unregelmäßig ausgeprägt. Die großen Sände an der Süderaue und Norderaue, sowie zwischen Föhr, Amrum und Sylt werden alle von den Tieren der Feinsandgruppe besiedelt. Dagegen kommt diese Gruppe auf den Sänden zu beiden Seiten der Norderhever in einer Zusammensetzung vor, die für diesen Raum charakteristisch ist. Auf der Sandmitte, die meistens sehr geschützt oder hoch liegt, siedelt von den Tieren der Feinsandgruppe nur *Arenicola marina.* Ebenso regelmäßig wie der Sandwurm lebt dort *Cardium* oder *Hydrobia. Scoloplos* kommt dagegen nur einzeln und sehr zerstreut oder gar nicht vor. Auf den Randgebieten der Sände an der Norderhever wurde neben *Arenicola* wieder *Scoloplos* in normaler Siedlungsdichte gefunden, dazu kommen fleckenweise *Urothoë* und *Batyporeia.* Die Erklärung kann einmal in der Kotproduktion der Herzmuscheln und Wattschnecken zu suchen sein. In den Rippeltälern der Sandmitte findet sich fast immer ein dunkles Sediment, das oberflächlich nur aus Kotperlen besteht. Durch die Bewegung der Rippeln werden die Kotperlen zerrieben und geben der Oberflächenschicht eine geringe schlickige Beimengung. Diese genügt anscheinend, um die Besiedlung durch *Scoloplos* einzuengen. Zum anderen scheint das Sediment der Sandmitte fester gelagert zu sein als das Sediment an den Rändern. Die Oxydationsschicht auf der Sandmitte ist durchweg dünn. Diese Tatsache deutet auf eine durch Wasserkraft wenig bewegte Oberfläche hin. Die hier gefundene geringe Siedlungsdichte von *Scoloplos* entspricht etwa den Angaben LINKES über die *Pygospio*-Variation *(Arenicola*-Siedlung). Praktisch gesehen unterscheiden sich die Sedimente an den Rändern und auf der Mitte eines solchen Sandes in ihrer Korngrößenzusammensetzung nicht.

Der Feinsand bedeckt im nordfriesischen Wattenmeer eine Fläche von 350 Quadratkilometern.

Die Vertreter der Schluffgruppe sind *Arenicola* und *Nereis.* Die Gruppe wurde von den Landgewinnungswerken (auch Lahnungen genannt) längs der Küste von Nordstrand bis Horsbüll angetroffen. Die Breite dieses Schluffstreifens beträgt 1—3 km. Ferner liegen zwei große Schluffgebiete von je 1 km Breite nördlich von Langeneß und westlich vom Olander Damm. Nördlich von Langeneß ist die Schluffgruppe weniger charakteristisch ausgeprägt, weil hier in 5—10 cm Tiefe ein Kleihorizont ansteht. Dieser verhindert eine typische Ausbreitung vor allem von *Arenicola* (siehe Seite 24).

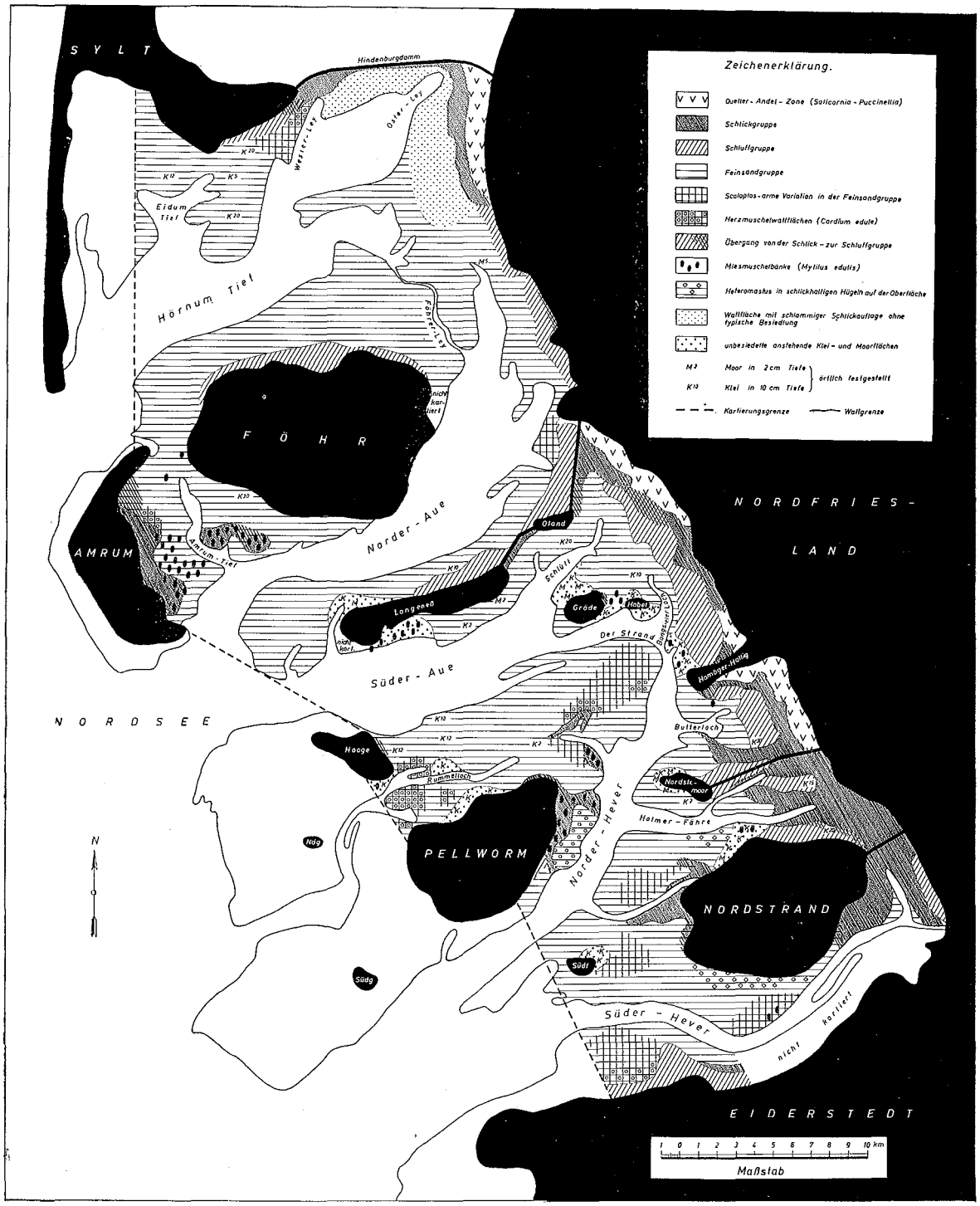


Abb. 15. Das Ergebnis der biologischen Uebersichtskartierung im nordfriesischen Wattenmeer.

Die Schluffgruppe besiedelt im nordfriesischen Watt eine Fläche von 65 Quadratkilometern.

Die Schlickgruppe wird gebildet durch *Nereis diversicolor* und *Scrobicularia plana.* Ausgedehnte Bänke von *Mytilus edulis* können mit den Arten dieser Gruppe vergesellschaftet sein. Die Schlickgruppe besiedelt den Raum innerhalb der Landgewinnungswerke bis an die Quellergrenze von Nordstrand bis Dagebüll und von Horsbüll bis an den Hindenburgdamm. Ferner wird die Fläche zwischen Nordstrand und dem Festland von dieser Gruppe bewohnt. Auch ostwärts von Amrum und Pellworm lebt sie auf großen Gebieten, sowie nördlich des Rummellochs auf der Pellwormer Plate.

Zwischen Eiderstedt und Sylt werden 85 Quadratkilometer von der Schlickgruppe besiedelt.

Zwischen den Wattflächen, die von einer der drei Gruppen besiedelt werden, gibt es natürlich Uebergangsgebiete, die keine charakteristische Besiedlung haben. Diese Gebiete nehmen im ganzen Arbeitsgebiet einen Gesamtraum von 15 Quadratkilometern ein. Der Uebergang von der Schluffgruppe zur Feinsandgruppe wird durch ein gleichzeitiges Vorkommen von *Arenicola marina, Nereis diversicolor* und *Scoloplos armiger* angezeigt. Bei dem Uebergang vom Schluff in den Schlick treten *Arenicola, Nereis* und *Scrobicularia* nebeneinander auf. Das erste Anzeichen einer Ueberlagerung eines Sedimentes mit jungem Schlick ist das Auftreten von kleinen schlickigen Hügeln, die meist *Heteromastus* beherbergen. Solche Hügel wurden z. B. südlich von Nordstrand beobachtet.

b) Die Zonierung der Sedimente.

(Erläuterungen zur Karte Abb. 15.)

Der Verteilung von Schlick, Schluff und Feinsand im nordfriesischen Wattenmeer liegt eine bestimmte Zonierung der Sedimente zu Grunde. Das Kartenbild (Abb. 15) zeigt, daß im allgemeinen die Sedimente von der Verlandungszone an der Festlandsküste gegen die großen Wattströme hin immer gröber werden. Drei Zonen mit verschiedener Beschaffenheit des Sedimentes können unterschieden werden:

1. die Schlickzone innerhalb der Lahnungen bis zur Quellergrenze,
2. die Schluffzone vor den Lahnungen,
3. die Feinsandzone, die bis an die Wattströme reicht.

Längs der Küste von Husum bis Dagebüll zieht sich eine Schlickzone, die nur in dem Gebiet ostwärts von Nordstrandischmoor sowie zwischen Nordstrand und der Festlandsküste über den Bereich der Lahnungen wesentlich hinausgeht. Oestlich vom Schlütt, einem Ausläufer der Süderaue, wird

diese Schlickzone unterbrochen. Die Wassermengen, die die Sinkstoffe in diese Zone transportieren, stammen hauptsächlich aus der Norderhever. Ihre fingerförmigen Zweige wie Fuhle Schlot, Holmer Fähre und Butterloch reichen bis nahe an die Küste heran, lagern an ihren Ufern schlickige Sedimente ab und verbreitern so die Schlickzone an den Prielrändern entlang nach Westen.

Westlich von der Schlickzone befindet sich eine Schluffzone, die bis nach Dagebüll verläuft. Der Schluff wird langsam von Osten her überschlickt. Nach dem heutigen Bild von der Verteilung der Sedimente ist anzunehmen, daß zwischen Nordstrand und der Hamburger Hallig der Ueberschlickungsvorgang der Schluffzone außerhalb der Lahnungen zum Stillstand gekommen ist. Im Norden der Hamburger Hallig sowie auch nördlich vom Elisabeth-Sophien-Koog auf Nordstrand steht ein mit Miesmuschelbänken besetzter, sonst aber unbesiedelter Kleihorizont in —0,3 bis —0,1 m NN an, der auf abtragende Kräfte des Wassers schließen läßt. Auch die Westspitze von Nordstrandischmoor wird von einer Moorzone bei 0,0 m NN umlagert. Zwischen diesen drei Stellen befindet sich eine dem Schluff vorgelagerte Feinsandzone, die sich nach Norden bis Oland erstreckt. Die Ablagerung der schlickhaltigen Sedimente in dem Einflußgebiet der Norderhever geschieht unter dem Schutz der Insel Pellworm und der nach Norden anschließenden Pellwormer Plate, welche die angreifende Wirkung des Wassers von Westen her abstoppen. Im Einflußgebiet der Norderhever herrschen also in der Hauptsache Sedimentationsverhältnisse, die eine Bildung von Schlickflächen begünstigen. Darauf ist wohl auch die an *Scoloplos* arme Variation der Feinsandgruppe auf den wenig bewegten Sänden an der Norderhever zurückzuführen.

Die Schlickbildung im Gebiet der nach Westen zu offenen Süderaue ist erheblich geringer als im Gebiet der Norderhever. Lediglich nördlich des Bongsieler Lochs und in dem Winkel, der vom Damm nach Oland und der Festlandsküste gebildet wird, sind größere Schlickgebiete entstanden. Von hier aus wird der südlich vorgelagerte Schluff überschlickt. Dieser Ueberschlickungsvorgang wird durch die Ausbildung eines Herzmuschelwattes und durch eine typische Uebergangsbesiedlung angezeigt. Im übrigen Einflußgebiet der Süderaue steht überall Feinsand oder in der Umgebung der Halligen ein freigespülter Kleihorizont an. So tritt an der Süd- und Westseite des Wattes um Gröde und Habel sowie am Südufer des Schlütts der Kleihorizont auf weite Strecken zu Tage. Im Norden von Gröde trägt er noch eine Moordecke, in der die Bohrmuschel *Petricola pholadiformis* vorkommt. Der Wasserstrom geht in breiter Front zwischen den Halligen Gröde und Habel hindurch über den Rocheley-Sand zum Bongsieler Loch hin. Hier wird eine große Fläche von Miesmuschelbänken besiedelt, die etwas Schlick festhalten. Der südliche Teil des Rocheley-Sandes weist eine gestörte Oberfläche mit Abtragspuren, freigespülten *Mya*-Schalen in Lebensstellung und abge-

storbenen Seegraswurzeln, auf; ein Zeichen, daß hier das Sediment vom Wasser angegriffen wird. Auch südlich von Langeneß stehen weite Moor- und Kleiflächen an, die teils mit Miesmuscheln besiedelt, teils von einer dünnen Feinsandschicht bedeckt sind. Zur Süderaue hin schließen sich hier Feinsandflächen an, die in typischer Weise von *Arenicola* und *Scoloplos* bewohnt werden.

Die Wasserkräfte der Süderaue und der Norderhever haben die Sedimente der Pellwormer Plate gestaltet. Oestlich von Hooge steht unter einer dünnen Feinsanddecke ein Kleihorizont an (siehe Seite 17). Zwischen Hooge und Pellworm verbreitert sich der von Westen kommende enge Zufluß des Rummelloches erheblich. Es dehnen sich hier bei den günstigen Nahrungsbedingungen große *Cardium*-Watten aus, welche die Sände im Rummelloch zum Teil mit dem typischen, dunkelbraunen, wasserhaltigen, an Kotstoffen reichen Sediment bedecken. Diese lockeren *Cardium*-Sedimente stellen Sinkstoffspeicher dar, die leicht der Zerstörung und Verfrachtung anheim fallen können, wenn sie wie hier an größeren Prielen liegen. Weiter nordöstlich hat die Süderaue den bis + 0,75 m NN hohen Sand des Hoogewatts aufgeschüttet, in dessen Schutz sich Schlick- und *Cardium*-Wattflächen gebildet haben. Oestlich von Pellworm hat sich im Schutz der Insel zwischen den dort weit ausgebreiteten Miesmuschelbänken eine Schlickzone abgelagert, vor die sich zur Norderhever hin ein *Cardium*-Watt schiebt. In diesem Falle wirkt die Norderhever also auch nach Westen schlickbildend. Das Einflußgebiet der Süderhever ähnelt dem der Norderhever. Südlich des Dammes nach Nordstrand dehnt sich ein weites Schlickwatt aus. Auf den Sänden zwischen Eiderstedt und Nordstrand lebt die an *Scoloplos* arme Variation der Feinsandgruppe. Kleine *Cardium*-Wattflächen und auf dem Feinsand gelagerte schlickhaltige Hügel mit *Heteromastus*, die in diesem Gebiet gefunden wurden, deuten auf ein an Sinkstoffen reiches Wasser der Hever hin.

Auch in dem Raum zwischen Langeneß und Sylt ist eine Zonierung der Sedimente festzustellen. Fast an der gesamten Küste fehlt hier die Schlickzone. Dafür grenzt die Schluffzone direkt an das über MHW liegende Vorland an. Nördlich von Langeneß und Oland, von Dagebüll bis Horsbüll, nördlich von Föhr und südlich von Morsum auf Sylt, überall zieht sich die Schluffzone mit ihrer typischen Besiedlung an der Küste entlang. Zum Wasser hin schließt sich an diese Schluffzone die Feinsandzone an, die in diesem Gebiet die weitaus größte Fläche einnimmt. Der Schweinsrücken, der Liinsand, die Föhrer Schulter, der Steenack und der Horsbüllsteert werden alle von der Feinsandgruppe in ausgeprägtester Form besiedelt. Nahe der NW-Linie wurden auf diesen Sänden *Scolecolepis squamata* und *Tellina tenuis* gefunden. In dem nördlich von Langeneß gelegenen Watt treten nur an zwei Stellen größere Schlickgebiete auf, östlich von Amrum und südlich vom Hin-

denburgdamm. Auf den Schlickflächen bei Amrum befinden sich ausgedehnte Miesmuschelbänke, deren im Sediment vergrabene Teile an einigen Stellen starken Schwefelwasserstoffgeruch ausströmen.

Das Besiedlungsbild des Wattes zwischen Horsbüll und dem Hindenburgdamm hat einen biologischen Bestand, der nur zum Teil in eine der vier sedimenttypischen Gruppen eingeordnet werden kann. Innerhalb der Lahnungen ist Schlick abgelagert, der charakteristisch besiedelt ist. Vor den Lahnungen bedeckt ein dunkelbraunes, schlickiges und wasserhaltiges Sediment die Wattoberfläche, das einen sehr unfertigen und unbeständigen Eindruck macht und zum großen Teil aus Kotperlen besteht. Es gleicht dem Oberflächensediment eines *Cardium*-Wattes. Die Schicht ist 5—20 cm dick und lagert auf einem Sediment, das ehemals von *Arenicola* besiedelt wurde, wie noch Reste erkennen lassen. Daß der Sandwurm hier noch vor einigen Jahren in großen Mengen gelebt hat, wurde mir von Kennern dieser Wattflächen bestätigt. *Nereis diversicolor, Macoma baltica* und *Hydrobia ulvae* sind die Arten, die heute hier weiträumig vorkommen. Im Süden gegen das dort angrenzende Feinsandwatt hin, tritt sehr vereinzelt *Scoloplos armiger* auf. Im ganzen gesehen entsteht der Eindruck, daß hier vor den Lahnungen der an sich normal besiedelte Schluff oder Sand von der Oberflächenschicht schnell und dick überlagert wurde. Daraufhin sind der Sandwurm und die anderen Arten der Sandgruppe verschwunden. Es ist anzunehmen, daß der Hindenburgdamm die Ablagerung dieser Oberflächenschicht begünstigt, wenn nicht gar verursacht hat.

Rückblickend zeigt sich also, daß es mit Hilfe der eingehenden biologischen Kartierung eines größeren zusammenhängenden Wattgebietes, wie es die Pellwormer Plate darstellt, möglich ist, eindeutige Beziehungen zwischen biologischem Bestand einerseits und der Zusammensetzung der Wohnsedimente andererseits nachzuweisen. Wir sind ferner in der Lage, den biologischen Befund mit Hilfe einer besonderen graphischen Darstellungsweise für die Kennzeichnung der bodenmäßigen Standortseigenschaften direkt zu verwenden und — wie die Ausdehnung des Einschätzungsverfahrens über das gesamte nordfriesische Wattenmeer zeigt — allgemein gültige Gesetzmäßigkeiten zahlenmäßig festzulegen. Die in der vorliegenden Arbeit angeführten Ergebnisse gehen auf etwa 1200 biologische Standortsanalysen zurück. Diese haben die Grundlage für die weitere Entwicklung und für die praktische Anwendung der biologischen Bonitierungsmethode gebildet.

Zusammenfassung.

1. Unter den Eigenschaften der Watten bildet die Korngrößenzusammensetzung den Faktor, der beim Uebergang vom anstehenden Wattsediment zum ackerfähigen Boden durchweg erhalten bleibt. Die Kenntnis dieses Faktors ist darum unumgänglich notwendig für die planende Landgewinnung.

2. Jeder Bewohner des Sedimentes hat irgendeinen Einfluß auf die Zusammensetzung desselben, sei es durch Bau von Wohnröhren, sei es durch seinen Nahrungsumsatz.

3. Die Abhängigkeit verschiedener im Watt lebender Tiere von ihren Wohnsedimenten wurde schon früher erkannt und insbesondere von WOHLENBERG in den Dienst der Landgewinnungsarbeiten an der Westküste Schleswig-Holsteins gestellt.

4. An verschiedenen Standorten des nordfriesischen Wattes wurden die Korngrößenzusammensetzungen der Sedimente nach KÖHN und zugleich der biologische Bestand nach WOHLENBERG festgestellt und mittels einer Dreiecksaufzeichnung zueinander in Beziehung gebracht.

5. Von den drei Fraktionen: Feinsand, Schluff und Schlick wurden folgende Tiere als abhängig erkannt:

I. Schlickgruppe	*Scrobicularia plana*	(schlickliebend)
II. Schluffgruppe	*Nereis diversicolor*	(sandfeindlich)
III. Feinsandgruppe	*Arenicola marina*	(schlickfeindlich)
	Scoloplos armiger	(sandliebend)

6. An Hand von Profilen durch Uebergangsgebiete (Abb. 11—14) wurde die Sedimentabhängigkeit der Gruppen I—III bestätigt.

7. 1936 wurde die Pellwormer Plate biologisch kartiert. Dabei wurde festgestellt, daß die biologische Standortanalyse als durchaus selbständiges Verfahren zur sicheren Charakterisierung und Einschätzung der Wattsedimente herangezogen werden kann. Das durch eingehende Standortsuntersuchungen gewonnene umfangreiche Zahlenmaterial führte durch Anwendung einer besonderen graphischen Darstellung zu einer wesentlichen Vertiefung unserer bisherigen Kenntnisse über die Wechselbeziehungen zwischen Tierbesiedlung und Wattboden und gestattete erstmalig die Festlegung bestimmter, durch die Zahl festlegbarer, allgemeingültiger Regeln.

8. 1937 fand dieses Verfahren seine praktische Anwendung im großen. Der biologische Bestand der Sedimente des gesamten nordfriesischen Wattes zwischen Eiderstedt und Sylt wurde durch eine Uebersichtskartierung festgestellt. Auf Grund von etwa 1200 Analysen wurde eine Karte der Sedimentverteilung in diesem Raum allein nach den Ergebnissen der biologischen Bestandsaufnahme gezeichnet (vgl. Karte Abb. 15).

9. Als Ergebnis dieser biologischen Kartierung wurde eine Verteilung der Sedimente in folgende Zonen gefunden: Die küstennahe Schlickzone (85 Quadratkilometer), die westlich davor gelegene Schluffzone (65 Quadratkilometer) und die bis zur MNW-Linie reichende Feinsandzone (350 Quadratkilometer).

Liste der gefundenen Tiere.

	Stecher-grundfläche	Verhältnis zum Wohnsediment	Verbreitung in der Gezeitenzone
I. Würmer			
Lepidonotus squamatus L.	1/20 m²	im Feinsand	nicht allgemein
Gattyana cirrosa Pall.	„	—	sehr selten
Eteone spec.	„	—	nicht allgemein
Phyllodoce maculata L.	„	—	nicht allgemein
Nereis diversicolor Müll.	„	sandfeindlich	allgemein
Nephthys hombergii Ehl.	„	—	allgemein
Scoloplos armiger Müll.	„	sandliebend	allgemein
Pygospio elegans Clap.	1/400 m²	am meisten im Schluff	allgemein
Polydora ligni Welster	—	—	selten
Scoleolepis squamata Söderstr.	1/20 m²	sandliebend	selten
Scolelepis foliosa Söderstr.	„	—	sehr selten
Magelona papillicornis Müll.	„	sandliebend	sehr selten
Heteromastus filiformis Clap.	„	im Schlick u. Schluff	allgemein
Arenicola marina L.	m²	schlickfeindlich	allgemein
Lanice conchilega Pall.	1/20 m²	im Feinsand	nicht allgemein
Peloscolex benedeni, Udek.	1/400 m²	—	nicht allgemein
Pectinaria coreni Malmgr.	1/20 m²	—	sehr selten
II. Muscheln			
Mytilus edulis L.	—	—	allgemein
Macoma baltica L.	1/20 m²	am meisten im Schluff	häufig
Tellina tenuis da Costa	„	—	selten
Scrobicularia plana da Costa	„	schlickliebend	allgemein
Cardium edule L.	„	—	häufig
Mya arenaria L.	m²	—	nicht allgemein
III. Schnecken			
Litorina litorea L.	1/20 m²	—	allgemein
Hydrobia ulvae Pennant	1/400 m²	—	häufig
Buccinum undatum L.	—	—	angespült
Nassa reticulata L.	1/20 m²	in schlickh. Sediment	sehr selten
IV. Krebse			
Corophium volutator Pall.	1/400 m²	—	allgemein
Urothoë poseidonis Reib.	1/20 m²	sandliebend	selten
Batyporeia robertsoni Bate	„	sandliebend	nicht allgemein
Idothea tricuspidata Desm.	—	—	allgemein
Balanus balanoides Darw.	—	—	allgemein
Talitrus saltator Mont.	—	—	nicht allgemein
Gammarus locusta L.	1/20 m²	—	allgemein
Carcinus maenas L.	—	—	allgemein

Stationlisten für Dreiecke (Tafel I-X) und Profile (Abb. 11-14)

Stationsliste I. Tabelle 1.

Nr.	Mittelsand	Feinsand	Mehlsand	Staub	Ton	Ar.	Sp.	Ur.	Bath.	Cd.	Mc.	Ne.	Hm.	Scb.	Cor.	Hydr.	Neph.	Pyg.
B 1		24,0	50,0	12,0	14,0					4			15	2 kl.				1
B 2		88,8	6,7	1,3	3,2	17					1		3 kl.					
B 3		39,0	57,0	1,0	3,0	30					1							
B 4		6,3	80,0	7 8	5,9						1							
C 1	3,2	81,6	12,6	0,6	2,0	1	5				1		1					
C 2	5,0	89,4	3,8	0,5	1,3	11	6		2	1								
C 3	2,6	80,8	5,3	2,7	8,0	9	2				1							
C 5	0,6	43,1	51,2	3,2	1,9	15	2	3									2	7
C 6	0,5	29,3	55,0	6,5	8,7	25	5	1			1							2
C 7	0,3	37,9	39,8	8,6	13,4	20	4	1			3						+	3
C 8	0,3	47,0	40,1	6,5	6,1	12	3				3	+			2	16		1
C 9	0,4	40,4	39,3	10,1	9,8	7	1				1	1	2 kl.	2	+			4
C 10	1,0	20,2	40,5	19,7	18,6	5					3	1	1	5	2			4
C 11	1,3	37,3	37,0	11,1	13,3	3					6	2	2	5				7
C 12	1,5	17,7	46,9	18,4	15,5						4	13	12	4				8
C 13	—	9,0	26,4	33,6	31,0	4				2	10	2	8	10		30		
C 14	—	11,5	19,2	35,5	33,8	8				20	6		5	6		85	5	2
C 15	—	17,9	17,5	34,6	30,0	11				29	5	2		4		230	3	4
C 16	—	18,8	18,0	36,6	26,6	10				5	1		+		2	160		3
C 17	1,9	75,0	13,3	4,0	5,8	8	1			3	5	+			2	60		14
C 18	3,0	78,4	13,2	2,3	3,1	19	2			6	10	4	2		8	20		8
C 19	0,6	84,4	10,1	2,9	2,0	13	4	1		2	4				8	20		8
C 20	0,4	83,8	13,5	0,9	1,4	14	33	4		6	4				7	3	1	4
C 21	0,4	67,6	29,9	1,1	1,0	12	20	3	3	+	2				4	45	2	12
C 22	0,8	89,6	7,6	0,9	1,1	12	25	2	2		6				10	+	+	12
C 23	0,3	94,3	3,8	0,5	1,1	12	23				6				9			8
C 24	0,1	91,7	6,2	1,0	1,0	15	18	2			3				6		2	7
C 25	0,3	61,5	35,8	1,4	1,0	16	21	1		+	1	+ kl.	+ kl.		12	18	+	8
C 26	0,1	90,7	7,5	0,4	1,3	24	19	2		+	6				25	4		12
C 27	0,2	75,4	20,1	0,4	3,9	20	10		6		5	+ kl.			28	7		6
C 28	0,3	92,5	5,6	0,4	1,2	13	4				5	1			12	50		9
C 29	0,4	90,0	7,2	1,0	1,4	24	1				4		1		9	75		7
C 30	0,2	72,3	26,1	0,4	1,0	28	1		1	1	2	+ kl.	1		7	15		12
C 31	0,2	89,3	8,7	0,3	1,5	21	1		1		2		+		4	6		7
C 32	0,1	68,7	29,1	0,7	1,4	23	1		3		3		+ kl.		4	7		10

Stationsliste I. Tabelle 2.

Nr.	Mittelsand	Feinsand	Mehlsand	Staub	Ton	Ar.	Sp.	Ur.	Bath.	Cd.	Mc.	Ne.	Hm.	Scb.	Cor.	Hydr.	Neph.	Pyg.
D 1		6,7	16,0	34,2	43,6						+	16	+	4		75		
D 2		3,0	36,1	30,5	24,4						4	11	+	5				
D 3		9,9	54,4	14,8	20,9					3	5	8	4	5	3	60		2
D 4		26,6	56,8	9,7	6,9	6				5	4	9	2	3		12		3
D 5		17,5	67,4	11,2	4,9	31				3	9	2			+	135		5
D 6		21,9	62,3	9,6	6,1	22				5	9	8	2	1	+	70	+	3
D 7		18,6	66,7	8,5	6,2	13				5	10	17	1	+		4	1	1
D 8		19,2	66,0	8,5	6,4	14				12	4	14	3			7	+	4
D 9		24,3	54,2	10,3	11,2	24				7	4	17	1			9	2	4
D 10		24,5	54,2	11,7	9,8	13				8	1	8	1			4	1	3
D 11		15,5	49,5	20,2	14,8	6				7	2	22	5					3
D 12		52,5	41,5	3,4	2,5	27	+			6	4	+	1		1	+	1 kl.	36
D 13		58,1	36,7	3,3	2,0	30				3	3		+				1	8
D 14		52,9	41,4	3,1	2,8	23				4	4	1	2			3	2	4
D 15		55,5	29,2	3,0	2,3	22				1	3		1				+	7
D 16		61,8	31,8	2,9	3,0	30				1	1	+					1	7
D 17		56,0	32,1	6,6	5,3	23	2				+		1				+	5
D 18		52,5	42,0	3,5	2,9	27	1			+	3		2				2	13
D 19		42,7	45,8	6,6	4,7	26					3	3	+				1	5
D 20		38,3	54,3	5,8	2,2	5					1	4	5				1	
D 21		12,1	41,5	25,0	21,5					+	1	6	28	2				3
D 22		25,9	61,8	8,8	3,4	5	+			2	+	18	1					
D 23		36,8	51,1	7,3	4,9	29	1				2	2	1				2	5
D 24		39,6	47,5	9,6	3,3	26	1				6	+	1				2	
D 25		44,2	44,5	6,6	4,6	14	2				3		+				3	
D 26		30,4	56,7	8,1	4,6	11	3				3	+				1	3	1
D 27		48,7	42,3	3,9	2,1	29	15				2						2	5
E 1		54,3	30,7	7,9	6,7	6	3			23	9		1	1		200		
E 2		63,9	21,1	7,0	8,0	7	8			25	10		1	1		60	2	2
E 3		68,5	20,3	4,5	6,6	9	7			20	5	1		+	2	55	2	1 kl.
E 4		34,7	31,9	16,0	17,3		+			18	4	5	2	5			+	5
E 5		15,5	29,8	24,4	30,3						3	7	15	3		1		23
F 1		78,7	14,5	2,3	3,5	3	6			1	1						1	+
F 2		55,9	25,9	7,8	11,3					3	3	+	2	1				5 kl.
F 3		27,7	23,8	19,8	32,7					30	1	3	3	4		500		
F 4		28,2	31,0	18,7	22,1						4	2	5	1				

Stationsliste I. Tabelle 3.

Nr.	Mittelsand	Feinsand	Mehlsand	Staub	Ton	Ar.	Sp.	Ur.	Bath.	Cd.	Mc.	Ne.	Hm.	Scb.	Cor.	Hydr.	Neph.	Pyg.
G 1		64,9	28,5	3,5	3,1	20	6											1
G 2		53,6	43,0	0,6	2,9	16	1			2						110	1	1
G 3		69,9	26,5	1,5	2,1	15	2			4	+					140	2	
G 4		62,1	31,8	3,1	2,9	19	3			9								3
G 5		61,4	30,4	4,5	3,7	19	1			15	+						1	2
G 6		74,6	18,3	2,3	4,2	23	4		1	3	+					45	+	5
H 1		39,2	43,9	10,5	6,4	26				1	4	6	+		14	19		5
H 2		38,8	48,0	7,2	5,9	20				4	10	9	2	1	1	1	1	
H 3		20,5	47,9	17,2	15,4	17				6	3	6	2	2			1	
H 4		40,1	47,1	7,9	5,0	32	1			4	4	4	+			2	+	2
H 5		54,8	34,9	6,0	4,4	26	2			33	6	+				165	1	
H 6		54,6	40,3	3,5	1,7	26	10			13	7					77	3	2
J 1		7,8	25,8	31,8	34,6					1	1	1	5					
J 2		9,9	45,9	22,8	21,4					4	6	1	3	1				
J 3		3,8	29,4	26,8	40,0							5	4					
J 4		10,1	25,8	48,1	16,0					2	2	3	2					
J 5		9,3	38,4	26,3	26,0					1	1	+	4					
J 6		5,2	31,8	36,3	26,7						1	7	32					
J 7		16,6	39,8	21,9	21,7							4	11	8				
J 8		7,9	27,9	31,6	32,6							3	19					
J 9		23,2	53,3	12,7	10,8					1		9	14				1	
J 10		13,5	43,4	24,9	18,2						2	4	16	8	3		4	
J 11		13,5	45,4	24,4	16,7					1	2	3	5	2			3	
J 12		21,7	31,5	21,7	25,1					8	1	2	6	6			2	
J 13		21,3	34,1	16,7	27,9					2	8	5	6	3			3	

Erklärung der Abkürzungen:

Ar. = *Arenicola marina*
Sp. = *Scoloplos armiger*
Ur. = *Urothoë poseidonis*
Bath. = *Bathyporeia robertsoni*
Cd. = *Cardium edule*
Mc. = *Macoma baltica*
Ne. = *Nereis diversicolor*
Hm. = *Heteromastus filiformis*
Scb. = *Scrobicularia plana*
Cor. = *Corophium volutator*
Hydr. = *Hydrobia ulvae*
Neph. = *Nephthys hombergii*
Pyg. = *Pygospio elegans*

Stationsliste II. Tabelle 1.

Nr.	Mittelsand	Feinsand	Mehlsand	Staub	Ton	Ar.	Sp.	Ur.	Bath.	Cd.	Mc.	Ne.	Hm.	Scb.	Cor.	Hydr.	Neph.	Pyg.
A 336		73,7	21,0	2,2	3,1	20	3											
A 360		89,6	8,4	1,0	1,0	8	4			1	1							3
A 364		90,7	6,5	0,5	2,3	6	3										1	11
A 257		41,0	44,1	7,2	7,7	15	2											
A 178	4,5	60,2	17,1	7,0	11,2	27					1				4	7		2
A 167		90.0	7,4	0,2	2,4	19	5	5			1						1	
A 156	4,8	83,0	10,9	0,6	0,7	29		4			1							2
A 27		54,0	26,1	9,7	10,2	33	2			8	2							
A 1	0,9	86,6	9,8	1,3	1,4	19			1		1							
A 18 a	4,6	92,0	2,2	0,4	0,8	21	5				2	1						
A 1046		91,0	6,5	0,4	2,1	16	5				2						1	24
A 1037		92,1	5,4	0,3	2,2	16	3			2							2	
A 402		93,4	4,1	0,8	1,7	19	6	4										2
A 400		86,3	8,5	1,7	3,5	16	4			5	1							
A 973		91,9	6,3	0,3	1,5	16	4	8								11		5
A 982	81,7	11,1	3,2	1,0	3,0	11	5									40		3
A 773	84,4	14,0	0,2	0,1	1,3	13	2	6		10	3	2				50		3
A 754	76,4	21,7	0,5	0,1	1,0	11	4						1			40		3
A 947		49,9	41,5	3,4	5,2	16	1				4				9			
A 789	4,5	86,1	8,2	0,1	1,1	10	9											3
A 704	3,6	87,4	6,0	0,5	2,5	5	18		3									4
A 720		89,8	7,2	0,3	2,7	18	6	4		5	4		1			4		6
A 725		93,5	4,6	0,7	1,2	19	17	5			2				4			14
A 742	67,5	31,4	0,1	0,0	1,0	25	2		3									3
A 827		97,0	1,1	0,3	1,6	14	2	8			1					20		35
A 897		88,2	5,9	0,8	5,1	4	4											
A 918		91,2	3,3	1,5	3,8	3	3						2		9			
A 912		98,2	0,8	0,1	0,9	4	3	10	2	1					6		1	

Stationsliste II. Tabelle 2.

Nr.	Mittelsand	Feinsand	Mehlsand	Staub	Ton	Ar.	Sp.	Ur.	Bath.	Cd.	Mc.	Ne.	Hm.	Scb.	Cor.	Hydr.	Neph.	Pyg.
A 190		1,7	11,3	36,1	50,9								4	15		20		
A 109		6,5	32,6	23,7	17,2								10	4		5		
A 99		0,4	24.4	34,2	41,0							4	4	3				
A 1088		24,7	36,3	21,1	17,9						3	23	17			15		9
A 814		34,3	41,9	13,6	10,2						3	2	1	7	20 j.	20		
A 1025		5,0	32,9	30,0	32,1							6	7	3		7		3
A 319		6,5	42,3	19,3	31,9						3	4 kl.		5		40		
A 334e		0,0	28,8	30,7	40,5						2	6		3	4			17

Stationsliste II. Tabelle 3.

Nr.	Mittelsand	Feinsand	Mehlsand	Staub	Ton	Ar.	Sp.	Ur.	Bath.	Cd.	Mc.	Ne.	Hm.	Scb.	Cor.	Hydr.	Neph.	Pyg.
A 310/11	3,0	6,7	49,0	20,6	20,7	50					7	3					1	17
A 1003		15,8	46,1	18,6	19,5	20						1				7		9
A 1071		22,8	44,6	14,4	18,2	34	1				8	8	4		7			19
A 959a		20,8	63,5	8,2	7,5	20 kl.					8							
A 952		9,8	72,0	9,6	8,6	25 kl.					5	3			60	15	1	6
A 85		23,4	66,7	16,1	3,4	70				2					3			4
A 1083		13,5	65,3	12,1	9,1	10 kl.					8		4			20	2	17
A 237		36,3	47,5	8,0	8,2	10					1	2	5	2		30		1
A 235		49,7	42,4	3,8	4,1	19						3				70		

Stationsliste II. Tabelle 4.

Nr.	Mittelsand	Feinsand	Mehlsand	Staub	Ton	Ar.	Sp.	Ur.	Bath.	Cd.	Mc.	Ne.	Hm.	Scb.	Cor.	Hydr.	Neph.	Pyg.
A 175	1,5	75,8	18,0	2,4	2,3	1	4				2						1	
A 1050		91,4	6,3	0,3	2,0	7	3				2		4					6
A 371		88,7	8,8	0,5	2,0	5	7				1							
A 268/7		59,7	35,2	2,3	2,8	27	4											
A 884		70,8	14,4	4,8	10,0	17	2											
A 335 b	15, 7	53,7	22,0	0,4	2,2	23	3			1	1				3		1	
A 687		53,8	38,5	3,4	4,3	19	3	5										1

Stationsliste II. Tabelle 5.

Nr.	Mittelsand	Feinsand	Mehlsand	Staub	Ton	Ar.	Sp.	Ur.	Bath.	Cd.	Mc.	Ne.	Hm.	Scb.	Cor.	Hydr.	Neph.	Pyg.
A 129	9,7	69,0	14,7	2,4	4,2	28				3	2							2
A 9	16,4	63,9	12,5	2,1	5,1	9				1								1
A 567		85,8	11,2	1,8	1,2	13				4	3					50		3
A 569		85,1	10,2	1,3	3,4	10				17			1			260		
A 1062		91,8	5,3	0,6	2,3	14				62	3					80	2	7
A 549		87,2	9,8	0,7	2,3	16	1			10	1					7		4

Schriftenverzeichnis.

ALLEN, E. J.: The Fauna of the Salcombe Estuary. Journ. Marine Biol. Ass. Plymouth, 1900, p. 151.

ALLEN, E. J.: The Fauna of the Exe Estuary. Journ. Marine Biol. Ass. Plymouth, 1902, p. 295.

BLEGVAD, H.: Food and Conditions of Nourishment amoung the Communities of Invertebrate Animals found on or in the Sea-Bottom in Danish Waters. Rep. Danish Biol. Station, 22, 1914.

BROCKMANN, Chr.: Diatomeen und Schlick im Jade-Gebiet. Abhdl. Senckenberg. Naturf. Ges. 430, 1935.

CRAWFORD, G. J.: The Fauna of Certain Estuaries in West-England and South Wales, with special References to the *Tanaidaceen, Isopoda* and *Amphipoda.* Journ. Marine Biol. Ass. Plymouth, 21, 1937.

CRAWFORD, G. J.: Notes on the Distribution of Burrowing *Isopoda* and *Amphipoda* in Various Soils on the Sea-Bottom near Plymouth. Journ. Marine Biol. Ass. Plymouth, 21, 1937.

DAVIS, F. M.: Quantitative Studies on the Fauna of the Sea-Bottom. Fish. Investig., Ser. 2, vol. 6 1923 und vol. 8 1925.

ELMHIRST, R.: Studies on the Scottish Marine Fauna. The Crustacea of the Sandy and Muddy Areas of the Tidal Zone. Proc. Roy. Soc. Edinburgh, 51—52, 1931.

FORD, E.: Animal Communities of the Level Sea-Bottom in the Waters adjacent to Plymouth. Journ. Marine Biol. Ass. Plymouth, 13, 1923/25.

FRASER, S.: Observations on the Fauna and Constituents of an Estuarine Mud in a Polluted Area. Journ. Marine Biol. Ass. Plymouth, 18, 1932/33.

GESSNER, F.: Meer und Strand. Quelle u. Meyer, 1940, Leipzig.

GESSNER, Hermann: Die Schlämmanalyse, Leipzig 1931.

HAGMEIER, A.: Vorläufiger Bericht über die vorbereitenden Untersuchungen der Bodenfauna der deutschen Bucht mit dem Petersen Bodengreifer. Ber. deutsch. wiss. Komm. Meeresforsch. N. F. 1, 1925.

HAGMEIER, A.: Die Bodenfauna der Ostsee im April 1929. Ber. deutsch. wiss. Komm. Meeresforsch. N. F. 3, 1930.

HAGMEIER, A.: Eine Fluktuation von *Mactra subtruncata* da Costa an der ostfriesischen Meeresküste. Ber. deutsch. wiss. Komm. Meeresforsch. N. F. 5, 1930.

HAGMEIER, A. u. KÄNDLER, R.: Neue Untersuchungen im nordfriesischen Wattenmeer und auf den fiskalischen Austernbänken. Wiss. Meeresuntersuchungen Helgoland, N. F. 16, 1927.

HART, T. J.: Preliminary Notes on the Bionomies of the Amphipod *Corophium volutator* Pallas. Journ. Marine Biol. Ass. Plymouth, 16, B, 1929/30.

KÖHN, M.: Beiträge zur Praxis und Theorie der mechanischen Bodenanalyse. Landw. Jahrbuch, 67. Band, Heft 4.

LINKE, O.: Die Biota des Jadebusens. Helgoländer wiss. Meeresunters., 1, Heft 3, 1939.

PERCIVAL, E.: A Report on the Fauna of the Estuaries of the River Tamar and the River Lynher. Journ. Marine Biol. Ass. Plymouth, 16, 1929/30.

PETERSEN, C. G. J.: On the Animal Communities of the Sea-Bottom in the Skagerrak, the Christiania Fjord and the Danish Waters. Rep. Danish Biol. Station, 23, 1915.

PETERSEN, C. G. J.: A Survey of the Work done in Connection with Valuation of the Danish Waters from 1883—1917. Rep. Danish Biol. Station, 25, 1918.

PETERSEN, C. G. J. and BOYSEN JENSEN, P.: Valuation of the Sea 1, 2. 1 Rep. Danish Biol. Station 20, 1911. 2 Rep. Danish Biol. Station 21, 1914.

PIRRIE, M. E., BRUCE, J. R. and MOORE, H. B.: A Quantitative Study of the Fauna of the Sandy Beach at Port Erin. Journ. Marine Biol. Ass. Plymouth, 28, 1932.

REMANE, A.: Verteilung und Organisation der benthonischen Mikrofauna der Kieler Bucht. Wiss. Meeresunters. Kiel, 21, 1933.

REMANE, A.: Die Brackwasserfauna. Verh. Deutsch. Zool. Ges. 1934.

REMANE, A.: Die Tierwelt der Nord- und Ostsee (Grimpe Wagler). Einführung in die zoologische Ökologie der Nord- und Ostsee. 34, 1940.

SPÄRCK, R.: On the Importance of Quantitative Investigations of the Bottom Fauna in Marine Biology. Journ. Conseil Intern. Explor. Mer, 10, 1935.

STEPHEN, A. C.: Notes on the Quantitative Distribution of Molluscs and Polychaetes in Certain Intertidal Areas on the Scottish Coast. Proc. Roy. Physic. Soc. 21, 1928.

STEPHEN, A. C.: Studies on the Scottish Marine Fauna: The Fauna of the Sandy and Muddy Areas of the Tidal Zone. Trans. Roy. Soc. Edinburgh, 56/2, 1929.

STEPHEN, A. C.: Bottom Fauna and the Food of Fishes. Journ. Marine Biol. Ass. Plymouth, 16, 1929/30.

STEPHEN, A. C.: Stud. Scott. Mar. Fauna: Additional Observations on the Fauna of the Sandy and Muddy Areas of the Tidal Zone. Trans. Roy. Soc. Edinburgh, 56, 1930.

STEPHEN, A. C.: Stud. Scott. Mar. Fauna: The natural Faunistic Divisions of the North Sea as shown by the Quantitative Distribution of the Molluscs. Trans. Roy. Soc. Edinburgh, 57, 1932.

STEPHEN, A. C.: Stud. Scott. Mar. Fauna: Quantitative Distribution of the Echinoderms and the Natural Faunistic Divisions of the North Sea. Trans. Roy. Soc. Edinburgh, 57, 1933.

Strombautaschenbuch 1935: Marinewerft Wilhelmshaven.

THAMDRUP, H. M.: Beiträge zur Ökologie der Wattenfauna auf Experimenteller Grundlage. Medd. Komm. Danmarks Fiskeri Og Havundersögelser, Serie Fisk. 10, 2 1935.

TODD, R. A.: Notes on the Invertebrate Fauna and Fishfood of the Bays between the Start a. Exmouth. Journ. Marine Biol. Ass. Plymouth, 1909, P. 541.

WOHLENBERG, E.: Die grüne Insel in der Eidermündung. Archiv d. Deutschen Seewarte, 50, 1931.

WOHLENBERG, E.: Biologische Landgewinnungsarbeiten im Wattenmeer. Der Biologe 3, 1934.

WOHLENBERG, E.: Beobachtungen über das Seegras, *Zostera marina,* und seine Erkrankung im norfriesischen Wattenmeer. Nordelbingen, 11, 1935.

WOHLENBERG, E.: Biologische Forschung und Praxis an der Westküste. Jahrbuch des Heimatbundes Nordfriesland, Bd. 23, 1936.

WOHLENBERG, E.: Herzmuschel und Sandwurm im Wattenmeer und ihre wirtschaftliche Bedeutung. Zeitschr. Dithmarschen Spt./Okt. 1937.

WOHLENBERG, E.: Die Wattenmeerlebensgemeinschaften im Königshafen von Sylt. Helgoländer Wiss. Meeresunters. 1, 1937.

WOHLENBERG, E.: Die Nutzanwendung biologischer Erkenntnisse im Wattenmeer zu Gunsten der praktischen Landgewinnung an der deutschen Nordseeküste. Cons. perm. inter. p. l'expl. de la mer. Extr. d. rapports et procès-Verb. Vol. CIX 1939.

Zur bodenkundlichen Kartierung des nordfriesischen Wattengebietes

Von Jens Iwersen.

Inhalt:

Einleitung:
Ursache, Zweck und Wege der Wattkartierung 47

I. Die Durchführung der Wattkartierung.
1. Die bodenkundliche Ueberprüfung der nordfriesischen Watten nach der Methode STREMME durch Dr. OSTENDORFF 49
2. Die biologische Kartierung der oberen Wattschichten nach der Methode WOHLENBERG durch Dr. PLATH 51
3. Die bodenkundliche Erfassung wichtiger physikalisch-chemischer Eigenschaften der Wattablagerungen durch Dr. HERRMANN . . 53

II. Die vergleichende Ueberprüfung der Kartierungsergebnisse.
1. Vergleich der bodenkundlichen Ergebnisse nach OSTENDORFF mit den biologischen Ergebnissen nach PLATH 55
2. Vergleich der bodenkundlichen Ergebnisse nach OSTENDORFF mit den chemisch-physikalischen Untersuchungsergebnissen nach HERRMANN 58
3. Vergleich der biologischen Ergebnisse nach PLATH mit den chemisch-physikalischen Untersuchungsergebnissen nach HERRMANN 66

III. Zusammenfassung der Gesamtergebnisse von allen drei Untersuchungsmethoden in zahlenmäßiger und kartographischer Uebersicht 66

IV. Praktische Folgerungen für das zukünftige Verfahren der Landgewinnung 69

Einleitung.

Landgewinnung ist der beste Küstenschutz.

Diese Erkenntnis beruht auf jahrzehntelanger Erfahrung und ist die unmittelbare Veranlassung gewesen, in den Jahren 1935—39 im Rahmen des Zehnjahresplanes den gesamten Wattenraum vor der schleswigschen Westküste nach den maßgeblichen Richtungen gründlich zu erforschen. Insbesondere kam es zunächst darauf an, die zerstörenden und die aufbauenden Kräfte dieses Kampfraumes der Gezeiten möglichst erschöpfend in ihrer Dynamik zu erfassen. Die letzten Erkenntnisse über die Wirkung der beteiligten Kräfte können aber nur gewonnen werden, wenn das Objekt, auf den diese Kräfte

einwirken, in seinem Werden, seinem jetzigen Zustand und den auf Grund vorliegender Erfahrungen zu erwartenden zukünftigen Veränderungen weitgehend bekannt ist*). In folgerichtiger Ueberlegung war es daher also notwendig, die erdgeschichtlichen und bodenkundlichen Vorgänge bei der Entstehung der Watten sowie den gegebenen Zustand im Aufbau der Wattablagerungen und ihrer bodenkundlichen Eigenschaften grundlegend zu erfassen. Dabei steht dann als letzte Frage, ob es möglich ist, mehr oder weniger umfangreiche Wattgebiete in dem jetzigen Zustand einzudeichen und in eingedeichtem Zustand mit sicherem Mittelertrag landwirtschaftlich zu nutzen. Nach vorliegenden Ueberlegungen und Beobachtungen auf „unreifen" Wattflächen, die in früheren Jahrzehnten und Jahrhunderten eingedeicht sind, ist diese Frage zu verneinen, auf Grund inzwischen erarbeiteter neuzeitlicher Forschungsergebnisse jedoch zu bejahen.

Um festzustellen, ob bestimmte Wattgebiete, deren bodenkundlicher Aufbau genauer untersucht und bekannt ist und die überreichlich mit Kochsalz durchsetzt sind, überhaupt in Kulturboden umgewandelt werden und eine sichere landwirtschaftliche Nutzung bringen können, wurden in den „unreifen" Wattgebieten der im Jahre 1935 neu eingedeichten Finkhaushallig umfangreiche Anbauversuche mit den verschiedensten Kulturpflanzen unter verschiedenen Anbaumaßnahmen durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Versuche waren wider Erwarten außerordentlich günstig, so daß hieraus die notwendige Folgerung gezogen werden mußte, das Gesamtgebiet der seewärts liegenden nordfriesischen Watten in seinem Bodenaufbau und damit in seiner Eignung für die Eindeichung und landwirtschaftliche Nutzung zu untersuchen. Da die Planung der wasserbaulichen und landgewinnungstechnischen Maßnahmen im Wattenmeer zu diesem Zeitpunkt bereits vor dem Abschluß stand, mußten für die bodenkundliche Untersuchung des rund 74 000 ha großen trockenfallenden Wattgebietes ein oder mehrere Wege beschritten werden, die in kürzester Frist eine hinreichend klare Uebersicht geben konnten.

Bei der Ueberlegung nach dem zweckmäßigsten Wege der Wattkartierung wurden von vornherein drei Möglichkeiten vorgesehen:

1. eine bodenkundliche Uebersichtskartierung nach der Methode Stremme-Ostendorff;
2. eine biologische Bestandsaufnahme der oberen Wattschichten nach der Methode Wohlenberg-Plath;
3. physikalisch-chemische Untersuchungen auf analytischem Wege im Laboratorium der Forschungsstelle.

Von diesen Möglichkeiten ist zunächst der Weg einer Uebersichtskartierung des Gesamtwattgebietes durch Dr. Ostendorff beschritten, weil dessen

*) Vergl. LORENZEN, J. M.: Planung und Forschung im Gebiet der Schlesw.-Holst. Westküste in Heft 1, 1938, dieser Zeitschrift.

Methode am ehesten geeignet schien, schnell einen Ueberblick zu schaffen. Nebenherlaufend bzw. anschließend sind dann die beiden anderen Methoden zusätzlich eingeschaltet, um das in der Uebersichtskartierung gewonnene Bild zu vertiefen und die erarbeiteten Grundlagen im Hinblick auf die praktischen Folgerungen zu sichern.

I. Die Durchführung der Wattkartierung.

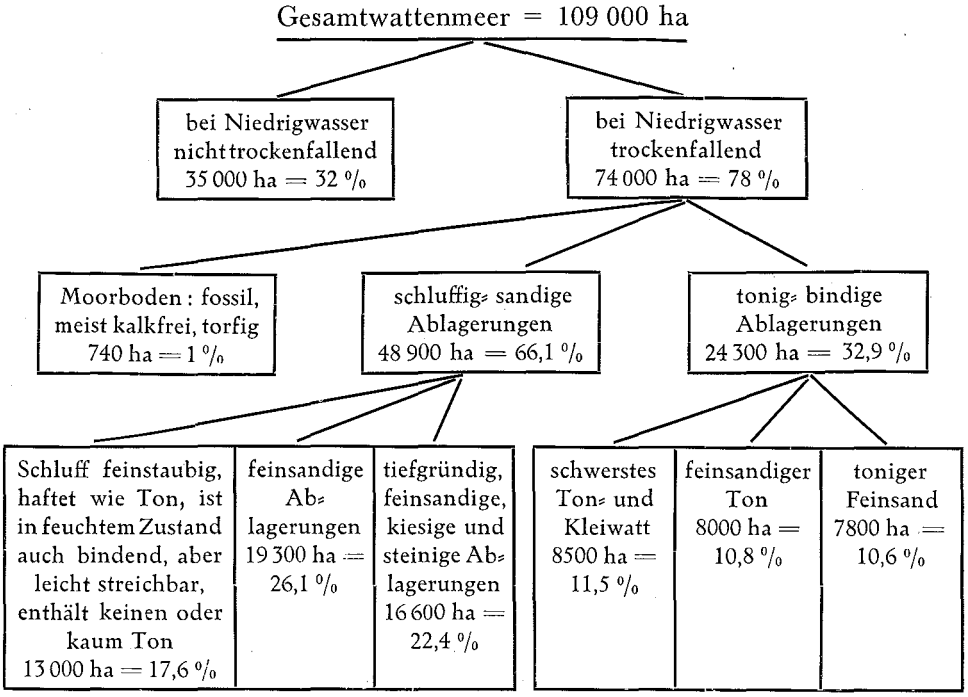
1. Die bodenkundliche Ueberprüfung der nordfriesischen Watten nach der Methode Stremme durch Dr. Ostendorff.

Die bodenkundliche Ueberprüfung nach der Methode STREMME-OSTENDORFF ist in ihrer Durchführung und in ihren Ergebnissen in der vorstehenden Abhandlung von Dr. OSTENDORFF (Seite 1—6) näher beschrieben. Die hierzu beigelegte „Vereinfachte Karte der Wattsedimente" auf S. 5 zeigt den Umfang der nicht eindeichungswürdigen (weiße und punktierte Flächen — außerhalb der Inseln und Halligen —) und der eindeichungsfähigen Wattgebiete (dunkle und helle Grauflächen). Diese letzteren sind nur soweit eindeichungswürdig, als sie in größerem Maße geschlossen zusammenliegen. Da die mehr oder weniger schlickreichen Wattsedimente hauptsächlich in der deichnahen Zone seewärts des Festlandes und im Schatten der Inseln und Halligen liegen, wird durch die gewonnene Uebersicht an sich zunächst eine nicht nur dem Fachmann bereits bekannte Tatsache bestätigt.

Die Methode der Uebersichtskartierung nach OSTENDORFF ist ganz auf die Beobachtung im Freien eingestellt und muß als solche rein geologisch angesehen werden. Auf physikalisch-chemische Mittel, die bei bisher üblichen bodenkundlichen Untersuchungsverfahren den Hauptanteil an der Feststellung bodenkundlicher Eigenschaften bilden, wird fast ganz verzichtet. Am einzelnen Wattprofil werden, soweit sinnlich wahrnehmbar, also durch Gesicht, Gefühl, Geruch und Geschmack die Schichtung des Profils und in der einzelnen Schicht die Bodenart beurteilt. Hierbei werden im einzelnen die petrographische und mineralische Beschaffenheit der Bodenart, Farbe, Humusgehalt nach Art und Menge, Struktur, Gefüge, Textur, Durchwurzelung, Durchlüftung, Durchfeuchtung, Würmer, Pilzfäden, Kalkgehalt nach Menge und Art, Anflüge, Ausfällungen, Absätze, Grundwasserstand, geologische Stellung, Bodentyp, Krumentiefe, Rohbodentiefe und Gesamtmächtigkeit der Bodenbildung beachtet. Nach diesen Gesichtspunkten ist also für das gesamte Wattgebiet ein überschläglicher Ueberblick über die flächenmäßige Ausbildung in den Oberschichten und im Untergrund gegeben. Damit ist aber auch nach bodenkundlichen Gesichtspunkten angedeutet, wie die Entwicklung dieser Flächen zum „Boden" nach der Eindeichung verlaufen wird.

Das zahlenmäßige Gesamtergebnis der OSTENDORFF-Kartierung ergibt die nachstehende Uebersicht.

Uebersicht I:



Rein sedimentmäßig gesehen, also ohne Berücksichtigung der zusammenhängenden Lage, sind also — im günstigsten Falle — rund 24 000 ha = rund 33 % der trockenfallenden Wattfläche (= rund 22 % der Gesamtfläche) eindeichungsfähig.

Bei einer praktischen Würdigung und Auswertung der Zahlen aus Uebersicht I ist zu bedenken, daß es sich um die Ergebnisse einer Uebersichtskartierung an Hand einer Schnellmethode handelt, die ihrem Wesen nach nur ein überschlägliches Bild vermitteln kann und zwangsläufig größere Fehlerquellen in sich enthält. Die gleiche Ueberlegung gilt auch für Vergleiche mit den Ergebnissen der anderen Untersuchungsmethoden.

Gewisse Fehlermöglichkeiten entstehen schon bei der Festlegung der Untersuchungsprofile, wenn diese z. B. von den Standlinien über kilometerweite Entfernungen — häufig sogar bei diesigem und wenig sichtigem Wetter — durchgeführt werden muß, oder wenn die Orientierung zu weiträumig ist oder wenn überhaupt sichere Anhaltspunkte für die Orientierung fehlen. Oft waren auch keine oder nicht ausreichende Standlinien vorhanden; dafür mußten sonst übliche Orientierungsmethoden als Ersatz eingeschaltet werden. Einzelne Wattflächen mußten zwangsläufig z. T. auch deshalb sehr großzügig behandelt werden, weil weder Karten noch Standlinien vorhanden waren oder die Zeit des Trockenfallens sehr kurz und dabei auch noch eine

starke Zerprielung gegeben war. So sind von den vorliegenden 1387 Profilen 295 = 21,3 % nicht eingemessen; auf 53 ha entfällt ein Profil. Die kartenmäßige Ausarbeitung der Untersuchungsergebnisse erfolgte zunächst im Maßstab 1:25 000, um dann aber, vereinfacht und verkleinert, auf 1:100 000 übertragen zu werden. Diese Uebertragung bedingte den Fortfall von mancherlei Feinheiten wie dünnen Ueberlagerungen von weniger als 25 cm Mächtigkeit, rasch wechselnder Kleinschichtigkeit der Hauptschichten und eine gewisse Zusammenfassung der einzelnen Hauptsedimente. Alle diese Fehlerquellen sind im Rahmen einer Uebersichtskartierung auch tragbar, wenn sie das Gesamtbild nicht wesentlich trüben. Voraussetzung ist dabei, daß die Ansprechung der Sedimente in der Untersuchungssonde nicht dadurch verwischt wird, daß die jungen und lockeren, mehr oder weniger wasserreichen Meeressedimente sich bei der Probenahme vermischen. Auf diese besonderen sowie auf solche Fehlerquellen, die auf regionale Grenzverschiebungen zurückzuführen sind, wird bei den Ergebnisvergleichen weiter unten noch näher eingegangen.

2. Die biologische Kartierung der oberen Wattschichten nach der Methode Wohlenberg durch Dr. Plath.

Bei der biologischen Bestandsaufnahme werden die in den verschiedenen Wattsedimenten lebenden Tiere zur Kennzeichnung der Böden herangezogen. Zur genaueren Orientierung wird auch hier von den festgelegten Standlinien ausgegangen. Da das Watt nur bis zu 30 cm Tiefe auf die vorhandenen Lebewesen untersucht werden kann, ist diese Methode als ein — allerdings sehr wichtiges — Hilfsmittel zur Erfassung des Zustandes der Wattablagerungen anzusprechen.

Die Methode ist bereits in der grundlegenden Abhandlung von Dr. Plath an anderer Stelle dieses Heftes (Seite 7—46) ausführlich besprochen; ebenso sind auch die Ergebnisse kartenmäßig festgelegt (Seite 19 und 38).

Die Aufgabe der Kartierung war, an Hand des biologischen Besiedlungsbildes in großen Zügen die Verbreitung der Sedimentarten festzustellen, um hieraus dann die Folgerungen für die Eindeichungswürdigkeit der Wattgebiete abzuleiten. Nebenher sollte festgestellt werden, wo sich Auftrag und Abtrag der Wattsedimente durch das biologische Besiedlungsbild erkennen lassen. Tatsächlich zeigt die biologische Besiedlung eine klare Aufteilung der Wattsedimente in Schlick, schlickigen Sand, schluffigen Sand und reinen Sand an. Daneben werden Miesmuschelbänke, Seegrasrasen, anstehende Kleihorizonte, Muschelpflaster und alte Moorbildungen herausgestellt, so daß neben der Besiedlung auch die im Wattenmeer wirkenden Kräfte erfaßt werden und in der Karte zum Ausdruck kommen können.

Mit Hilfe von 5 sedimentanzeigenden Tiergruppen ist es bis zu einer Tiefe von 30 cm gelungen, die flächenmäßige Verteilung der Hauptwatt-

arten in den bei Ebbe trockenfallenden Gebieten nachzuweisen und ihre Begrenzung festzulegen. Bei einer überschläglichen Gegenüberstellung der beiden Haupteigenschaften schlickig und sandig ergibt sich folgendes Verhältnis:

a) schlickige und überschlickte sandige Gebiete = rund 22 %,

b) sandige und schluffige Gebiete = rund 78 % der bei Niedrigwasser trockenfallenden kartierten Watten. Dabei ist allerdings zu beachten, daß insgesamt nur 56 000 ha — von den 74 000 ha — trockenfallende Watten biologisch kartiert sind.

Die Aufgliederung der biologisch kartierten Wattflächen auf die für die Bestimmung der Wattsedimente herangezogenen 5 anzeigenden Tiergruppen ergibt sich aus der nachstehenden

Uebersicht II:

Gruppen	Artenzusammensetzung der Gruppen	Sedimenttypus	Durchschn. Überflutungsdauer	Besiedelte Fläche in ha	Signaturen auf der Karte aus Seite 38 dieses Heftes
Arenicola-Nereis- Gruppe	*Arenicola marina* *Nereis diversicolor* (*Macoma baltica*)	feinster Sand und Schluff	6—7 Stunden	ca 6500 = 11,6 %	Schräg-Schraffur
Arenicola-Cardium- Gruppe	*Arenicola marina* *Cardium edule*	reiner Sand	7—8 Stunden	ca 35 000 = 62,5 %	Waagerechte Schraffur
Arenicola-Scoloplos- Gruppe	*Arenicola marina* *Scoloplos armiger* *Urothoe poseidonis* *Bathyporeia robertsoni*				
Scrobicularia- Gruppe	*Scrobicularia piana* *Heteromastus filiformis* *Nereis diversicolor*	sandiger und reiner Schlick	6—7 Stunden	ca 8500 = 15,2 %	Enge Links-Schraffur
Cardium- Gruppe	*Cardium edule* *Hydrobia ulvae*	schlickige Oberfläche auf festem Untergrund	8—9 Stunden	ca 1500 = 2,7 %	Waage- und lotrechte Schraffur mit offen. Kreisen

Nach dem Besiedlungsbild sind also nur rund 10 000 ha schlickig und überschlickt-sandig und damit eindeichungswürdig, während die sandigen und schluffigen Watten eine Fläche von rund 41 500 ha umfassen.

Auch bei dieser Kartierung handelt es sich um eine überschlägliche Bestandsaufnahme, die aber nur die oberen Sedimente bis 30 cm Tiefe und auch diese nur für ein Gesamtgebiet von 56 000 ha, von denen 4500 ha unbesiedelt sind, erfaßt. Aus der Karte geht klar hervor, daß im allgemeinen die Sedimente von der Verlandungszone gegen die großen Wattströme hin

immer gröber werden und daß die Schlickzone sich in den Lahnungen bis zur Quellergrenze, die Schluffzone sich vor den Lahnungen befindet, die Sandzone aber weiter seewärts bis an die Wattströme reicht.

Auch bei Durchführung dieser Kartierung ergaben sich zusätzliche Fehlerquellen. So z. B. wenn bei Bestimmung und Zählung der nach der Aufgrabung und Spülung im Sieb zurückbleibenden Organismen nur die erwachsenen Tiere berücksichtigt sind und im reinen Schlick ein Durchsieben der $^1/_{20}$ m^2-Probe in der zur Verfügung stehenden Zeit quantitativ unmöglich war. Da auch hier die einzelnen Stationen sehr weit auseinander liegen und die Uebergänge zwischen den verschiedenen Sedimentklassen nicht regelmäßig quantitativ erfaßt werden konnten, mußten bei der Auswertung die zusammen vorkommenden sedimenttypischen Tierarten qualitativ zur Einschätzung herangezogen werden, ein Umstand, der ebenfalls Fehler in sich trägt, die um so größer werden können, je weniger die Bestandsdichte nicht rechnerisch, sondern nur als Gesamteindruck bei der Auswertung benutzt ist. Trotz dieser Fehlerquellen, denen auch hier für eine Uebersichtskartierung keine entscheidende Bedeutung beizumessen sind, zeigt die Verteilung der Sedimente Schlick, Schluff und Sand im nordfriesischen Wattgebiet eine gesetzmäßige Zonierung, die durch Höhenlage und Wasserwirkung bedingt ist. Es ergibt sich auch, daß die Sandstationen durchschnittlich länger überflutet werden, also tiefer liegen als die Schluff- oder Schlickgebiete. Daß die Besiedlung durch die sedimenttypischen Tiere tatsächlich aber vom Sediment und nicht von der Höhenlage (Ueberflutungsdauer) abhängig ist, konnte nachgewiesen werden.

3. Die bodenkundliche Erfassung wichtiger physikalisch-chemischer Eigenschaften der Wattablagerungen durch Dr. Herrmann.

Der dritte Weg einer zusätzlichen physikalisch-chemischen Untersuchung der Watten ist beschritten, um die Erkenntnisse der Ostendorff'schen Uebersichtskartierung möglichst gründlich zu unterbauen; aber auch, um an dem gegebenen Objekt neue Erkenntnisse für das physikalisch-chemische Untersuchungsverfahren zu sammeln und vorhandene Arbeitsmethoden auf die Notwendigkeit ihrer Ergänzung und Ausweitung zu überprüfen. Da es sich bei den Wattablagerungen nicht um einen „Boden" im landesüblichen Sinne, sondern um verschiedene mit Wasser und Kochsalz besonders angereicherte Sedimente handelt, die in der vorliegenden Art erstmalig zur Untersuchung standen, ergab sich zwangsläufig die Notwendigkeit des Ansatzes verschiedener Untersuchungsmethoden. Um aber einwandfreies Vergleichsmaterial nach beiden Seiten zu gewinnen, mußten Wattgebiete von einheitlicher Zusammensetzung, die von Ostendorff als solche ermittelt waren, untersucht werden.

Die Bohrprofile sind nach bestimmtem Plan von den festgelegten Standlinien aus bis auf 2 m Tiefe niedergebracht und die Einzelbohrungen mit einem Hand- oder Löffelbohrer ausgeführt. Während der Bohrung sind die

darin vorhandenen Sedimentarten und die wesentlichsten, sinnlich wahrnehmbaren Eigenschaften festgehalten. In der Lotrechten der Einzelbohrung sind dann in bestimmten, sich vielfach aus der Schichtung ergebenden, Tiefen Durchschnittsproben von 0—200 cm entnommen. Für die Entnahme von Bohrproben waren grundsätzlich die Tiefen von 0—25, 25—50, 50—100 und 100—200 cm vorgesehen. Eine abweichende Schichtenfolge, namentlich das Anstehen von mehreren Schichten, erforderte ein Abweichen von diesen Entnahmetiefen. Die einzelnen Bohrproben sind bei der Probeentnahme in Probegläser gefüllt und sofort luftdicht abgeschlossen. Jede Wattprobe wurde im geologischen und bodenkundlichen Laboratorium der Staatlichen Forschungsstelle Husum auf wichtige physikalische und chemische Eigenschaften untersucht. Für die Güte eines Bodens sind besonders die Korngrößenzusammensetzung, die Bodenreaktion und der Gehalt an Wasser, organischer Substanz, Kalk, Phosphorsäure und Kali bestimmend. Die Untersuchung der Proben ist daher in den vorstehenden Richtungen erfolgt. Die Bodenkörnung wurde durch Schlämmanalyse auf nichteffektivem Wege nach dem Verfahren KOEHN festgestellt, der Wassergehalt im Trockenofen bei 105 ° C über 13 Stunden, die organische Substanz nach der Chromsäuremethode von ALTEN-WANDROWSKY-KNIPPENBERG, der Kalkgehalt nach der Phenolphtaleinmethode, die Phosphorsäure nach DIRKS und das Kali nach KRAUSS bestimmt*).

Die Reaktion der Wattsedimente wird weitgehend durch das Meerwasser beeinflußt; auch fördert die anaërobe Zersetzung organischer Substanz die Bildung von Schwefelwasserstoffverbindungen, die die Reaktion sämtlicher Wattgebiete fast gleichmäßig alkalisch gestaltet. (Eine Ausnahme bilden lediglich einige Torfproben.) Hieraus geht hervor, daß der ermittelte pH-Wert der Watten kein eindeutiges Untersuchungsmerkmal sein kann. Der Phosphorsäurevorrat ist in den Wattböden durchweg sehr gering. Die Verteilung der Phosphorsäure ließ sich auch mit den übrigen Faktoren in keinen Zusammenhang bringen; sie scheint anderen Gesetzen zu folgen. Als Kalkgehalt ist nicht nur die Menge kohlensauren Kalkes, sondern die Summe sämtlicher austauschbaren Basen bestimmt worden, womit gleichzeitig ein deutliches Merkmal für die Sorptionskraft des Bodens gegeben ist. Ebenso geben die übrigen Faktoren wie Korngrößenzusammensetzung, Gehalt an organischer Substanz, Kalk und Kali einzeln und durchweg auch gemeinsam ein klares Bild über den jeweilig zu erwartenden Grad der Güte des Wattbodens und damit über seine Eindeichungswürdigkeit.

Da die Bohrstellen für die bodenphysikalische Untersuchungsmethode sehr weiträumig liegen (ein Bohrprofil auf 517 ha Wattfläche), wurde auf eine kartenmäßige Darstellung der chemischen und physikalischen Ergebnisse verzichtet. Jedoch sind diese Ergebnisse bei dem Entwurf der vereinfachten Bodenübersichtskarte auf S. 67 mit verwertet.

*) Vergl. HERRMANN, S. 72 ff. dieses Heftes.

Es liegt im Wesen auch dieser Methode und ihres Zweckes einer Unterbauung der Uebersicht, daß mancherlei Fehlermöglichkeiten auftreten. Da die Bohrpunkte bei der Bestandsaufnahme von OSTENDORFF festgelegt sind und das Fortschreiten der OSTENDORFF'schen Arbeit das Arbeitstempo der Bohrkolonne bestimmte, mußten die Bohrungen nicht nur sehr weiträumig, sondern vielfach auch sehr schnell genommen werden. Sie konnten daher bisweilen nicht in die erforderliche Tiefe hinabgebracht und fehlgegangene Bohrungen auch nicht immer wiederholt werden. Ein Teil der Bohrungen liegt auch auf Gebieten, die für die Klärung der Gesamtübersicht von geringerer Bedeutung sind. Für die Auswertung der Ergebnisse wäre es dienlicher gewesen, auf wichtigeren Wattgebieten mehr Bohrpunkte zu nehmen und diese regelmäßiger zu verteilen, um so den erheblichen Mangel an Parallelbohrungen in solchen Wattgebieten auszugleichen. Doch ist das nicht von vornherein zu übersehen und festzulegen.

II. Die vergleichende Ueberprüfung der Kartierungsergebnisse.

1. Vergleich der bodenkundlichen Ergebnisse nach Ostendorff mit den biologischen Ergebnissen nach Plath.

Bei einem Vergleich der Ergebnisse zwischen den Kartierungen OSTENDORFF (bodenkundlich) und PLATH (biologisch) ist auf Grund der bereits bei beiden Methoden angedeuteten Fehlermöglichkeiten mit gewissen Abweichungen zu rechnen. Eine genauere vergleichende Betrachtung der Karten läßt auch solche erkennen. Sie sind aber durchweg örtlicher Natur, so daß ihnen eine größere praktische Bedeutung nicht beizumessen ist. Da sich die biologische Kartierung aus methodischen Gründen auf die oberen 30 cm beschränken mußte, besitzt ein Vergleich mit der bodenkundlichen Kartierung auch nur bis zu dieser Tiefe Gültigkeit. Die Schrägsignaturen der OSTENDORFF-Karte, die die Sedimente im Untergrund andeuten, fallen also für den Vergleich fort. Auf dieser eingeschränkten Vergleichsgrundlage ergibt sich, daß die von OSTENDORFF gefundenen Sedimentarten durchweg auch von typischen Tiergemeinschaften besiedelt werden: Feiner und grober Sand (bei O. fein- und grobpunktiert, bei P. waagerecht schraffiert) wird von *Arenicola-Scoloplos* bewohnt; Schlufflächen (bei O. feinpunktiert, bei P. schrägschraffiert) decken sich meistens mit Gebieten, die eine Besiedlung durch das Zwergseegras, durch *Arenicola-Cardium* oder durch *Arenicola-Nereis* aufweisen; auf tonigen Feindsandflächen (bei O. hellgrau, bei P. waagerecht, lotrecht sowie waage- und lotrecht schraffiert mit offenen Kreisen) wurde meist eine Besiedlung mit *Cardium* und *Hydrobia* oder mit viel *Heteromastus* neben *Arenicola* gefunden; der reine und sandige Ton (bei O. dunkelgrau, bei P. enge Linksschraffur) ist von der Schlickgruppe *Nereis-Scrobicularia-Heteromastus* besetzt; ebenso sind die unbesiedelten Kleigebiete mit einigen Ausnahmen durchweg übereinstimmend kartiert.

Im Hinblick auf die vorstehend dargelegte konstant bleibende Besiedlung

der einzelnen Sedimentarten stimmen also die beiden Kartierungen in der großräumig flächenmäßigen Aufteilung der gesamten nordfriesischen Wattgebiete in großen Zügen überein. Auf beiden Karten tritt auch eine Zonierung der Sedimentarten in der gleichen Weise klar hervor: An der Festlandsküste entlang von Klanxbüll bis Husum zieht sich eine Zone mit feinen und feinsten Ablagerungen, die zu den großen Wattströmen hin von immer gröber werdenden Ablagerungen abgelöst werden. Das gleiche Bild zeigt sich an der Ostseite von Amrum und Pellworm. Die Halligen liegen auf beiden Karten übereinstimmend auf Kleikernen, die an einzelnen Stellen zu Tage treten. Die dem Festland ferner liegenden Wattflächen zwischen Amrum, Föhr und Sylt zeigen, von einigen Ausnahmen besonders südlich vom Hindenburgdamm abgesehen, auf beiden Karten eine gleiche Sedimentverteilung. Das Watt um Nordstrand ist durchweg ebenfalls übereinstimmend kartiert. Oertliche Abweichungen ergeben sich besonders in den Gebieten nördlich und südlich von Langeneß, um Habel, auf der Pellwormerplate und zwischen der Insel Nordstrand und der Süderhever.

Bei einem zahlenmäßigen Vergleich ist zu beachten, daß 74 000 ha bodenkundlich und 56 000 ha biologisch kartiert sind*). Uebereinstimmung ist vorhanden bei rund 46 820 ha = 83,5 %, keine Uebereinstimmung dagegen bei 9180 ha = 16,5 %.

Bei den nicht übereinstimmenden Wattflächen handelt es sich zur Hauptsache um solche mit Schluff- und Sandsedimenten. Die biologische Karte zeigt 1810 ha feinkörniger und 7370 ha grobkörniger als die bodenkundliche. Dabei ist aber zu bedenken, daß die Bodenentnahme durch PLATH z. T. nicht immer in den OSTENDORFF'schen Entnahmestellen erfolgt ist. Die abweichenden Ergebnisse hinsichtlich der Ansprechung der Sedimentarten ergeben sich im einzelnen aus der

Uebersicht III.

Abweichungen

nach PLATH	nach OSTENDORFF	ha	
Sand	Schluff	5 350	6 560
Schluff	Sand	1 210	
Klei mit dünner Sandlage	sandiger Ton	880	
sandiger Schlick	Sand	450	
Sand	sandiger Ton	400	
Schluff	sandiger und reiner Ton	370	2 620
schlickiger Sand	reiner Ton	220	
Klei mit dünnen Sandlagen	anstehender Klei	170	
sandiger Klei	toniger Sand	130	
		9 180	

Diese Abweichungen verteilen sich gebietsmäßig bei einer Ansprechung

*) Das Watt östlich Sylt von Rantum Bucht bis Hörnum und das Watt nördlich Eiderstedt von Tetenbüll-Spieker bis Finkhaushallig ist biologisch nicht aufgenommen worden.

a) nach OSTENDORFF mit Schluff — nach PLATH mit Sand:

Lage	ha	bodenkundlich	biologisch
Nördl. von Föhr	640	Sand	Schluff
Vor Kattrevel	30	Sand	Schluff
Zw. Horsbüll u. Dagebüll	300	Schluff	Sand
Nördl. Langeneß	250	Sand	Schluff
Oestl. u. südl. Langeneß	400	Schluff	Sand
Zw. Habel u. Gröde	100	Schluff	Sand
Zw. Habel z. Bongs. Loch	50	Sand	Schluff
Oestl. Bongs. Loch-Höhe Habel	75	Schluff	Sand
Pellwormer Plate (Nördl. Rummelloch bis Hooge)	3 125	Schluff	Sand
Rungholt-Sand	275	Schluff	Sand
Nördl. Eiderstedt	120	Sand	Schluff
Südl. Ufer d. Süderhever	75	Schluff	Sand
Butterloch	120	Sand	Schluff
Südl. Ufer d. Holm. Fähre	250	Schluff	Sand
Südl. Nordstrand	750	Schluff	Sand
	6 560		

b) nach OSTENDORFF mit reinem oder sandigem Ton — nach PLATH mit Sand oder Schluff:

Lage	ha	bodenkundlich	biologisch
Am Eidum Tief	50	Sand. Ton	Sand
Zw. Horsbüll u. Dagebüll	370	Reiner u. sand. Ton	Schluff
Auf Höhe Nebel (Amrum)	375	Sand	Sand. Schlick
Südl. v. Goting	80	Sand	Sand. Schlick
Zw. Gröde u. Habel	275	Sand. Ton	Sand
Südl. Nordstrand	220	Reiner Ton	Schw. schlick. Sand
Südl. Nordstrand	75	Sand. Ton	Sand
	1 445		

c) nach OSTENDORFF mit reinem oder sandigem Ton — nach PLATH mit reinem Klei, auch dünn übersandet:

Lage	ha	bodenkundlich	biologisch
Nebenarm v. Eidum Tief	350	Sand. Ton	5—20 cm Sand, dann Klei
Südl. Oland	100	Klei anstehend	25—30 cm Sand, dann Klei
Oestl. Hooge	525	Sand. Ton	5—10 cm Sand, dann Klei
Westl. Johan. Hörn (Pellworm)	75	Ton. Sand	Anst. Klei
Rungholt-Sand	125	Ton. Sand	Sand. Klei
	1 175		

Die Abweichungen zu a (zwischen Schluff und Sand), die ein Gebiet von 6560 ha berühren, sind vom praktischen Gesichtspunkt von untergeordneter Bedeutung, denn Schluff ist letztlich auch Sand, wenn auch in sehr feiner Körnung, der für eine landwirtschaftliche Nutzung nur dann in Frage kommt, wenn der Grundwasserstand genügend hoch gehalten werden kann. Dies ist

praktisch nicht möglich, da Zuflüsse kaum vorhanden sind und die Staumöglichkeit für Süßwasser gering ist. Wenn auch die holländischen Erfahrungen in der Nordwestecke des Wieringermeerpolders zeigen, wie bei planmäßiger Wasserwirtschaft und zusätzlicher Nährstoffversorgung selbst gröbere Sande fruchtbar gestaltet werden können, so scheidet das Schluff-Sandgebiet im vorliegenden Falle doch vom praktischen Gesichtspunkt aus den vergleichenden Betrachtungen aus. Dabei bleibt allerdings theoretisch die Frage offen, ob die Fehlerquellen bei der Beurteilung des Körnungsgrades in der biologischen oder bodenkundlichen Ansprechung liegen oder durch örtlich abweichende Probeentnahme bedingt ist. Diese Frage läßt sich nachträglich nicht näher beantworten.

Unter Hinzurechnung der in der Ansprechung abweichenden Schluff-Sandgebiete in Größe von 6560 ha zu der bereits als übereinstimmend festgelegten Wattfläche von rund 46 820 ha ergibt sich eine für die praktischen Folgerungen (ob eindeichungswürdig oder nicht) übereinstimmende Fläche von rund 53 380 ha = 95,3 %. Die dann noch verbleibende Restfläche in Größe von 2620 ha = 4,7 % macht im Rahmen der kartierten Gesamtwattfläche einen verhältnismäßig so geringen Bruchteil aus, daß man ihn als innerhalb der Fehlergrenze liegend unberücksichtigt lassen kann. Eine ausgleichende Klärung der meisten dieser Abweichungen, wie z. B. Sand — sandiger Ton, Schluff — reiner Ton, toniger Sand — anstehender Klei ist auch nicht möglich, wenn nicht angenommen wird, daß diese durch örtliche Abweichungen in der Probeentnahme bedingt sind.

2. Vergleich der bodenkundlichen Ergebnisse nach Ostendorff mit den chemisch-pysikalischen Untersuchungsergebnissen nach Herrmann.

Wesentlich schwieriger gestaltet sich ein Vergleich und eine Abstimmung zwischen den Ergebnissen der bodenkundlichen OSTENDORFF-Kartierung und der physikalisch-chemischen Untersuchung, obwohl die Mehrzahl der vergleichsfähigen Bohrungen auf einheitlichen Wattgebieten niedergebracht sind. Diese Schwierigkeiten liegen zunächst in der Verschiedenartigkeit der Methoden — hier nur sinnlich wahrnehmbar, dort zusätzlich methodische Feinheiten und genaue Analyse — begründet. Wird für den Vergleichszweck nur die physikalische Komponente der Korngrößenzusammensetzung als wichtigstes analytisches Untersuchungsmerkmal — unter Zurückstellung der anderen untersuchten physikalisch-chemischen Faktoren — herangezogen, so müßte eine Vergleichsmöglichkeit gegeben sein und in den Ergebnissen eine weitgehende Uebereinstimmung bestehen. Wenn dies nicht ohne weiteres der der Fall ist, wie weiter unten festgestellt wird, so müssen besondere Ursachen und Fehlerquellen vorliegen. Wie bereits bei Erörterung der einzelnen Verfahren und ihrer Ergebnisse dargelegt ist, trifft dies auch in weitem Umfange zu. Zum Verständnis der Vergleichsschwierigkeiten sollen

die wichtigsten Fehlermöglichkeiten daher zusammenfassend nochmals angedeutet werden: Die mannigfaltigen Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Eigenschaften unserer Wattböden sind offenbar verwickelter als auf dem festen Lande und darum schwieriger in der nur sinnlich-wahrnehmbaren Ansprechung. Ebenso ist es nicht möglich, die von Natur aus gegebenen feineren, aber für die Eindeichungswürdigkeit oftmals entscheidenden Unterschiede allein mit Gesicht und Gefühl herauszuarbeiten. Auch ist damit zu rechnen, daß die richtige Ansprechung der Sedimente in der Untersuchungssonde durch einen hohen Wassergehalt und breiigen Zustand des Materials oft erschwert wird. Das gilt für Feinsand und Schluff, aber auch für Schluff und tonigen Feinsand, besonders im Falle einer geschichteten Lagerung der Sedimente, wenn bei der Probeentnahme naturgemäß Mischproben entstehen müssen. Hinzu kommt, daß die Wattsedimente in den sandigen Außengebieten einer andauernden Umlagerung und in dem Aufbau ihrer oberen Schichten fortlaufenden Veränderungen unterliegen. Schließlich sei wiederholt darauf hingewiesen, daß die kartenmäßige Uebertragung bei OSTENDORFF dünne Ueberlagerungen sowie rasch wechselnde Kleinschichtigkeit der Sedimente unberücksichtigt läßt, sondern die Hauptsedimente in bestimmter Richtung zusammenfaßt. Vom Gesichtspunkt der analytischen Untersuchung ist dann noch zu beachten, daß die Zusammenstellung der Ergebnisse der Korngrößenanalyse der einzelnen Punkte streng genommen nur für diesen Punkt selbst gilt und auf das nach OSTENDORFF als gleichartig bezeichnete Gebiet übertragen werden muß. Eine solche Uebertragung setzt eine große Gleichmäßigkeit der Wattablagerungen voraus. Diese ist aber im Watt selten gegeben und durch die immerhin noch weiträumige Ueberholung nach OSTENDORFF auch nicht ohne weiteres zu ermitteln.

Auf einer kartierten Gesamtfläche von 74 000 ha hat OSTENDORFF 1387 (1 auf 53 ha), HERRMANN in seiner bodenphysikalischen Untersuchung aber nur 142 (1 auf 517 ha) Bohrungen niedergebracht und untersucht. Da für die analytischen Untersuchungen also nur etwa ein Zehntel (142 zu 1387) Bohrstellen vorliegen, kann von dieser Methode her auch nur ein Bruchteil verglichen werden, wobei dann auch noch die Möglichkeit besteht, daß örtliche Abweichungen zwischen den Probeentnahmestellen örtlich engbegrenzte Unterschiede im Aufbau der Sedimente nicht erfassen; da bei OSTENDORFF auch 295 Untersuchungsstellen nicht eingemessen sind, ist es sehr wahrscheinlich, daß in den hiervon betroffenen Wattgebieten bei der physikalisch-chemischen Probeentnahme beachtliche örtliche Abweichungen auftreten.

Eine Anzahl der auf Anweisung OSTENDORFFS ausgeführten Bohrungen liegt an den Grenzlinien zweier verschiedener Wattgebiete, so daß es nicht immer möglich war, zu entscheiden, zu welchem Gebiet die betreffende Bohrung gehört. Es ist verständlich, wenn in solchen Grenz- und Uebergangsbezirken verschiedener Wattzonen, die im Bodenaufbau stark voneinander

abweichen und zwischen denen die Probeentnahmestellen nicht genau festliegen, größere Vergleichsunterschiede auftreten müssen.

Die vorstehend aufgezeigten Fehlermöglichkeiten lassen auf jeden Fall die Schwierigkeiten einer kritischen Vergleichsüberprüfung klar erkennen und auch das Auftreten größerer Abweichungen verstehen.

Bei strenger theoretisch-wissenschaftlicher Durchführung des Vergleiches der Ergebnisse beider Untersuchungsmethoden ergibt sich zahlenmäßig folgendes Bild:

a) Uebereinstimmung zwischen den bodenkundlichen und analytischen Ergebnissen ist vorhanden bei 61 Bohrungen = 43,0 %.

b) Abweichungen sind vorhanden bei 41 Bohrungen = 28,5 %; jedoch ist nicht klar zu erkennen, zu welcher der ineinander übergehenden OSTENDORFF'schen Erdarten die betreffende Bohrung zu rechnen ist.

c) Klare Abweichungen liegen vor bei 41 Bohrungen = 28,5 %.

Zu a: Von den 61 mit den OSTENDORFF'schen Zonen übereinstimmenden analytischen Untersuchungsstellen entfallen 21 auf Sand, 6 auf Feinsand, 6 auf Schluff, 10 auf tonigen Feinsand, 5 auf feinsandigen Ton, 5 auf Ton*), 6 auf Klei und 2 auf Torf.

Diese Zahlen erhöhen sich aber nicht unwesentlich, wenn beim Vergleich der Abweichungen der Gruppe b statt des rein theoretischen der praktische Maßstab der Eindeichungswürdigkeit oder der Eignung für den späteren Anbau von Kulturpflanzen zugrunde gelegt wird.

Es treten dann von Gruppe b zur Gruppe a 9 Bohrungen der Sand-, 5 der Schluff-, 6 der tonigen Feinsand-, 2 der feinsandigen Ton- und 2 der Tonzone, insgesamt also 24 Bohrungen. Dadurch wird die Gruppe der nach praktischen Maßstäben übereinstimmenden Bohrungen von 61 um 24 auf 85 = 60,0 % erhöht.

Zu b: In der Gruppe b verbleiben dann 17 Bohrungen = 12,0 %, deren Verteilung auf die einzelnen Wattzonen und deren Abweichungen sich ergeben aus der

Uebersicht IV.

In OSTENDORFF'schen Sandzonen bei:

Nr. der Bohrung	Befund nach OSTENDORFF	Analytische Feststellungen
131	0—100 cm Sand	0—95 cm toniger Feinsand
	100—200 cm toniger Feinsand	95—200 cm schluffiger Feinsand
123	0—120 cm Grobsand, darunter toniger Feinsand, darunter Torf	0—30 cm Sand, 30—35 cm feinsandiger Faulschlamm, 55—193 cm Feinsand

In einer OSTENDORFF'schen Feinsandzone bei:

88	feinsandschichtig mit tonigem Feinsand	Feinsand

*) Ton = $\leq$ 0,02 mm; Staub = 0,02—0,05 mm; Schluff-Mehlsand = 0,05—0,1 mm; Feinsand = 0,1—0,5 mm; Mittelsand = $>$ 0,5 mm.

Nr. der Bohrung	Befund nach OSTENDORFF	Analytische Feststellungen
In OSTENDORFF'schen Schluffzonen bei:		
120	Toniger Feinsand (Auflagerung), Schluff, Klei, Torf.	0—25 cm Sand (Auflagerung), 25—50 cm toniger Feinsand, 50—110 cm Feinsand mit Schluff, 110—200 cm Faulschlamm.
71	0—35 cm Schluff, tonig-feinsand-schichtig, 35—200 cm Klei.	0—40 cm Feinsand, 40—100 cm Klei, 100—200 cm toniger Feinsand.
37	0—200 cm Schluff.	0—200 cm toniger Feinsand.
14	0—120 cm Schluff, 120—150 cm toniger Feinsand	0—130 cm Feinsand, 130—200 cm Torf.
50	Feinsandauflagerung, —150 cm Schluff, tonig-feinsand-schichtig.	Schluff/Feinsand, toniger Feinsand fehlt.
28	0—200 cm Schluff, schichtig m. tonigem Feinsand.	0—100 cm Sand, 100—200 cm Schluff.
40	0—150 cm Schluff, schichtig m. tonigem Feinsand, 150—200 cm Torf.	0—50 cm Schluff, 50—70 cm toniger Feinsand bis feinsandiger Ton, 70—200 cm Faulschlamm, schwer.
22	0—100 cm Schluff, 100 cm toniger Feinsand, schichtig.	0—30 cm Schluff, 30—200 cm toniger Feinsand, schluffschichtig.
In einer OSTENDORFF'schen Zone „Toniger Feinsand" bei:		
33	0—200 cm toniger Feinsand, schluffschichtig.	0—200 cm Schluff.
In OSTENDORFF'schen Zonen „Feinsandiger Ton" bei:		
109	0—70 cm feinsandiger Ton, 70—200 cm toniger Feinsand.	0—17 cm Sand (Auflagerung), 17—50 cm toniger Feinsand, 50—200 cm Feinsand.
80	0—120 cm feinsandiger Ton, 120—200 cm toniger Feinsand oder: toniger Feinsand auf Schluff.	0—50 cm Ton, schluffig, 50—100 cm schluffig-toniger Feinsand. 100—200 cm toniger Feinsand.
79	0—120 cm feinsandiger Ton, 120—200 cm toniger Feinsand.	0—200 cm schluffig-toniger Feinsand (Schluffgehalt nimmt nach unten zu).
31	0—200 cm feinsandiger Ton.	0—25 cm Ton, 25—200 cm tonig-schluffiger Feinsand.
75	0—60 cm feinsandiger Ton, 60—200 cm toniger Feinsand. schluffschichtig.	0—50 cm Feinsand, 50—200 cm schluffig-toniger Feinsand.

Zusammenfassend ist demnach festzustellen, daß bei 17 Vergleichsergebnissen bedeutsame Abweichungen vorliegen, die aber nachträglich auf ihre Ursachen schwer zu klären sind. Dies trifft z. B. besonders für die Abweichungen der Schluffzonen zu, wenn Klei fehlt oder Torf vorhanden ist oder toniger Feinsand mit Schluff oder Sand in einer Linie steht. Es ist anzunehmen, daß hier größere örtliche Abweichungen in den Entnahmestellen

vorliegen oder die OSTENDORFF'sche Bodensonde die zusätzlich festgestellten Torf- und Kleischichten nicht erfaßt hat.

Zu c: Die Verteilung der 41 Bohrungen mit „klaren Abweichungen" auf die einzelnen Wattzonen zeigt

Uebersicht V.

Nr. der Bohrung	Befund nach OSTENDORFF	Analytische Feststellungen
	In OSTENDORFF'schen Sandzonen bei:	
2	0—150 cm Sand, 150—250 cm toniger Feinsand (schluffschichtig).	0—35 cm Sand, 35—75 cm feinsandiger Ton, 75—160 cm Ton, 160—200 cm toniger Feinsand.
16	0—120 cm Sand, 120—200 cm toniger Feinsand.	0—40 cm Sand, 40—200 cm toniger Feinsand.
86	0—200 cm Sand.	0—50 cm Sand, 50—100 cm entkalkter Ton (Bohrung nicht tiefer).
96	0—200 cm Sand.	0—25 cm feinsandiger Ton, 25—50 cm toniger Feinsand bis Feinsand, 50—180 cm Sand.
122	0—200 cm Sand.	0—25 cm schluffig-toniger Feinsand, 25—50 cm schluffiger Feinsand, 50—60 cm Feinsand, 60—130 cm Schilftorf, 130—200 cm Sand.
124	Sand auf feinsandigem Ton.	0—25 cm Sand, 25—200 cm schwerster Ton.
126	Sand, im Untergrund schichtig, mit tonigem Feinsand.	0—30 cm Sand, 30—200 cm Schluff.
	In OSTENDORFF'schen Feinsandzonen bei:	
36	0—70 cm Feinsand, 70—200 cm Klei.	0—200 cm Klei.
53	0—170 cm Feinsand, 170—200 cm toniger Feinsand.	0—50 cm Feinsand, 50—105 cm feinsandiger Ton, 105—200 cm Ton.
87	Feinsand, darunter toniger Feinsand, schluffschichtig.	0—77 cm Feinsand, 77—100 cm Ton, 100—200 cm feinsandiger Ton bis Ton.
89	0—140 cm Feinsand, 140—200 cm toniger Feinsand.	0—35 cm Sand, 35—95 cm feinsandiger Ton bis Ton, 95—200 cm Feinsand.
113	0—100 cm Sand, 100—200 cm toniger Feinsand.	0—20 cm Sand, 20—50 cm toniger Feinsand bis feinsandiger Ton, 50—200 cm toniger Feinsand.
	In OSTENDORFF'schen Schluffzonen bei:	
43	0—200 cm Schluff, schichtig, mit tonigem Feinsand.	0—90 cm Feinsand bis Schluff, 90—200 cm feinsandiger Ton.
66	0—200 cm Schluff, schichtig, mit tonigem Feinsand.	0—40 cm Schluff, 40—100 cm Ton, 100—200 cm feinsandiger Ton.
112	0—75 cm Schluff, 75—150 cm toniger Feinsand, 150—200 cm Torf.	0—75 cm Feinsand, 75—110 cm Ton, 110—120 cm Torf, 120—200 cm Feinsand.
134	0—200 cm Schluff, schichtig, mit tonigem Feinsand.	0—100 cm Schluff, 100—200 cm Ton.

In OSTENDORFF'schen Zonen „Toniger Feinsand" bei:

Nr. der Bohrung	Befund nach OSTENDORFF	Analytische Feststellungen
4	toniger Feinsand, schluffschichtig.	0—100 cm feinsandiger Ton/Ton, 100—200 cm toniger Feinsand.
82	0—200 cm toniger Feinsand, schluffschichtig.	0—100 cm feinsandiger Ton, 100—200 cm toniger Feinsand.
107	0—200 cm toniger Feinsand.	0—110 cm Feinsand, 110—200 cm Schluff.
111	Torf (Auflagerung), 0—160 cm toniger Feinsand, 160—180 cm Geschiebelehm	0—25 cm toniger Feinsand, 25—75 cm Feinsand, 75—200 cm toniger Feinsand
141	0—60 cm toniger Feinsand, 60—200 cm Schluff, tonig-feinsand-schichtig	0—100 cm toniger Feinsand, 100—200 cm schwerer Ton.
142	0—30 cm toniger Feinsand, 30—80 cm Torf, 80—200 cm toniger Feinsand.	0—15 cm Schluff, 15—100 cm Ton, 100—205 cm schluffig-feinsandiger Ton.

In OSTENDORFF'schen Zonen „Feinsandiger Ton" bei:

8	feinsandiger Ton, tonig-feinsandschichtig.	0—25 cm feinsandiger Ton, 25—50 cm Ton, 50—100 cm Schluff.
101	0—30 cm feinsandiger Ton, 30—150 cm tg. Feinsand, 150—200 cm Torf.	0—60 cm feinsandiger Ton, 60—153 cm Torf, 153—200 cm Sand.
115	0—200 cm feinsandiger Ton.	0—100 cm Sand, 100—200 cm Feinsand.
119	0—60 cm feinsandiger Ton, Klei, Torf.	0—90 cm Schluff, 90—200 cm feinsandiger Ton, schluffig.

In OSTENDORFF'schen Tonzonen bei:

9	0—60 cm Ton, 60—200 cm toniger Feinsand, schluffschichtig.	0—50 cm schluffig-toniger Feinsand, 50—200 cm tonig-feinsandiger Schluff.
17	0—70 cm Ton, 70—100 cm Schluff, geschichtet mit tonigem Feinsand. 100—200 cm Torf.	0—25 cm Ton, 25—200 cm feinsandiger Ton mit Schluff. Torfschicht nicht vorhanden.
18	0—60 cm Ton, 60—160 cm Schluff, tonig-feinsand-schichtig, 160—200 cm Torf.	0—50 cm Ton, 50—200 cm Torf.
98	0—50 cm Ton, 50—200 cm Torf.	0—24 cm feinsandiger bis stark sandiger Ton, 24—50 cm toniger Feinsand, 50—200 cm Feinsand.
103	0—60 cm Ton, 60—200 cm toniger Feinsand.	0—200 cm Schluff.
128	0—50 cm Ton, 50—200 cm Schluff, geschichtet mit tonigem Feinsand.	0—110 cm schluffiger Feinsand, 110—120 cm tonig-schluffiger Feinsand.
130	0—60 cm Ton, 60—200 cm tonig-feinsand-schichtiger Schluff.	0—25 cm Ton, 25—100 cm schluffig-toniger Feinsand, 100—200 cm feinsandig-schluffiger Ton.

In den OSTENDORFF'schen Kleizonen bei:

Nr. der Bohrung	Befund nach OSTENDORFF	Analytische Feststellungen
61	0—200 cm Klei.	0—50 cm Klei, 50—200 cm schluffig-toniger Feinsand.
62	0—200 cm Klei.	0—85 cm sandiger Klei, 85—160 cm Torf, 160—200 cm schluffiger Klei.
81	0—30 cm Klei, 30—200 cm Torf.	0—30 cm toniger Feinsand, 30—67 cm Torf, 67—200 cm Klei.
83	0—200 cm Klei.	0—50 cm Klei, 50—100 cm Schluff, 100—200 cm Klei.
85	0—200 cm Klei.	0—30 cm Sand, 30—200 cm Klei.

In einer OSTENDORFF'schen Torfzone bei:

56	0—60 cm Schluff, 60—115 cm Torf, 115—200 cm Klei.	Schluffschicht fehlt, nach Bohrprotokoll 10 cm Feinsand als Auflagerung; obersten 25 cm stark mit org. Substanz durchsetzt (8 %); 25—200 cm Torf.

In den „Sandzonen" sind es also 7 Bohrstellen (von 31 = 22,6 %), bei denen entweder die Schichtengrenze in der Senkrechten des Profils abweichend angesprochen oder der Grad der Körnung (Sand — Schluff — toniger Feinsand — feinsandiger Ton) verschieden beurteilt ist oder aber bei den analytischen Feststellungen Schichten erfaßt sind, die bei OSTENDORFF fehlen. Die gleiche Art der Abweichungen findet sich auch bei den 5 Bohrungen (von 21 = 23,8 %) der „Feinsandzone", wobei die Abweichung der Bohrung 36 so auffällig ist, daß nur ein örtlicher Unterschied der Bohrstellenlage Ursache hierfür sein kann. In den „Schluffzonen" mit 4 (von 23 = 17,4 %) Abweichungen ist wieder die Art und Mächtigkeit vorhandener und zusätzlicher Schichten verschieden bewertet; insbesondere fällt auch wieder offensichtlich die abweichende Beurteilung der Korngrößenunterschiede zwischen Schluff — Feinsand — tonigem Feinsand und feinsandigem Ton bei der rein sinnlichen Ansprechung auf. Dabei ist aber eine einwandfreie Trennung gerade des Schluffs und des tonigen Feinsandes für die praktische Entscheidung der Eindeichungswürdigkeit besonders wichtig, denn der Schluff enthält nach OSTENDORFF im Gegensatz zum tonigen Feinsand „keinen oder doch kaum Ton", während die Analyse bei Schluff und tonigem Feinsand wiederholt einen gleichen Gehalt an Feinstem feststellt. Die 6 Abweichungen (von 23 = 26,1 %) bei „tonigem Feinsand" und die 4 (von 16 = 25 %) bei „feinsandigem Ton" unterstreichen die obigen Feststellungen, insbesondere aber die Schwierigkeit, bodenkundlich tonigen Feinsand von analytischem Feinsand, Schluff und feinsandigem Ton auseinanderzuhalten. Unerklärlich bleiben auch solche Abweichungen, wie sie bei Bohrung 141 mit Schluff bei OSTENDORFF und Ton bei HERRMANN oder bei 142 mit bodenkundlichem Torf und analytischem Ton herausgestellt sind.

Bei solchen Unterschieden werden stichhaltige praktische Folgerungen unmöglich. Rätselhaft bleiben auch die 7 (von 14 = 50 %) Abweichungen in den „Tonzonen", wenn z. B. bei 17 und 98 die OSTENDORFF'sche Torfschicht, bei 9, 103 und 128 der bodenkundliche Ton analytisch nicht gefunden ist. Auch hier bleibt als Erklärung nur die Annahme einer stark abweichenden Lage der Probeentnahmestellen, wenn nicht die Zuverlässigkeit der Untersuchungsmethode nach dieser oder jener Richtung bezweifelt werden soll. Aehnliche Gedankengänge treten bei einem Vergleich der 5 (von 11 = 45,5 %) Abweichungen in den Kleizonen auf, wenn bei 62 statt Klei Torf, bei 81 statt Torf Klei, bei 83 statt Klei Schluff und bei 85 statt Klei Sand festgestellt wurde. Die eine (von 3 = 33,3 %) Abweichung in der Torfzone bestärkt die Auffassung, daß die Schnelligkeit der bodenkundlichen Uebersichtskartierung stellenweise vermutlich doch zusätzlich praktisch schwerwiegende Fehler verursacht hat, die bei der endgültigen Festlegung des tatsächlichen Gesamtbildes im einzelnen einer Berichtigung bedürfen.

Zusammenfassung: Vom Gesichtspunkt der praktischen Beurteilung der untersuchten Sedimente auf ihre Eindeichungswürdigkeit stimmen von den 142 niedergebrachten und analytisch untersuchten Bohrungen 85 = rund 60 % miteinander überein, während 41 Bohrstellen = rund 28 % von dem jeweils zugehörigen „bodenkundlichen" Befund klar abweichen und 17 = 12 % nicht ohne weiteres vergleichsfähig sind. Das Vergleichsergebnis ist also wesentlich ungünstiger als zwischen der bodenkundlichen und biologischen Kartierung. Die Ursache für den verhältnismäßig hohen Hundertsatz der Abweichungen zwischen den Ergebnissen der sinnlichen und analytischen Methode mögen zum Teil in den bereits dargelegten Fehlerquellen begründet sein. Es bleibt aber der Eindruck bestehen, daß infolge des schnellen Arbeitstempos und der wechselnden Eigenart der Sedimente die Zuversässigkeit der rein sinnlichen Uebersichtskartierung nicht in jedem Falle gewährleistet und deshalb zur Vertiefung und Sicherung eine zusätzliche analytische Untersuchung zweckmäßig ist.

Im übrigen sind bei der Anwendung der analytischen Methode auf einem neuartigen und bisher nicht näher untersuchten Objekt wertvolle Erkenntnisse sowohl in der technischen Handhabung der Probeentnahme als auch bei den Methoden der Einzelanalyse gewonnen. Infolge des hohen Salzgehaltes und der ausgesprochen alkalischen Reaktion der Sedimente ist es aber fraglich, ob die Methoden der chemischen Analyse, die vom alten Kulturboden des Festlandes ohne weiteres übertragen sind, bei Untersuchung der Sedimentproben aus den Watten auf jeden Fall anwendbar sind. Es erscheint notwendig, die verschiedenen Analysenmethoden der chemischen Untersuchung auf die Zuverlässigkeit der bei ihnen gewonnenen Ergebnisse genauer zu überprüfen. Dies gilt insbesondere für die Untersuchung auf den Gehalt an organischer Substanz, Phosphorsäure und Kali.

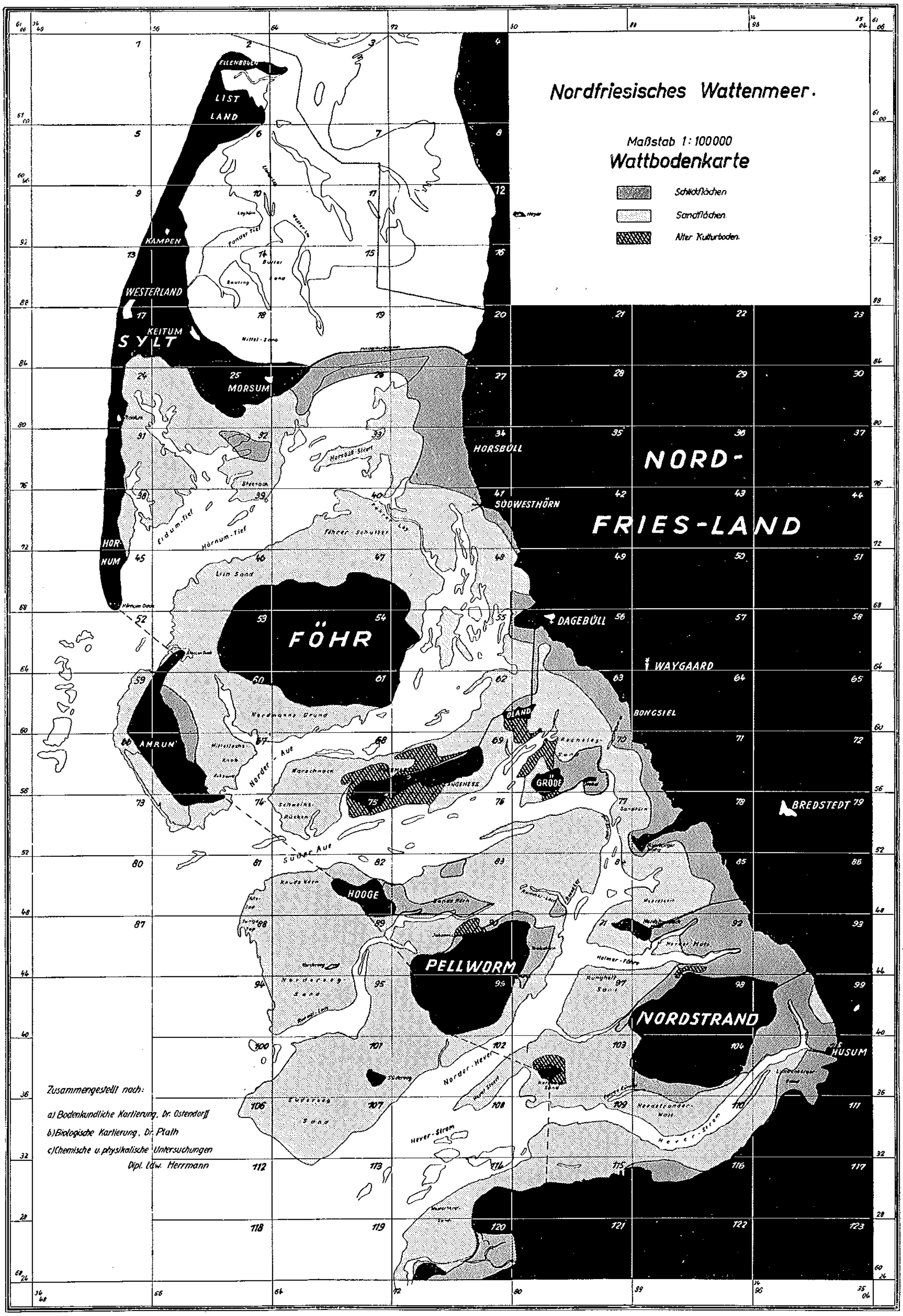
Die Korngrößenanalyse liefert zweifellos das genaueste Bild des Korngrößenaufbaues eines Sedimentes; vom rein wissenschaftlichen Gesichtspunkt erscheint diese Methode auch in erster Linie als Vergleichsmaßstab geeignet, um so mehr, wenn die zu Art und Verhältnis der Korngrößen in bekannter Wechselbeziehung stehenden chemischen Komponenten die Ergebnisse der reinen Korngrößenbestimmung bestätigen. Jede andere Methode der Bodenuntersuchung, ob biologisch oder bodenkundlich (sinnlich wahrnehmbar), muß — selbst bei einer Uebersichtskartierung — bis zu einem hohen Hundertsatz mit den Ergebnissen der grundlegenden Vergleichsmethode übereinstimmen. Falls dies nicht zutrifft, muß, vorausgesetzt, daß die Fehlerquellen der gleichgerichteten technischen Maßnahmen gering sind, die Zuverlässigkeit der zu vergleichenden Methode angezweifelt und eine gegenseitige Ueberprüfung im gleichlaufenden Arbeitsgang gefordert werden.

3. Vergleich der biologischen Ergebnisse nach Plath mit den chemisch-physikalischen Untersuchungsergebnissen nach Herrmann.

Im Gegensatz zu den bodenkundlichen und analytischen Vergleichsergebnissen zeigt sich eine recht gute Uebereinstimmung zwischen der biologischen Besiedlung und der Korngrößenzusammensetzung. Von den 142 Bohrungen für analytische Untersuchungen wurden 105 in Standorten angesetzt, die auch biologisch aufgenommen sind. 95 dieser Bohrungen = 90,5 % stimmen gut überein; 6 sind biologisch nicht eindeutig besiedelt; bei 4 Proben stimmt biologische Besiedlung und Korngrößenzusammensetzung nicht überein. Die übereinstimmenden Bohrungen verteilen sich mit 4 auf Grob- und Schwemmsand, 42 auf Feinsand, 10 auf Schluff, 17 auf schlickigen Sand, 8 auf Schlick, 1 auf Uebergang zwischen Sand und Schluff, 2 auf Uebergang zwischen Schluff und Schlick, 10 auf Klei und 1 auf Moor. Von den 6 nicht eindeutig besiedelten Proben dürften bei Annahme eindeutiger Besiedlung 5 Proben mit der Korngrößenzusammensetzung übereinstimmen, so daß die Gesamtübereinstimmung dann bei 95 % und damit auf der gleichen Linie wie bei dem bodenkundlichen und biologischen Vergleich mit 96 % läge. Die biologische Bestandsaufnahme stimmt also mit den Ergebnissen der bodenkundlichen und analytischen Feststellungen weitgehend überein, während dies zwischen den Ergebnissen der bodenkundlichen und physikalisch-chemischen Untersuchung nicht in gleichem Maße zutrifft.

III. Zusammenfassung der Gesamtergebnisse von allen drei Untersuchungsmethoden.

Wie bereits ausführlich dargelegt, erfolgte die grundlegende Untersuchung nach der sinnlich wahrnehmbaren Methode Ostendorff. Das Ergebnis dieser Untersuchung ist zahlenmäßig auf Seite 50 und karthographisch in der grundlegenden Karte Seite 5 (vgl. Aufsatz Ostendorff) ersichtlich. Diese


Nordfriesisches Wattenmeer.
Maßstab 1: 100000
Wattbodenkarte
Schlickflächen
Sandflächen
Alter Kulturboden.
ELLENBOGEN
LIST
LAND
KAMPEN
WESTERLAND
KEITUM
SYLT
MORSUM
HOR-
HUM
HORSBÜLL
SÜDWESTHÖRN
NORD-
FRIES-LAND
FÖHR
DAGEBÜLL
WAYGAARD
BONGSIEL
AMRUM
OLAND
GRÖDE
BREDSTEDT
Norder-Aue
Süder Aue
HOOGE
PELLWORM
NORDSTRAND
HUSUM
Norder-Hever
Hever-Strom
Zusammengestellt nach:
a) Bodenkundliche Kartierung, Dr. Ostendorff
b) Biologische Kartierung, Dr. Plath
c) Chemische u. physikalische Untersuchungen
Dipl. Ldw. Herrmann

grundlegende Untersuchung ist durch die biologische Ueberprüfung der obersten 30 cm-Schicht nach WOHLENBERG-PLATH und durch analytische Laboruntersuchungen in physikalisch-chemischer Richtung unterbaut. Soweit zwischen den Ergebnissen der bodenkundlichen, biologischen und analytischen Methode Uebereinstimmung herrscht, sind die Ergebnisse der „Grundkarte" ohne weiteres übernommen; soweit die Ergebnisse der biologischen und analytischen Untersuchung übereinstimmen, aber in den Ergebnissen von der bodenkundlichen Ueberprüfung abweichen, ist die grundlegende Karte OSTENDORFF entsprechend abgeändert; soweit alle drei Untersuchungsmethoden in ihren Ergebnissen Widersprüche aufzeigen, ist durch eine zusätzliche örtliche Begehung der in Frage kommenden Wattgebiete, besonders zwischen dem Damm Festland-Nordstrandischmoor und Festland-Nordstrand sowie südlich des Dammes Festland-Nordstrand, eine genauere Klärung und daraus folgernd eine entsprechende Aenderung der „Grundkarte" OSTENDORFF erfolgt.

Der letzte Zweck der Wattenkartierung bestand darin, die vom Wattbodenaufbau her „eindeichungswürdigen" Wattflächen, d. h. also alle die Flächen nach Lage und Umfang zu erfassen, die einen mehr oder weniger großen Tonanteil enthalten. Dazu gehören die beiden Gruppen der heutigen Schlicksedimente und der fossilen Kleigebiete. Alle übrigen Wattgebiete zeigen einen sandigen oder schluffigen Aufbau in verschiedenen Korngrößen und sind nicht „eindeichungswürdig".

Zum Zwecke einer klareren zahlen- und kartenmäßigen Uebersicht sind die verschiedenen stark unterteilten Bodenzonen der Grundkarte OSTENDORFF und der biologischen Karte PLATH in der vorstehenden Karte (Seite 67) zu drei Wattzonen zusammengezogen:

1. Eindeichungswürdige Schlickflächen, die in der oberen Schicht des normalen Wurzelbereichs später anzubauender Kulturpflanzen einen ausreichenden Tonanteil enthalten und im Untergrunde sowohl im Bodenaufbau als auch in der Wasserführung günstige Vorbedingungen für eine landwirtschaftliche Nutzung aufweisen.
2. Fossile, fast vollständig entkalkte Kleigebiete mit einem hohen Tonanteil, die bereits vor der Ueberflutung durch die Nordsee in landwirtschaftlicher Nutzung waren und bei einer Neueindeichung in dem gegebenen Zustand nur für einseitige Grünlandnutzung in Frage kommen.
3. Nicht eindeichungswürdige Sand- und Schluffwatten.

Vom Gesichtspunkt der Eindeichungswürdigkeit entsteht so eine einfache und klare Uebersicht.

Durch eine genauere Abstimmung der Abweichungen zwischen den 3 Untersuchungsmethoden und durch die Zusammenfassung in 3 Wattzonen entwickelt sich als Endergebnis zahlenmäßig nun folgendes Bild:

Die Gesamtfläche*) des nordfriesischen Wattenmeeres umfaßt	= 109 000 ha	= 100	%
davon sind			
nicht trockenfallende Gebiete (weiß)	= 35 000 ha	= 32,0	%
bodenmäßig aufschlickungsbedürftige, nicht eindeichungswürdige Sand- und Schluffwatten (fein hellgrau punktiert)	= 51 700 ha	= 47,4	%
fossile, entkalkte Kleigebiete (karriert)	= 2 400 ha	= 2,2	%
eindeichungswürdige Schlickflächen (dunkelgrau)	= 19 900 ha	= 18,3	%

Insgesamt sind also, vom Aufbau ihrer Sedimente gesehen, 22 300 ha eindeichungswürdig. Auf Grund ihrer niedrigen Höhenlage, ihres geringen Umfanges und ihrer mangelnden Geschlossenheit scheiden jedoch sämtliche Kleigebiete mit 2400 ha und außerdem 4900 ha Schlickfläche — insgesamt also 7300 ha — bis auf weiteres praktisch von der Eindeichung aus. Es bleiben rd. 15 000 ha in geschlossener Lage, hauptsächlich in der deichnahen Zone vor den Festlandsdeichen, die schon jetzt eindeichungswürdig und daher landgewinnungsmäßig in Zukunft besonders zu beachten sind.

Wie aus der abschließenden Karte hervorgeht, verteilen sich die eindeichungswürdigen Flächen in Gesamtgröße von rund 15 000 ha auf folgende 6 Gebiete:

1 = Schlickwatt zwischen Hindenburgdamm und Südwesthörn = rd. 3700 ha
2 = Schlickwattgebiet Dagebüll, Oland, Gröde, Hamburger Hallig = rd. 3800 ha
3 = Schlickwattzone zwischen Hamburger Hallig und Nordstrandischmoor = rd. 1300 ha
4 = Schlickwattzone zwischen Damm Nordstrandischmoor und Nordstrand bis zum Damm Festland-Nordstrand = rd. 3000 ha
5 = Wattgebiet südlich des Nordstrander Dammes zwischen Festland und Nordstrand = rd. 2700 ha
6 = Wattgebiet nördlich Festlandsdeich Eiderstedt und Heverstrom = rd. 500 ha

IV. Praktische Folgerungen für das zukünftige Verfahren der Landgewinnung.

Wenn der in den Maßnahmen der Landgewinnung praktisch tätige Techniker sich das Endergebnis der umfangreichen und vielseitigen Kartierungsarbeiten in den Watten näher ansieht, wird ihm das herausgestellte Bild von seiner praktischen Arbeit her bekannt sein und Arbeitsmaß und Aufwand der Kartierung als überflüssig erscheinen. Eine solche Auffassung mag aus seinem engeren Gesichtskreis auch zunächst als richtig erscheinen; vom Blickpunkt des Küstenschutzes, der Landgewinnung und des planenden See-

*) Einschließlich Vorland und Wasserfläche, aber ohne Inseln und Halligen.

baues war es jedoch einmal notwendig, den Wattboden und den Aufbau seiner Sedimente auch seewärts näher kennenzulernen, um damit die Grenze der Eindeichungswürdigkeit zu erfassen und zeitweilig auftretenden utopischen Plänen die sachliche Wirklichkeit entgegenzustellen; denn für die Eindeichung kommen naturgemäß in erster Linie die tonhaltigen Schlickflächen in Betracht, kleinere Sand- oder Schluffgebiete aber nur, soweit sie in vorhandene geschlossene Schlickflächen hineinragen oder aus späteren betriebswirtschaftlichen Gründen hineinpassen.

Wie die Ergebnisse der bodenkundlichen und analytischen Untersuchungen zusätzlich zeigen, gibt es größere Gebiete eindeichungswürdiger Watten mit einem hohen Tongehalt und Fruchtbarkeitsgrad; jedoch kommt die Mächtigkeit der Aufschlickung einer Verschwendung wertvollster Sinkstoffe gleich. Eine solche kann aber nicht verantwortet werden, weil der Sinkstoffhaushalt des Wattenmeeres nach den Ergebnissen der Sinkstofforschung begrenzt ist. Es muß daher das Bestreben der praktischen Landgewinnung sein, mit den anfallenden Schweb- und Sinkstoffen hauszuhalten und diese mehr als bisher so zu lenken, daß eine Verschwendung auf bereits genügend eindeichungswürdigen Wattflächen auf das geringstmöglichste Maß beschränkt bleibt und dafür eine planvolle Aufschlickung bisher nicht eindeichungswürdiger Schluff- und Sandflächen, besonders im Rahmen bereits eindeichungsfähiger Bezirke, Platz greift.

Langjährige Anbauversuche in den „unreifen" eingedeichten Wattflächen der Finkhaushallig haben gezeigt, daß es nicht notwendig ist, den bisher üblichen, natürlichen Vorgang der Verlandung bis zu 60 bis 70 cm über MThW abwickeln zu lassen oder gar noch bis zu dieser Höhe durch technische Maßnahmen zu unterstützen; es genügt vielmehr, wenn auf den Schluff- und Sandwatten eine Aufschlickung in Stärke von 40 bis 50 cm (bei 1/3 Schrumpfung gleich 26—33 cm) als feinsandiger Ton oder toniger Feinsand erfolgt, so daß sich auf einem wassertragenden oder wasserdurchlässigen Untergrund eine gute Pflugfurche ergibt.

Um dies zu erreichen, wird es aber notwendig sein, die einzelne technische Maßnahme der Landgewinnung, insbesondere den Lahnungsbau und die Wattbegrüppelung, im einzelnen Wattbezirk auf ihre vermutliche Wirkung hin schon bei ihrer Anlage genau zu überprüfen. Es wäre falsch, in jedem Falle nach überliefertem Schema zu arbeiten. Je nach der Form des Wattbeckens, in das die sinkstofftragende Flut aufläuft, nach der Richtung des Flut- und Ebbestromes, der Höhenlage und des Gefälles der Watten, der Beschaffenheit der bereits abgelagerten oberen Sedimentschichten, der fehlenden Aufschlickung oder der Mächtigkeit der bereits vorhandenen Auftragung und sonstiger Umstände, wird jeder Lahnungsbau und jede Wattbegrüppelung zu prüfen sein, ob sie im vorliegenden besonderen Falle geeignet sind, eine weitere Aufschlickung von genügend eindeichungswürdigen

Wattflächen fernzuhalten oder ob sie — im anderen Falle — dazu dienen können, die herangetragenen Sinkstoffe auf bisher noch nicht aufgeschlickte Schluff- und Sandflächen zu verteilen. In toten Buchten, in denen die Flutwelle von Natur aus zu längerem Ruhen und damit in besonderem Maße zum Absetzen der Sinkstoffe gezwungen wird, muß die Lahnung imstande sein, den Ruhestand der Flutwelle abzukürzen, Unruhe zu erzeugen und einen beschleunigten Rücklauf der Flutwelle zu veranlassen. Ist hier eine genügende Mächtigkeit der Schlickauflagerung erreicht, so muß eine weitere Grüppelarbeit unterbleiben oder sich bei gleichzeitiger Ausbildung überbreiter Wattäcker auf die laufende Ableitung des sich in vorhandenen Senken stauenden Salz- oder Süßwassers beschränken. Im Gegensatz hierzu kommt es in aufschlickungsbedürftigen Wattflächen darauf an, den Bau der Lahnungen und ihren gegenseitigen Verlauf so zu gestalten, daß die von Natur aus in diesem Gebiet in stärkerer Bewegung befindliche Flut- und Ebbewelle zum Ruhen und damit zum Absetzen von Sinkstoffen gezwungen wird; auch muß die Begrüppelung in solchen Bezirken in besonders intensivem Maße erfolgen, wobei nach den Erfahrungen in der Finkhaushallig auf schmale Rundäcker ebenso wie auf tiefe, breite, gegebenenfalls stufenförmige, Wattgräben zu achten ist. In welcher Richtung und in welchem Grade sich die einzelne Maßnahme des Baues und der Anordnung der Lahnungen, der Breite der Wattäcker, der Breite und Tiefe der Wattgräben, der Häufigkeit des Grabenaushubs u. a. m. zu bewegen hat, hängt von den bereits erwähnten Umständen, insbesondere aber von der Art der bereits abgelagerten und der neu herangetragenen Sedimente ab. Soweit in dieser Richtung noch offene Fragen vorliegen, sind diese sowohl beim Lahnungsbau als auch bei der Acker- und Grüppelbildung auf dem Versuchswege zu klären, wobei gleichzeitig auch die Möglichkeit einer künstlichen Einschaltung von schwebstoffangenden und bodenbildenden Salzpflanzen weiter zu überprüfen wäre (vgl. WOHLENBERG: Biolog. Kulturmaßnahmen m. d. Queller usw. in Heft 2 vom 1. Jahrgang dieser Zeitschrift).

Im Interesse des Küstenschutzes kommt es in jedem Fall darauf an, die Landgewinnung auch weiterhin so intensiv wie möglich, dabei aber gleichzeitig auch so planvoll zu betreiben, daß vorhandene, nach Sedimentaufbau, Lage und Umfang eindeichungswürdige Wattgebiete ohne Verschwendung wertvoller Sinkstoffe abgerundet und ergänzt dem Zeitpunkt der Eindeichung beschleunigt näher gebracht werden.

Ueber den physikalischen und chemischen Aufbau von Marschböden und Watten verschiedenen Alters

(Beitrag zur Frage der Alterung der Marschen.*)

Von Franz Herrmann.

Inhalt:

I. Einleitung 72
II. Bisherige Arbeiten 74
III. Eigene Untersuchungen 77
Wahl des Untersuchungsbodens, Untersuchung der genommenen Bodenproben im Laboratorium und Besprechung der Ergebnisse.
IV. Vergleichende Betrachtungen über den bodenartlichen und chemischen Aufbau der untersuchten Marschböden und Watten und über vorhandene Wechselbeziehungen 103
V. Zusammenfassung 116
Schrifttum 118
Verzeichnis der Abbildungen, Anlagen und Tabellen 119

I. Einleitung.

Seit undenklichen Zeiten stellt die Natur den Bewohner der deutschen Nordseeküste und besonders den Bewohner Nordfrieslands vor die große Aufgabe, *sich gegen die zerstörenden Kräfte des Meeres zu wehren und ihre aufbauenden Kräfte zu nützen.* Das eine ist ohne das andere nicht denkbar. Die Geschichte der letzten Jahrhunderte und die Landkarte der deutschen Nordseeküste, auf der sich ein Koogsgürtel vor den anderen legt, zeugt vom immerwährenden Kampf des Menschen um seine Heimat.

Wo es aber gilt, großen Kräften Widerstand zu leisten, wo es gilt, jedes Mittel und jeden Handschlag zu wägen, um die Natur in ihrer ganzen Vielgestaltigkeit dem Menschen und seinem Werk nutzbar zu machen, reicht die Macht des Einzelwesens nicht aus. Selbst die kleine Schicksalsgemeinschaft,

*) Diese Abhandlung erscheint zugleich als Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Martin-Luther-Universität zu Halle/Saale.

Die Untersuchungen wurden im bodenkundlichen Laboratorium der Staatl. Forschungsstelle Westküste Husum in Zusammenarbeit mit dem Institut für Pflanzenernährung und Bodenbiologie der Martin-Luther-Universität Halle/S., Direktor Prof. Dr. L. MEYER, durchgeführt.

Dem Verfasser wurde vom Reichsminister für Wissenschaft, Erziehung und Volksbildung der Julius-Kühn-Preis verliehen.

für die es an derartig exponierten Stellen, wie die Wohnstätten hinter den Deichen es sind, um Sein oder Nichtsein geht, muß die Waffen vor den Naturkräften strecken, wenn nicht die leitende und ordnende, die planende und vorausschauende Hand einer größeren Gemeinschaft über ihnen steht!

Denn die Größe des Kampfes wird erst offenbar, wenn man bedenkt, daß der Mensch hierbei in ein Naturgeschehen eingreift, das seit undenklichen Zeiten nach festen Gesetzen abrollt, denen alle, auch die kleinsten scheinbar unwesentlichen Einzelgeschehen, unterstellt sind. Ein solcher Eingriff erfordert aber einen Plan, der jedes Einzelgeschehen berücksichtigt und die Auswirkung jeder Maßnahme bis in die ferne Zukunft in Rechnung stellt, wenn nicht der Erfolg von vornherein in Frage gestellt sein soll. Die Geschichte der nordfriesischen Küste ist trotz des heldenhaften Kampfes ihrer Bewohner ein trauriges Zeichen vieler vergeblicher Arbeit, weil Plan und einheitliche Ausrichtung fehlten.

In Erkenntnis der Tatsache, daß bei einem solchen Werk nur Arbeit auf lange Sicht, die gleichzeitig auf breitester Grundlage aufgebaut ist, dauernden Erfolg haben kann, ist vom Oberpräsidenten der Provinz Schleswig-Holstein ein Zehnjahresplan aufgestellt, der an anderer Stelle eingehend erläutert ist (LORENZEN 1938). Dieser Zehnjahresplan faßt sämtliche Aufgaben, die zur Landerhaltung und Landgewinnung gehören, zusammen und ist Auftakt und zugleich Richtweg für die Inangriffnahme eines großzügigen Arbeitsprogrammes an der schleswig-holsteinischen Westküste. Die Vielzahl seiner Einzelaufgaben gibt dem Außenstehenden zugleich ein Bild von den vielgestaltigen Kräften, die an der Küste am Werke sind, die man erkennen muß, um sie richtig abfangen und einsetzen zu können.

Neben den Aufgaben, die die Biologie, Geologie und die Technik (vergl. hierzu einschlägige Literatur: LORENZEN, KOLUMBE, PFEIFFER, WOHLENBERG (1938), DITTMER, HABERSTROH u. a. m.) zu leisten haben, ist es Sache der analytischen Bodenkunde:

1. Außerhalb des Seedeiches klare Erkenntnisse über Aufbau des Watts und des Vorlandes in bodenkundlicher Hinsicht zu sammeln. Dazu gehört zunächst eine Bestandsaufnahme, ein Vergleich der chemischen und physikalischen Eigenschaften der einzelnen Wattarten und die Prüfung ihrer Nutzungswürdigkeit für den Fall, daß sie
   a) einer sofortigen landwirtschaftlichen Nutzung zugeführt werden sollen,
   b) (falls sie noch Watten sind) erst dem biologisch-dynamischen Verlandungsprozeß unterworfen werden sollen.
2. Innerhalb des Seedeiches Bestehendes zu prüfen, Vergleiche über alle Zustands- und Altersstufen anzustellen, um damit ein Bild vom Entwicklungsgang der Böden vom zuletzt eingedeichten Koog bis zum ältesten Verlandungsprodukt zu erhalten.

Damit wird der Bodenkunde im Rahmen der landwirtschaftlichen Forschung an der Westküste eine Aufgabe gestellt, die so alt ist, wie es Marschland und Anlandung gibt. Die Aufgabe ist einzigartig, denn nirgendwo tritt die Wirkung aller Bildungsgesetze so zutage, wie im Wattenraum unter dem Einfluß der Gezeiten, die dem ganzen Gebiet ihren Stempel aufdrücken.

Die jetzt geschaffene Lage gibt der bodenkundlichen Wissenschaft die Möglichkeit, aufbauend auf den Ergebnissen früherer Jahre, allseitig gesicherte Grundlagen und Erkenntnisse unter Zuhilfenahme zeitgemäßer Mittel für eine gesunde Bodennutzung und für die Gesunderhaltung des Bodens zu sammeln.

II. Bisherige Arbeiten.

Wenn auch ein Teil des Anfang vorigen Jahrhunderts erschienenen bodenkundlichen Schrifttums mehr allgemein beschreibenden Charakter hat (TETENS, SENFT, AHRENDS, ALLMERS, VON REVENTLOW), so gibt es doch manchen wertvollen Aufschluß über den Stand des damaligen Wissens.

Die SENFTsche Anschauung über die Sedimentation ist zwar sehr anschaulich, kann jedoch einer genaueren Prüfung heute nicht mehr standhalten, denn es ist unwahrscheinlich, daß die an der Süßwasser/Salzwassergrenze absterbenden Kleinlebewesen auf die ganze Küste einen so großen Einfluß haben sollten, wie SENFT sie ihnen beimißt.

Ebenso ist die zeitliche Trennung von organischer und anorganischer Sedimentation nicht ganz zutreffend. (SENFT glaubt, daß im Sommer vorwiegend organischer, im Winter dagegen anorganischer „fetter Ton und Knick" abgelagert wird.)

Die Sedimentation im Winter unterscheidet sich von der Ablagerung im Sommer dadurch, daß durch stärkere Überströmung des Vorlandes und des Watts (Sturmfluten) gröbere Sande zum Absatz gelangen als im Sommer. Einzelheiten über die Sinkstofffragen haben neuerdings WOHLENBERG (1938, 1933) und KOLUMBE gebracht (siehe weiter unten).

In ausführlicher Form setzt sich FALLOU 1862 dann mit der Bildung von Marschböden auseinander. Er schildert eingehend den Verlandungsvorgang von der mechanischen Sedimentation organischer und anorganischer Stoffe über die mit dem Queller (Salicornia herbaceae L.) beginnende Vegetation bis zum Andel als dem ersten Nutzgras (Puccinellia maritima) hin.

Die von ihm für Marschböden gewählte Bezeichnung „Thonmoorboden" fußt wohl auf besonderen Verhältnissen an Flußmündungen (wie auch bei SENFT) und der dort verstärkt zum Absatz gelangenden organischen Stoffe.

Erst mit VAN BEMMELEN beginnt dann eine Epoche wissenschaftlich exakter Darstellungen der Marschverhältnisse. Die 1866 erschienene Arbeit über „Bodenuntersuchung in den Niederlanden" ist in mancher Hinsicht grundlegend.

VAN BEMMELEN hat — soweit zu ermitteln — erstmalig eine Reihe verschieden alter Marschen (8 Polder* aus einer Zeitspanne von 314 Jahren) analytisch geprüft und kommt zu folgenden Ergebnissen:

1. Der Kalkgehalt (CaO) nimmt in je 40 Jahren um 1 % ab.
2. Der MgO-Gehalt und der K_2O-Gehalt hatten nur eine Abnahme von 0,4 bzw. 0,2 % in 200 Jahren zu verzeichnen.
3. Der Fe_2O_3-Gehalt beträgt in neuem Boden 4,5 %, in 200—300 Jahren altem Boden 5—6 %.
4. CO_2 nimmt um 1 % in je 50 Jahren ab.
5. Na_2O, Cl, SO_3 um je 0,8 % in derselben Zeit.

*) „Polder" ist die holländische Bezeichnung für Koog.

VAN BEMMELENS Definitionen über „Roodoorn“ und „Knick“ lauten wörtlich:

„In dem ältesten Theile der Provinz, dem Diluvium am nächsten**), findet man viele Strecken niedrigen Landes, die seit Jahrhunderten an einer schlechten Entwässerung gelitten haben. Diese Länder tragen den Namen „Meeden“. In früheren Zeiten konnten sie nur als Heuland benutzt werden. Im Winter waren sie unter dem Wasser. Viele producirten nur Binsen und schlechte Gräser. Jetzt sind die meisten bedeutend verbessert, seitdem überall Wassermühlen gebaut, und für eine bessere Wasserabfuhr gesorgt wird, sodaß sie im Winter nicht mehr unter Wasser stehen.

Die dort vorkommende Bodenart Thon, wird gewöhnlich Knick oder Roodoorn genannt. Wo die oberste Schicht Roodoorn heißt, nennt man die unter der Ackerkrume liegende Schicht Knick. Sie ist sehr bündig, hart und für Wasser sehr schwer durchdringlich. Beide Bodenarten werden zu den weniger fruchtbaren gerechnet.

Der Roodoorn hat eine rötliche Farbe, was von sehr kleinen Theilchen Eisenoxyd herkommt, die in der Erde gleichförmig gemischt sind.

Die Reaktion des Bodens und des wässerigen Extraktes ist schwach sauer. Das wässerige Extrakt des Bodens hat eine deutlich gelbe Farbe, von gelösten Humusstoffen. Der Boden ist sehr reich an Humusstoffen (16 Proc. „Glühverlust“), was sich aus seiner feuchten Lage erklären läßt. An kohlensaures Wasser giebt er merkbar kohlensaures Eisenoxydul ab, was guter Ackerboden nur ganz unbedeutend thut. Diese Humusstoffe sind in dem Zustande, daß sie dem Boden eine saure Beschaffenheit ertheilen, sodaß eine von Humussäure schwachsaure Lösung im Boden circuliren muß, was bei gutem Culturboden nie der Fall ist. Das wässrige Extrakt ist arm an löslichen Stoffen. Charakteristisch ist, daß sowohl Schwefelsäure als Phosphorsäure in schwer löslichen Verbindungen vorhanden sind. Durch verdünnte Salpetersäure wird nur $^1/_6$ der äquivalenten Menge Basen gelöst. Durch Königswasser wird aquivalentmäßig sechsmal soviel Basis gelöst, als durch verdünnte Salpetersäure.

Die Roodoornarten von Äckern, die sich im verbesserten Zustande befinden, d. h., wo dem Wasser ein besserer Abfluß gestattet ist, haben überall das nämliche Aussehen und die gleiche Zusammensetzung, wie die untersuchte Probe, aber sie enthalten weniger Humus, und keinen sauren Humus mehr. Ihr wässriges Extrakt hat keine gelbbraune Farbe, sondern ist nur unbedeutend gelb gefärbt.

. . . . . Knick. Dieser Boden wird fast überall, wo alter schwerer Thonboden in der Provinz Groningen vorkommt, unter der Ackerkrume gefunden, in einer Mächtigkeit von 2—4 Decimeter, also unter dem Roodoorn. Bisweilen nennt man auch in den niedrigen alten Wiesengegenden (Meeden) die ganze obere Tonschicht Knickboden. Er ist sehr bündig, schliffig und zähe. Getrocknet ist er sehr hart und läßt sich sehr schwer zerbröckeln. Charakteristisch ist, daß er sich unter Wasser so langsam senkt. Das Schlammwasser klärt sich so langsam, daß es nach vielen Tagen noch immer trübe aussieht. Der gute Thonmoorboden, wie der Dollardthon, und überhaupt die guten Meeresthone, senken sich viel schneller im Wasser. Daher läßt er sich auch gar nicht filtrieren. Er ist für Wasser fast undurchlässig. Die Pflanzenwurzeln können nur sehr mühsam in den Knick hineindringen. Er enthält viel Eisenoxyd ausgeschieden als Eisenocker oder Raseneisenstein, ist oft marmorartig von rothbraunen Adern durchzogen, örtlich ockergelb, rothbraun gefleckt oder gestreift. Oft hat er auch schwarzbraune Flecken oder Concretionen von Thoneisenstein.

Daß der Knick viel Eisenoxyd enthält, ist klar. Stellenweise ist diese Menge bedeutender, als im Dollardboden und im guten Marschboden überhaupt. Aber im Allgemeinen ist der Gehalt nicht so viel höher, und besteht der Unterschied viel mehr darin, daß in dem Knick das Eisenoxyd ausgeschieden für das Auge sichtbar, dagegen in Dollard- und anderen Thonen (von grauer Farbe und ohne rote Adern und Flecken), mehr in den Silicaten gebunden ist. Mit Wasser gerührt bildet der

**) Der südliche Teil der Provinz Groningen ist Diluvium. An der Grenze des Diluviums liegen Torfschichten (lage Veenen), abwechselnd mit Thon. Weiter vom Diluvium kommt nur Thon vor, im Untergrunde ist überall noch Torf.

Knick wie der Roodoorn einen röthlichen Brei, die anderen Thonarten zeigen immer einen grauen Brei.

Ich fand in einem Knick von Nieuweklooster (Prov. Groningen): 4,8 Proc. Fe_2O_3 (durch Königswasser ausgezogen).

In einem Knick in der Nähe von Groningen: 6,6 Proc. Fe_2O_3 (ebenso)." . . . . .

Die Arbeiten von WICKE und STOHMANN beschränken sich auf die Untersuchung von Knickböden.

WICKE gibt einen aufschlußreichen Versuch an: Er hat mit getrocknetem und gepulvertem Knick Gefäßversuche angestellt. Sie hatten das Ergebnis, daß in dem — nunmehr in seiner Struktur veränderten Knick Depressionen gegenüber Versuchen in bestem Marschboden nicht auftraten, die schädliche Wirkung des Knicks also in erster Linie physikalischen Eigenschaften zuzuschreiben war.

Zu einem ähnlichen Resultat kommt SCHULZE, der zwischen Knickanalysen und denen guter Marschböden keine Unterschiede feststellen konnte.

TANTZENs Arbeit befaßt sich mit den Bodenverhältnissen des Kehdinger Landes, einer Flußmarsch. Der Verfasser erläutert in dieser Abhandlung neben dem Aufbau der Alten Stadländer Marsch ausführlich das Problem der Knickbildung und der Kalkauswaschung und betont, daß eine Altersberechnung der Marsch nach der Entkalkungstiefe, wie SCHUCHT (s. unten) sie angestellt hat, nicht möglich ist, weil die Entkalkung wahrscheinlich in der Tiefe viel langsamer vor sich geht, als in den oberen Bodenschichten. — Im Verlauf der vorliegenden Arbeit wird diese Frage noch behandelt werden.

GRUNERT veröffentlicht 1913 in seinem Werk: „Die Marschbildungen an der deutschen Nordseeküste" zum ersten Mal vollständige Bodenanalysen aus zahlreichen Kögen der gesamten deutschen Nordseeküste, vorwiegend aber aus der schleswig-holsteinischen Marsch. Die Untersuchungen GRUNERTs haben den großen Vorteil, daß sie außer eingehenden chemischen Analysen auch Schlämmanalysen enthalten, also zu Vergleichen mit einzelnen Ergebnissen Gelegenheit geben.

TRILLING gibt neben einer Gesamtübersicht über Größe, Lage, Verteilung und den klimatischen Bedingungen der Marschen Berechnungen über den Verlauf der Entkalkung, wie sie in ähnlicher Form schon von VAN BEMMELEN angestellt sind.

Mit K. VON SEE nimmt ein Vertreter der Bodentypenkunde Stellung zu den Verwitterungsvorgängen im Marschboden. An Hand von Profilen aus Ziegeleigruben erläutert er die Vorgänge der Auswaschung, Hinabschlämmung und Knickbildung, dessen verschiedene Erscheinungsformen angeführt werden.

Nach VON SEE sind die Marschböden in dem von ihm geschilderten Zustand im Sinne der Bodentypenkunde als „podsolige" bzw. „gleypodsolige" Böden anzusprechen.

EHRENBERG behandelt das Problem der Knickbildung und Knickwirkung, die er — wie früher schon WICKE — vorwiegend physikalischen Ursachen zuschreibt.

In dem grundlegenden Werke von SCHUCHT sind aufschlußreiche Angaben über die Verarmung der Marschböden an Nährstoffen vorhanden. Von einer Reihe von Böden aus einem Zeitraum von etwa 300 Jahren sind Gesamtanalysen gemacht, aus denen eine gleichmäßige Abnahme der Nährstoffe P_2O_5, K_2O, CaO, CO_2 und N hervorgeht.

Leider fehlen Angaben über die physikalische Zusammensetzung der untersuchten Böden, so daß die Ergebnisse zu Vergleichen nur bedingt herangezogen werden können.

In der jüngsten Vergangenheit verschafft sich ein maschinelles Verfahren der Marschbodenverbesserung, das Blausandverfahren, besondere Beachtung in landwirtschaftlichen und meliorierenden Kreisen. Die Entwicklung der Jaegerschen Blausandmaschine und ihr anfangs großer Einsatz in den Marschen bringt die wissenschaftlichen Bodenuntersuchungen der Marschböden von der rein analytisch beschreibenden mehr in eine auf die praktischen Bedürfnisse abgestellte Richtung.

Zwar hatte CLAUSEN bereits früher die günstige Wirkung von Blausand an Topfversuchen festgestellt, doch ändert sich im Gefäß die physikalische Struktur des Bodens, so daß die Ergebnisse nur bedingt auf das freie Land zu übertragen sind.

WAGGERSHAUSER sieht die Wirkung des Blausandes in der Strukturverbesserung des Bodens für wichtiger als die Kalkwirkung an.

NAGEL hat den Tongehalt, pH-Werte und den Sättigungszustand junger und alter Marschböden untersucht und durch die Besandung weitgehendes Angleichen der Werte alter an die jüngerer fruchtbarerer Marschböden festgestellt.

BRÜNE und HUSEMANN sind den Wirkungen der Blausandmelioration alter Marschböden mit Hilfe von zehnjährigen Feldversuchen nachgegangen. Sie gingen dabei von

der Überlegung aus, daß es unmöglich ist, die Wirkung einer auf lange Sicht bemessenen und die Struktur des Bodens lange und langsam beeinflussenden Behandlung, wie die Blausandmelioration sie darstellt, in Gefäß- oder gar kurzfristigen Feldversuchen nachzuprüfen.

Aus den Ergebnissen ihrer Versuche folgern sie:

1. Die oft behauptete Alterung der Marschböden ist zur Hauptsache eine Folge falscher Bewirtschaftung, der durch geeignete Gegenmaßnahmen (Kalk und Nährstoffzufuhr, Humusanreicherung) wirksam begegnet werden kann.
2. Kalk und Kunstdünger bringen bei gleichzeitiger Anwendung auf Acker- wie auf Grünland gleiche bzw. vielfach höhere Erträge als entsprechende Mengen Kuhlerde*). Die Hauptwirkung in der Kuhlerde kommt also dem Kalk zu.

Im letzten Jahrzehnt hat WOHLENBERG (1933) Untersuchungen biologisch-ökologischer Art veröffentlicht, die sich mit dem Problem der Verlandung und Bodenbildung unter Hervorhebung des Anteils der lebenden Organismen, besonders des Quellers und des Andelgrases (Salicornia herbacea und Puccinellia maritima) an diesen Vorgängen befassen. Die Arbeiten vermitteln einen tiefen Einblick in die Unzahl — auch scheinbar — kleinster Faktoren, die bei diesem vielgestaltigen Prozeß beteiligt sind.

Zu erwähnen wären schließlich noch die zusammenfassenden Ausführungen von KOLUMBE über die Stellung der verschiedenen wissenschaftlichen Arbeitsrichtungen in der gesamten Westküstenforschung.

III. Eigene Untersuchungen.

Aufgabe der vorliegenden Arbeit ist es, chemischen und physikalischen Eigenschaften des Watts und des Marschbodens nachzugehen, wobei einige Haupteigenschaften, die den Marschböden ihren Charakter geben — soweit sie analytisch erfaßbar sind — auf ihre gegenseitigen Beziehungen untersucht werden sollen. Insbesondere sollen dabei die Veränderungen, die diese Eigenschaften im Lauf der Zeit erlitten haben, aufgezeigt und die dadurch veränderten Bodenverhältnisse geprüft werden. Dabei wurde besonders Wert darauf gelegt, sich bei der Auswahl des Untersuchungsmaterials möglichst an den räumlichen und zeitlichen Gang der Verlandung zu halten. Die Begrenzung des Untersuchungsgebietes auf einen nicht zu großen Raum, in dem größere Störungen in der Verlandung nicht vorgelegen haben, ist ein weiteres Erfordernis für eine klare Einsicht in die räumlich und zeitlich bedingten Veränderungen, denen die Marschböden unterworfen sind. Auf die Aufnahme im Gelände folgte die Untersuchung im Laboratorium, der sich die vergleichende Auswertung anschloß.

Zur Untersuchung sind zwei Geländequerschnitte herangezogen worden, deren Lage aus der Übersichtskarte (Abb. 1) ersichtlich ist. Es handelt sich um zwei Geländequerschnitte vom Geestrand angefangen durch jeweils drei Köge verschiedenen Alters und durch das seewärts davorliegende Vorland und Watt im Kreise Husum. Die Lage dieser Köge ist aus den Meßtischblättern Nr. 203 und Nr. 247 ersichtlich. — In der oben angeführten Übersichtskarte sind außerdem die Eindeichungszahlen der Köge enthalten, so daß folgende, auch durch Strichelung kenntlich gemachte, Altersgruppen unterschieden werden:

*) In Hannover gebräuchlicher Ausdruck für Blausand.

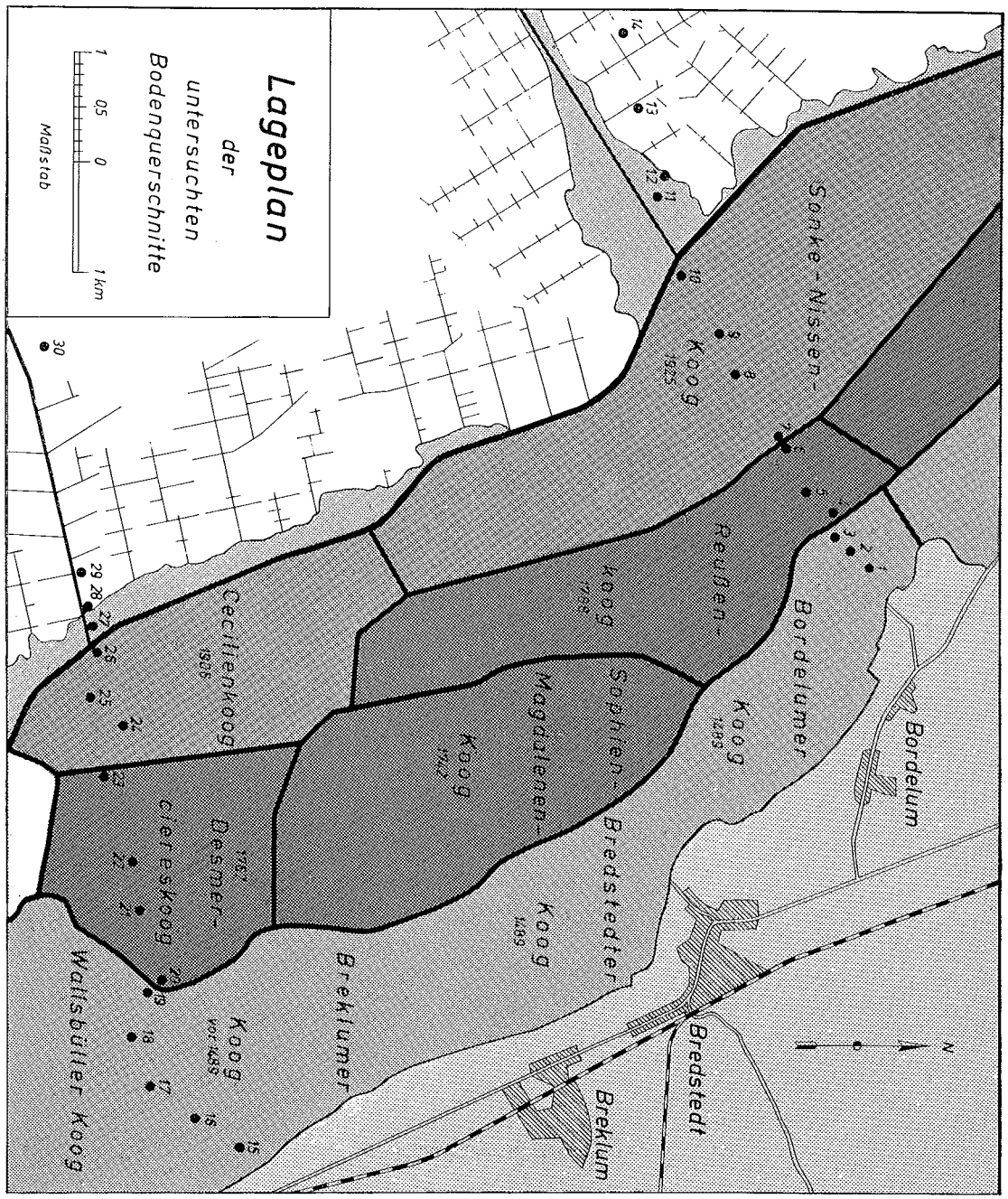


Abb. 1. Das Untersuchungsgebiet mit den beiden Untersuchungslinien von der Geest westwärts bis ins Wattenmeer.

1. Der 450 Jahre alte der Geest direkt vorgelagerte Marschgürtel.
2. Das im 18. Jahrhundert eingedeichte also rund 160 Jahre alte Koogsland.
3. Die jüngsten Köge aus den Jahren 1906 bzw. 1925.
4. Das Vorland und Watt der Gegenwart.

Neben der oben angeführten Lage der Geländequerschnitte in zeitlich einander folgenden Räumen ist es für die Lage der Bohrungen innerhalb jeden Kooges wichtig, daß die einzelnen verschieden gestalteten Verlandungszonen im Koog — gewöhnlich drei — erfaßt werden. — Es handelt sich dabei um
1. die Gebiete kurz westlich des Binnendeiches*),
2. den Mittelteil des Kooges,
3. den Streifen nahe am neuen Deich.

Die Bohrungen sind daher auf jeden Koog so verteilt worden, daß jede dieser Verlandungszonen berührt wird. Ebenso ist außerhalb des Seedeichs jede Phase der Verlandung bis zum vegetationslosen Watt erfaßt.

Weiterhin sind aus Vergleichsgründen nur Dauerweiden zur Untersuchung herangezogen worden. Lediglich in den jungen vorwiegend ackerbaulich genutzten Kögen mußten die Bohrungen bisweilen auf Ackerland gelegt werden.

Die Profilaufnahme im Gelände erfolgte folgendermaßen:
1. Die geographische Lage wurde an Ort und Stelle in die Karte eingetragen.
2. Die Höhenlage jeder Bohrung wurde durch Vermessungstechniker der Forschungsstelle Husum eingemessen und ist bei der Anfertigung der schematischen Darstellungen verwandt worden.
3. Die Profilgrube wurde auf möglichst gleichmäßiges Gelände in sicherer Entfernung von Hecktoren und Gräben gelegt. Bis zu 70—100 cm Tiefe wurde eine Aufgrabung gemacht, das vorhandene Profil nach äußeren Erscheinungsmerkmalen beschrieben und die einzelnen Schichten in luftdicht verschließbare Gläser gefüllt. Bis zu 2 m Tiefe wurden Bodenproben mit einem eigens konstruierten Löffelbohrer (großer Bohrkern mit dünner scharfer Wand) entnommen. Dieser Bohrer gewährleistet durch das Losschneiden des Bohrkerns von der Erdwand größte Sicherheit vor Verschiebungen und Stauchungen des Bohrgutes. Die Schichtenfolge ist in dem ca. 5 cm breiten Schlitz gut zu erkennen.

Die Bodenproben sind in dem 1937 vom Verfasser eingerichteten bodenkundlichen Laboratorium der Forschungsstelle Husum untersucht worden.

Zur Untersuchung sind allgemein gebräuchliche Methoden benutzt, die, ebenso wie etwaige durch die Besonderheit des Materials notwendige Änderungen, bei der Besprechung jeder einzelnen Untersuchungsgruppe angegeben werden.

*) Unter „Binnendeich" oder „Schlafdeich" ist immer der Deich zu verstehen, der nach Errichtung eines neuen davorliegenden Deiches seine Bedeutung als Schutzwall einbüßt und nur als zweite Sicherungslinie zu betrachten ist.

Die Verteilung der Korngrößen.

Die Korngrößenbestimmungen sind im geologischen Laboratorium der Forschungsstelle Husum nach der Pipett-Methode (KÖHN) ausgeführt.

Vier Fraktionen wurden abgelesen:

über 0,1 mm	Feinsand,
0,1—0,05 mm	Mehlsand,
0,05—0,02 mm	Schluff und
unter 0,02 mm	Staub und Ton.

Eine Trennung der Fraktionen über 0,1 mm in noch mehr Einzelgruppen ist nur in Sonderfällen erfolgt. Auf die Abtrennung kleinerer Korngrößen als 0,02 mm mußte wegen des großen Zeitbedarfs dieser Trennungen verzichtet werden. Außerdem wurde bei früher in anderem Zusammenhang gemachten Abtrennungen: „0,02—0,005 mm" und „unter 0,005 mm" die Erfahrung gemacht, daß die beiden letztgenannten Fraktionen mit ganz wenig Ausnahmen ziemlich gleich sind, daß also die Hälfte der Fraktion „unter 0,02 mm" kleiner als 0,005 mm ist und damit dem wahren Tongehalt sehr nahe kommt. (Vergl. Tabelle 1.)

Tabelle 1.

Vergleich der Korngrößengruppen in 0,02—0,005 mm und kleiner als 0,005 mm

Nr.	0,02—0,005 mm	0,005 mm	Nr.	0,02—0,005 mm	0,005 mm	Nr.	0,02—0,005 mm	0,005 mm
1	22,2	23,1	15	6,8	9,0	29	21,5	21,1
2	25,1	26,7	16	1,7	2,4	30	3,1	4,0
3	11,5	13,7	17	6,6	6,3	31	42,4	20,4
4	11,2	14,0	18	2,4	2,0	32	24,2	21,5
5	0,8	9,8	19	8,3	10,4	33	31,9	10,2
6	6,3	7,7	20	1,8	3,1	34	4,9	4,3
7	14,9	13,5	21	5,8	10,5	35	6,2	9,0
8	5,1	6,6	22	3,0	5,5	36	27,9	28,1
9	4,0	4,8	23	3,9	4,8	37	3,6	5,0
10	9,1	10,2	24	4,4	4,6	38	29,5	10,4
11	7,7	10,1	25	4,4	6,7	39	1,6	8,1
12	4,7	2,5	26	20,9	19,0	40	6,6	9,7
13	6,0	7,3	27	25,7	26,4	41	4,2	4,3
14	2,2	3,1	28	25,1	23,9			

Einen Überblick über die Korngrößenverteilung in den zwei untersuchten Querschnitten (siehe Tabelle 2 und Abb. 2 und 8 auf Tafel I bzw. II) zeigt, daß der Schwerpunkt bei allen untersuchten Proben (mit Ausnahme der Bohrungen 1 und 17, auf die weiter unten eingegangen wird), bei den Fraktionen: „0,1—0,05 mm", „0,05—0,02 mm" und „kleiner als 0,02 mm" liegt.

Eine Verlagerung auf die gröbste Fraktion tritt in beiden Geländequerschnitten bei den Proben aus dem Vorland und Watt ein (Bohrung Nr. 11—14 und Nr. 27—30), so daß hiermit im Aufbau beider Querschnitte zwei Gruppen erkennbar sind: Die der heutigen und die der abgeschlossenen Sedimentation.

Diese Feststellung trifft auch für die von GRUNERT angegebenen Schlämmanalysen zu, die er von Bodenproben aus der gleichen Gegend gemacht hat.

Betrachten wir die Korngrößenverhältnisse in den beiden Querschnitten im einzelnen, so kommen wir zu folgenden Ergebnissen:

Geländequerschnitt I (Bohrung Nr. 1—14 auf Tafel I).)*

Der Korngrößenaufbau der Bohrung 1 ist durch gröberes Material der sich ostwärts anschließenden Geest beeinflußt, wie aus der folgenden vollständigen Analyse zu ersehen ist:

Anteile der Korngrößengruppen in v. H. des trockenen Bodens.

Tiefe cm	1 mm	1—0,5 mm	0,5—0,25 mm	0,25—0,1 mm	0,1—0,05 mm	0,05—0,02 mm	< 0,002 mm
0— 11	0,1	1,7	9,4	16,1	1,8	30,0	40,9
11— 18	—	1,2	6,3	5,3	7,4	24,9	54,9
18— 60	0,6	2,9	13,3	11,7	6,3	19,6	45,6
60— 75	0,5	12,1	42,5	23,7	2,1	5,2	13,9
75— 92	0,2	3,0	14,3	14,3	3,5	16,1	48,6
92—100	0,3	5,9	28,1	24,6	2,2	7,0	31,9

Die Bohrungen 2 und 3, die zusammen mit den obersten 100 cm der Bohrung 1 die feinkörnigsten Sedimente des ganzen Querschnitts darstellen, sind naturgemäß durch starkes Vorherrschen der kleinsten Korngrößen (über 60 %) gekennzeichnet.

Im rund 200 Jahre jüngeren Reußenkoog (Bohrung 4—6) tritt die Fraktion 0,1—0,05 mm merklich, und zwar mit steigender Tendenz in westlicher Richtung hervor. Das gleiche Bild zeigt der Boden des Sönke-Nissen-Kooges (Bohrung 7—10).

Außerhalb des Seedeiches liegt dann mit Ausnahme der oberen 60 bzw. 35 cm starken mehr tonhaltigen Schicht ein Sediment, das durch hohen Anteil der zwei gröbsten Fraktionen gekennzeichnet ist, wobei sich die Verlagerung vom Feineren zu Gröberem auch in diesem Abschnitt in der bekannten Weise von Ost nach West vollzieht.

Geländequerschnitt II (Bohrung 15—30 auf Tafel II).)*

Der Breklumer Koog, der östliche Ausgangspunkt des zweiten, südlichen Querschnitts, zeigt andere Verhältnisse.

Kennzeichnet die feinste Fraktion auch hier den inneren Aufbau des Bodens, so tritt sie mit Ausnahme der Bohrung 15 doch nicht in dem Maße in Erscheinung, wie in dem durch den ersten Geländequerschnitt erfaßten Nordteil des untersuchten Gebietes.

*) Tafel I und II befinden sich in der Deckeltasche dieses Heftes.

In den Analysen der Bohrung 16 verlagert sich das Schwergewicht vielmehr auf die Schlufffraktion (0,05—0,02 mm), eine Verlagerung, die sich durch den ganzen Querschnitt fortsetzt. Der diluviale Sandkern, der in den Bohrungen 17 und 18 angeschnitten wurde, ist der Vollständigkeit halber einmal analytisch geprüft, wird aber als nicht zur Marsch gehörig, ebenso wie der Torf, aus der Betrachtung fortgelassen.

Die Bohrungen 17 und 19 sind ebenfalls durch das obengesagte gekennzeichnet, die Bohrung 19, als der letzten vor dem Deich, außerdem durch ein stärkeres Auftreten der nächstgrößeren Fraktion, dem Mehlsand (0,1—0,05 mm).

Im 1767 eingedeichten Desmerciereskoog (Bohrung 20—23) trägt die Verteilung durchweg den gleichen Charakter und ist am stärksten in einer in etwa 60—100 cm Tiefe liegenden Schicht ausgeprägt. Hier beträgt der Gehalt der Schlufffraktion (0,05—0,02 mm) bis zu 58,8 % der Korngrößen. Die gleichen Eigenschaften tragen die zwei ersten Profile des westlich vor dem Desmerciereskoog eingedeichten Cecilienkooges (Bohrung 24—26), wenn auch stellenweise — im ältesten Teil des Kooges wieder gut ausgeprägt — die feinste Korngrößengruppe mehr in Erscheinung tritt.

Der zunehmende Anteil der Korngrößengruppen 0,1—0,05 mm in Bohrung 26 deutet auch hier, wie im Querschnitt I, den Übergang zum noch unbedeichten Teil des Bodens an.

Im deichnahen Vorland herrschen in den jüngsten oberen Ablagerungen wieder die feinsten Teile vor, die darunter liegenden Schichten zeigen das gleiche Bild wie der Westteil des Cecilienkooges, bis sich über Bohrung 29 am westlichen Ende des Querschnitts II ein typischer Feinsandaufbau mit Überwiegen der zwar gröbsten Korngrößengruppen zeigt. —

Die tatsächliche Höhe der feinsten Fraktionen wurde in schematischen Bildern der Bodenquerschnitte (Tafel I, Abb. 2, und Tafel II, Abb. 8), gruppenweise geordnet, graphisch dargestellt. Sie wird uns im weiteren Verlauf der Untersuchung noch mehrfach beschäftigen. Vorläufig mag die anteilmäßige Höhe ihres Vorkommens die Art der abgelagerten Sedimente und ihre Verteilung in den beiden Querschnitten das bereits erwähnte stärker beleuchten, daß nämlich

> im ältesten Teil der Köge, also im jeweils ersten Teil der Verlandung, die feinkörnigsten Sedimente abgesetzt sind.

Auf diesen Teilen haben neben den mechanischen die biologischen Vorgänge der Landbildung (Wohlenberg 1938, 1933) am längsten und nachhaltigsten wirken können.

Neben den Zahlen (Tabelle 2) zeigen ferner die schematischen Darstellungen der Korngrößenverteilung auf den Tafeln I und II für beide Geländeteile den großen Unterschied im senkrechten Aufbau zwischen den ältesten und jüngeren Koogsbändern. Die Verlandung im Bordelumer und Breklumer Koog,

den beiden ältesten Kögen, ist ganz der Natur überlassen gewesen. In den jüngeren Kögen hat der Mensch in steigendem Maße nach Westen durch geeignete Kulturmaßnahmen (Lahnungsbau, Oberflächengestaltung, vergl. hierzu VON REVENTLOW, GRUNERT, PFEIFFER)*) dafür gesorgt, daß ein für die landwirtschaftliche Nutzung gesund zusammengesetzter Boden geschaffen wurde.

Die Verteilung der feinsten Korngrößen im senkrechten und waagerechten Aufbau deckt sich natürlich weitgehend mit den in der Tabelle angeführten durch Gesicht und Gefühl ermittelten Bodenarten. Allerdings kann die Analyse dort, wo Ton und Sandlagen in feiner nur wenig Zentimeter starker Schichtung, die durch ein Zusammenwirken von biologischer und mechanischer Verlandung entstanden ist (WOHLENBERG), wechseln, nicht mit dem Befund im Gelände übereinstimmen, da eine gesonderte Entnahme solcher Schichtlagen hier nicht als Aufgabe angesehen wurde. Eine solche „Mikroaufnahme" des Bodens wird später Gegenstand einer besonderen Untersuchung sein.

Zusammenfassend ist über die Korngrößenverhältnisse zu sagen:

1. Der senkrechte und waagerechte Aufbau der ältesten unterscheidet sich von den jeweils folgenden jüngeren Kögen deutlich, und zwar in folgender Weise:

   Der diluviale Untergrund bzw. der darauf liegende Torf steht in der 1489 eingedeichten Marsch sehr hoch an. Das darauf abgelagerte Sediment ist durchweg aus feinsten Korngrößen zusammengesetzt.

   Unter der teilweise mehr tonhaltigen Oberfläche der jüngeren liegt im Gegensatz zu den ältesten Kögen leichterer Boden.
2. Die Schlufffraktion (0,05—0,02 mm) tritt im südlichen Geländequerschnitt II stärker hervor als im Geländequerschnitt I.
3. In beiden Geländequerschnitten wird der Boden von Osten nach Westen, also seewärts, in jedem einzelnen Koog leichter.

Die organische Substanz (vergl. Tafel I, Abb. 3 u. Tafel II, Abb. 9).

Die Bestimmung der organischen Substanz geschah nach der Methode von ALTEN und WANDROWSKY. Besondere Abänderungen waren nicht notwendig. Jedoch muß bemerkt werden, daß durch die Verbrennung mit Chromschwefelsäure ein Teil reduzierter Stoffe oxydiert wird (besonders Sulfide), wodurch der Endwert sich erhöhen kann. Doch ist diese Fehlerquelle nicht groß, so daß mit Hilfe der Methode hinreichend genaue und für vergleichende Untersuchungen ausreichende Ergebnisse erzielt werden.

Die ermittelten Werte sind neben der Aufzeichnung in Tabelle 2 ebenfalls in schematischen Darstellungen wiedergegeben. Die dabei gebildeten

*) Hinrichs.

Gruppen, die aus den Darstellungen ersichtlich sind, sind in Anlehnung an die von KNOP und RAMANN (nach WIEGENER) eingeführten Klassifikationen aufgestellt:

0— 1 %	sehr humusarm
1,01— 2 %	humusarm
2,01— 5 %	humushaltig
5,01—10 %	humusreich
über 10 %	humusüberreich.

Bei der Gegenüberstellung der schematischen Darstellungen auf den Tafeln ist zu berücksichtigen, daß durch die gruppenweise Zusammenfassung naturgemäß kleinere Unterschiede zum Teil verwischt werden.

Wie oben bereits ausgeführt wurde, werden bei der Bestimmung der organischen Substanz unter Umständen Sulfide erfaßt, die den Endwert erhöhen können. Bei der Bildung der organischen Substanz im nicht verlandeten Wattsediment handelt es sich vorwiegend um die Reste von Kleinlebewesen, in der Hauptsache also um leichtzersetzliche Stoffe im Gegensatz zu den bei der Verwesung von Pflanzen anfallenden schwer angreifbaren Zellulosen, Hemizellulosen, Ligninen und andere.

Bestehen also für die Humusbildung grundsätzlich andere Bedingungen, ist es doch wichtig, den Gesamtvorrat an organischer Substanz als Grundlage für eine mögliche Humusbildung zu erfassen.

Betrachten wir nun die Höhe und regionale Verteilung der organischen Substanz in den untersuchten Geländequerschnitten, so finden wir, daß der Gehalt durchweg gering ist. Schichten, die als humusreich (5—10 %) zu bezeichnen wären, kommen kaum vor.

Geländequerschnitt I. Im ältesten Teil des Geländequerschnitts I, im Bordelumerkoog, ist eine weitgehende Verarmung an organischer Substanz festzustellen, bis auf das Profil bei Bodenquerschnitt 3, das mit 2—5 % als humushaltig zu bezeichnen ist.

Der Reußenkoog weist an zwei Stellen (Bohrung 4 und 6) im oberen Bodenanteil durch die Grasnarbe beeinflußte Schichten mit einem größeren Gehalt an organischer Substanz auf. Nach unten hin nimmt der Gehalt streifenweise ab. In den tiefsten Schichten nimmt mit der Höhe der Feinanteile allerdings der Gehalt an organischer Substanz um ein geringes (rd. 1 %) wieder zu.

Der Sönke-Nissen-Koog, bekannt als einer der fruchtbarsten Köge an der Westküste, ist gleichmäßig von Ost nach West arm an organischer Substanz. Die rund 20 cm tiefe Pflugfurche steht deutlich unter dem Einfluß einer Humusanreicherung durch die Pflanzenrückstände nach der Verlandung bzw. Stoppelrückstände und Zufuhr organischer Düngung nach der Inkulturnahme.

Im Vorland und im Watt sehen wir ein Gleichlaufen des Gehalts an organischer Substanz mit der Verteilung der feinsten Korngröße.

Tabelle 2.

Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse von Bodenproben aus zwei Bodenquerschnitten durch verschieden alte Marschen

Bohrung	Tiefe in cm	Profilbeschreibung	Korngrößenzusammensetzung: >0,1 mm	0,1—0,05 mm	0,05—0,02 mm	<0,02 mm	Chemische Untersuchungsergebnisse: pH/KCl	pH/G2V	H_2O i. % d. feu. Bd.	g. NaCl/L. Bodenw.	% org. Subst.	% Kalk	P_2O_5 (Dircks)	K_2O (Krauss)	% Fe_2O_3
1	0— 11	humos. Ton	27,3	1,8	30,0	40,9	4,77	5,67	28,00	0,45	4,87	0,7	8,5	50	2,87
	11— 18	humos. Ton, Eisen	12,8	7,4	24,9	54,9	4,92	6,05	19,79	0,26	2,49	0,9	6	30	3,14
	18— 60	Ton	28,5	6,3	19,6	45,6	5,42	6,51	16,48	1,07	1,75	0,9	3	25	3,31
	60— 75	Sand	78,8	2,1	5,2	13,9	5,53	6,65	11,77	0,60	0,71	0,5	2	32	1,23
	75— 92	Ton, Eisen	31,8	3,5	16,1	48,6	6,63	7,62	24,35	0,30	1,23	1,7	2,5	35	3,74
	92—100	sandiger Ton	58,9	2,2	7,0	31,9	6,58	—	22,50	0,64	1,09	1,5	—	24	2,29
	100—200	Torf	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	0— 11	humos. Ton, Eisen	7,9	11,9	29,1	51,1	4,96	6,78	29,17	0,19	4,67	0,9	9	22	4,1
	11— 30	humos. Ton	6,1	9,2	26,8	57,9	5,67	6,49	21,40	0,76	2,46	1,2	2	28	4,7
	30— 50	Ton	4,8	6,2	26,1	62,9	6,76	7,67	23,59	0,23	1,84	3,8	2,5	32	4,8
	50— 90	Ton fest, Eisen	3,2	8,4	22,7	65,7	6,76	7,88	27,20	0,75	1,49	5,9	2	20	4,85
	90—100	Ton fest, Eisen	2,0	5,7	28,6	63,7	6,84	7,80	28,79	0,59	1,34	6,6	4	22	4,96
	100—150	sandschichtiger Ton	1,7	7,2	32,0	59,1	6,89	7,59	54,51	0,70	1,77	6,4	2	25	4,48
	150—170	torfiger Ton	0,3	6,4	21,6	71,7	7,32	—	43,75	0,95	4,25	6,2	1	90	3,31
	170—200	Torf	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	0— 10	humos. Ton	9,1	4,1	39,9	46,9	6,33	6,89	28,59	0,63	4,80	1,4	ü.10	52	3,67
	10— 40	Ton	5,0	8,9	30,0	56,1	6,46	7,25	43,70	0,70	2,76	1,9	ü.10	35	4,17
	40— 60	Ton, Eisen	6,1	8,1	23,6	62,2	6,72	7,47	27,15	0,69	2,03	4,3	4,5	48	4,16
	60—135	blauer Ton, Eisen	5,3	9,7	21,7	63,3	6,83	7,57	33,40	2,71	2,27	5,8	4,5	20	4,56
	135—192	schwarzer Ton, sandschichtig	5,5	8,8	15,8	69,9	7,12	7,71	57,55	0,13	3,82	5,7	2	20	K.B.
	192—200	Torf	—	—	--	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Anm.: Die augenscheinliche Höhe des Humusgehalts ist durch unterstreichen des Wortes „humos“ gekennzeichnet. „Eisen“ bedeutet das Vorhandensein ausgeschiedener durch Färbung sichtbare Eisenkonkretionen.

Abkürzungen: fs. = feinsandig,
gr. = grau,
schluff., schl. = schluffig,
schluschi. = schluffschichtig,
toschi. = tonschichtig.

Fortsetzung Tabelle 2

Bohrung	Tiefe in cm	Profilbeschreibung	Korngrößenzusammensetzung >0,1 mm	0,1—0,05 mm	0,05—0,02 mm	<0,02 mm	Chemische Untersuchungsergebnisse p_H/KCl	p_H/H_2O	H_2O i. % d. feu. Bd.	g. NaCl/L. Bodenw.	% org. Subst.	% Kalk	P_2O_5 (Dircks)	K_2O (Krauss)	% Fe_2O_3
4	0— 11	humos. Ton	5,5	17,3	33,1	44,1	6,06	6,67	27,34	0,89	5,52	1,2	6,5	10	3,6
	11— 31	humos. Ton	5,0	15,9	32,3	46,8	6,83	7,42	23,40	0,28	2,40	3,9	4	12	3,8
	31— 60	grauer Ton	2,5	8,5	25,9	63,1	6,82	7,49	31,02	0,77	1,41	6,4	3	10	
	60— 72	grauer Ton, viel Eisen	4,0	13,1	27,1	55,8	6,90	7,61	30,20	0,98	1,10	6,5	4	10	4,
	72—105	tonschichtiger Feinsand, Eisen	6,0	25,9	43,2	24,9	7,11	7,55	24,15	3,11	0,60	6,1	4,5	13	2,
	105—135	Eisenader, verfestigt	4,9	12,4	34,1	48,6	7,02	—	36,95	4,03	1,76	7,1	—	70	5,
	135—200	blauer Ton mit dünnen Sandschichten	10,9	20,4	36,1	32,6	7,43	7,41	26,86	0,98	1,78	4,9	3	42	2,
5	0— 15	humos. Ton	2,8	18,1	44,0	35,1	6,95	7,36	23,30	0,53	3,98	2,8	7,0	11	2,8
	15— 45	humos. Ton	2,2	20,3	42,6	34,9	6,99	7,57	19,90	0,38	1,50	4,6	2,5	14	2,9
	45—105	Ton, feinsandschichtig	4,0	15,7	45,4	34,9	7,05	7,59	26,78	2,21	0,71	6,9	3,5	13	2,1
	105—160	tonschichtiger Feinsand	2,7	40,4	37,2	19,7	7,14	7,54	23,12	0,88	0,49	5,3	3,5	11	1,66
	160—200	blauer Feinsand	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	0— 11	humos. feinsandiger Ton	11,7	33,1	33,2	23,0	6,60	7,10	32,90	0,21	6,86	1,2	10	20	2,27
	11— 40	humos. feinsandiger Ton	6,1	28,0	38,9	27,0	7,23	7,71	20,55	0,27	1,20	3,8	3,5	7	2,30
	40— 90	hellgrauer fs. Ton	7,2	27,8	38,3	26,7	7,05	7,59	23,78	0,38	0,51	5,2	3	10	1,99
	90—130	tonschichtiger Feinsand	5,5	51,7	30,9	11,9	7,26	7,80	21,69	1,03	0,29	4,7	3	10	1,66
	130—185	Feinsand	21,9	35,3	28,9	13,9	7,32	7,65	22,65	3,18	1,08	4,1	1,5	35	1,33
	185—200	fs. Ton	14,2	21,6	34,5	29,7	8,31	—	28,60	6,39	1,49	4,5	3	48	2,36
7	0— 18	humos. Ton	3,3	15,2	35,4	46,1	7,00	7,57	23,38	0,17	3,46	4,1	4,5	30	3,83
	18— 50	Ton, eisenfleckig	8,0	6,0	25,9	60,1	7,00	8,24	28,50	0,79	1,27	6,5	7,5	26	4,42
	50— 90	grauer Ton, eisenfleckig. Bei 90 cm scharfe Grenze des ausgeschiedenen Eisens	0,9	16,8	30,3	52,0	7,00	7,80	24,60	0,25	1,69	5,5	4	40	4,03
	90—135	Ton	6,0	12,5	28,5	53,0	7,40	—	29,68	1,94	1,78	7,3	ü.10	13	3,83
	135—200	blauer Ton	3,9	19,1	46,1	30,9	8,00	—	31,70	7,11	1,64	6,8	3,5	50	3,35
8	0— 15	humos. Ton	3,4	13,4	39,2	44,0	7,00	7,48	24,68	0,37	2,89	4,6	4,5	35	3,82
	15— 50	sandschichtiger Ton, Eisen	4,2	22,9	31,3	41,6	7,00	7,75	26,78	0,24	1,36	5,7	4	45	3,74
	50—110	sandschichtiger Ton, Eisen verfestigt	7,0	30,0	28,2	34,8	7,14	8,02	31,98	1,13	1,50	5,2	5	45	3,34
	110—150	blauer ton. Feinsand	29,8	35,7	23,0	11,5	7,46	7,72	22,80	14,40	1,03	4,6	2	40	1,35
	150—200	grauer ton. Feinsand	11,8	45,9	27,9	14 4	7,82	8,12	23,24	9,22	1,02	5,1	6,5	70	1,66

Fortsetzung Tabelle 2

Bohrung	Tiefe in cm	Profilbeschreibung	Korngrößenzusammensetzung >0,1 mm	0,1—0,05 mm	0,05—0,02 mm	<0,02 mm	Chemische Untersuchungsergebnisse p_H/KCl	p_H/H_2O	H_2O i. % d. feu. Bd.	g. NaCl/L. Bodenw.	% org. Subst.	% Kalk	P_2O_5 (Dircks)	K_2O (Krauss)	% Fe_2O_3
9	0— 27	humos. Ton (Pflugfurche)	3,1	15,5	35,5	45,9	6,91	7,49	26,15	0,13	2,65	5,3	10	55	3,83
	27— 50	Ton, eisenfleckig	5,0	15,4	29,3	50,3	6,94	7,61	28,57	0,22	1,73	6,0	4	36	3,65
	50— 60	Ton, stark eisenfleckig	0,3	13,3	29,3	57,1	7,03	7,91	31,08	0,36	1,92	6,8	—	50	3,71
	60—135	tonschichtiger Feinsand	6,0	32,9	33,9	27,2	7,22	7,53	26,68	1,67	1,23	5,8	2	38	2.18
	135—200	toniger Feinsand	18,7	45,9	20,3	15,1	7,35	7,76	22,20	13,40	1,07	4,9	3	60	1,42
10	0— 10	humos.Ton mit feinen Sandschichten	2,3	19,8	38,7	39,2	7,06	7,46	25,66	0,38	3,12	4,9	8	60	3,82
	10— 35	sandschichtiger Ton, viel Eisen	4,0	24,1	36,8	35,1	7,11	7,96	26,04	0,27	1,82	5,9	3	30	4,54
	35— 90	Ton, eisenschichtig	5,9	25,2	29,0	39,9	7,11	7,71	30,71	0,75	1,59	6,5	7,5	35	3,33
	90—200	blauer feinsandiger Ton	25,3	31,7	23,3	19,7	7,23	7,63	24,65	7,03	1,40	5,3	6,5	70	1,79
11	0— 8	sandschichtiger, humoser Ton	5,5	20,3	42,8	31,4	7,48	8,17	33,39	12,46	3,35	5,5	6,5	45	2,86
	8— 17	sandschichtiger Ton	6,3	24,6	38,9	30,2	7,26	7,72	32,03	26,65	2,27	5,4	4	60	2,78
	17— 65	fs. Ton, stark sandschichtig	11,1	32,6	36,1	20,2	7,40	7,56	28,48	25,87	1,29	4,8	6	40	1,69
	65— 70	Feinnsand, tonig	15,4	47,6	20,0	17,0	8,10	8,25	27,94	23,96	1,36	4,8	3	76	1,76
	70— 90	Ton	8,2	22,9	31,4	37,5	7,98	8,19	38,23	23,21	2,29	6,5	4,5	40	2,43
	90—120	fs. Ton	5,1	52,2	22,8	19,9	8,24	8,32	30,59	24,00	1,49	5,1	3	45	1,84
	120—150	ton. Feinsand	22,9	46,4	18,7	12,0	8,06	8,10	13,24	48,50	0,95	4,0	4	40	1,16
	150—200	Feinsand	28,0	49,0	13,7	9,3	8,05	8,18	15,34	38,01	0,75	3,1	3	40	0,96
12	0— 15	Ton, eisenfleckig	4,5	18,5	36,6	40,4	7,59	7,86	29,52	29,61	2,29	5,7	6	80	3,01
	15— 35	schwarzer Ton	10,0	29,6	27,0	33,4	8,02	8,10	36,82	32,60	2,11	5,6	3	60	2,46
	35— 50	schwarzer fs. Ton, feinsandschichtig	25,1	38,9	19,4	16,6	8,22	8,32	27,80	31,18	1,11	4,6	3	40	1,57
	50— 60	ton. Feinsand	29,2	38,0	17,0	15,8	8,16	8,24	25,68	27,92	1,11	3,6	3	45	1,19
	60—100	Feinsand	45,5	34,0	11,2	9,3	8,14	8,35	22,20	29,04	0,73	2,7	3	50	0,90
	100—150	Feinsand	45,7	35,0	11,3	8,0	8,28	8,42	22,40	28,98	0,57	2,7	3	40	0,83
	150—170	Feinsand	24,5	56,7	9,6	9,2	8,50	8,48	23,49	26,93	0,73	2,7	4	45	0,83
	170—200	Feinsand mit geringer Tonschichtung	20,0	56,9	13,6	9,5	8,14	8,48	23,15	26,80	0,76	3,2	3,5	44	0,84

Fortsetzung Tabelle 2

Bohrung	Tiefe in cm	Profilbeschreibung	Korngrößenzusammensetzung				Chemische Untersuchungsergebnisse								
			>0,1 mm	0,1—0,05 mm	0,05—0,02 mm	<0,02 mm	p_H/KCl	p_H/H_2O	H_2O i. % d. feu. Bd.	g. NaCl/ L. Bodenw.	% org. Subst.	% Kalk	P_2O_5 (Direks)	K_2O (Krauss)	% Fe_2O_3
13	0— 10	fs. Ton	20,2	31,7	20,4	27,7	7,66	7,93	34,22	28,80	1,86	4,4	4	45	2,14
	10— 70	Feinsand	42,8	41,1	7,6	8,5	7,83	8,06	21,57	30,20	0,61	2,4	3,5	50	0,87
	70— 90	ton. Feinsand	23,4	53,7	10,3	12,6	8,45	8,50	25,49	27,45	1,00	3,0	3,5	50	1,02
	90—100	Feinsand	32,5	49,5	9,3	8,7	8,15	8,52	23,40	28,72	0,86	2,8	3,5	60	0,88
	100—140	Feinsand	43,8	41,3	8,6	6,6	8,15	8,45	22,43	27,99	0,55	2,5	3	35	0,74
	140—200	fs. Ton, sandschichtig	11,3	41,4	26,5	20,8	8,40	8,58	36,48	26,82	1,99	5,4	6	60	1,54
14	0— 8	Feinsand	34,1	53,7	6,3	5,9	7,90	7,90	21,19	30,79	0,47	2,4	8,5	35	0,77
	8— 23	toniger Feinsand	51,6	26,3	12,3	9,8	8,47	8,57	23,42	27,67	0,77	3,1	3	40	0,98
	23— 50	Feinsand	33,3	47,5	11,4	7,8	8,52	8,47	21,50	26,40	0,52	2,3	2,5	40	0,84
	50—100	Feinsand	64,3	24,6	5,3	5,8	8,15	8,09	25,56	28,00	1,68	2,3	2	40	0,69
	100—165	Feinsand	39,2	45,8	8,7	6,3	8,20	8,12	23,62	27,87	0,84	2,9	2,5	38	0,77
	165—200	Feinsand	21,7	55,9	13,3	9,1	8,45	8,52	24,00	27,19	0,69	3,4	4	60	0,90
15	0— 10	humos. Ton	40,9	12,0	20,5	26,6	4,62	5,19	33,27	0,43	11,04	0,3	4	7	4,28
	10— 27	Ton, Eisen	15,0	8,6	25,5	50,9	4,22	5,38	23,20	0,51	3,82	0,6	2	8	4,82
	27— 60	Ton, Eisen	5,3	7,6	22,3	64,8	4,57	5,67	29,16	0,45	1,86	1,1	2	8	7,31
	60—200	Torf	—	—	—	—	5,48	5,92	82,80	0,47	50,15	5,9	10	—	—
16	0— 8	humos. Ton	13,2	17,0	37,2	32,6	5,60	6,09	30,05	0,67	4,84	0,8	7,5	13	4,10
	8— 30	humos. Ton	10,2	17,6	39,0	33,2	5,41	6,34	21,83	0,40	2,92	0,5	2	12	5,24
	30— 50	grauer Ton	10,9	13,1	34,9	41,1	5,43	6,56	20,28	0,44	0,89	1,1	1	12	5,31
	50— 90	gr. Ton, sehr hartkörnig, Eisen	6,0	11,6	30,5	51,9	5,76	6,59	27,82	0,51	1,00	1,0	1	12	5,26
	90—100	torfiger Ton	0,1	6,2	16,9	76,8	5,74	6,68	49,50	0,54	11,28	1,9	—	—	—
	100—200	Torf	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17	0— 12	humos. Ton	10,0	19,8	42,9	27,3	5,06	6,51	30,00	0,13	4,77	0,5	3,5	20	4,28
	12— 34	humos. Ton, Eisen	4,9	23,7	41,4	30,0	5,63	6,72	22,15	0,20	2,02	0,4	1	7	4,54
	34— 50	schluffiger Feinsand, tonschichtig	5,2	20,7	40,1	34,0	5,38	6,72	19,16	0,15	0,74	0,6	1	12	5,42
	50— 82	schluffiger Feinsand, stark tonschichtig	11,3	22,2	35,3	31,2	5,43	7,03	19,53	0,26	0,55	0,6	1,5	16	3,90
	82—110	Ton, Eisen	20,2	5,1	21,8	52,9	—	—	22,87	0,25	1,28	0,7	2	12	3,20
	110—200	diluv. Sand	91,4	4,1	2,0	2,5	5,48	6,24	16,43	0,38	2,01	0	3	0	8,06

Fortsetzung Tabelle 2

Bohrung	Tiefe in cm	Profilbeschreibung	Korngrößenzusammensetzung >0,1 mm	0,1—0,05 mm	0,05—0,02 mm	<0,02 mm	Chemische Untersuchungsergebnisse pH/KCl	pH/H_2O	H_2O i. % d. feu. Bd.	g. NaCl/L. Bodenw.	% org. Subst.	% Kalk	P_2O_5 (Dircks)	K_2O (Krauss)	% Fe_2O_3
18	0— 14	humos. Ton	14,9	26,0	36,7	22,4	5,06	5,76	29,00	0,18	4,46	0,2	6,5	5	4,14
	14— 36	humos. Ton, Eisen	6,3	28,1	39,1	26,5	4,02	5,12	20,63	0,28	1,52	0,1	2	7	4,95
	36— 46	schluffiger Ton, Eisen	10,4	20,0	42,2	27,4	4,22	5,89	19,10	0,19	0,62	0,1	2	14	4,20
	46—100	gr. fester Ton, Eisen	2,9	12,9	30,2	54,0	5,03	6,64	23,81	0,43	1,06	1,1	1,5	8	6,66
	100—160	gr. fester Ton, Eisen	7,8	17,1	21,5	53,6	5,52	6,41	28,78	0,31	1,71	1,0	3	12	5,54
	160—180	Torf	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	180—200	diluvialer Sand	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19	0— 5	humos. schl. Ton	13,0	25,9	35,5	25,6	5,66	6,36	38,75	0,32	4,86	0,2	5	40	3,48
	5— 15	schluff. Ton, Eisen	13,6	24,5	35,3	26,6	4,48	5,41	27,62	0,17	3,31	0,2	4	7	3,68
	15— 34	schluff. Ton, Eisen	14,2	27,2	32,4	26,2	4,87	6,24	20,00	0,21	1,17	0,5	2	8	5,75
	34— 58	schluff. Ton, Eisen	5,8	39,0	31,8	23,4	4,88	6,31	21,75	0,18	0,66	0,4	1	9	4,34
	58—100	Schluff, Eisen	11,0	37,9	34,8	16,3	4,70	7,25	22,03	0,17	0,18	0,3	1	6	4,19
	100—125	Schluff, tonschichtig, Eisen	3,9	42,8	35,4	17,9	—	7,32	21,61	0,18	0,30	0,3	1	7	3,14
	125—155	Ton, schluffschichtig, am Grund Eisen	8,7	26,6	39,7	25,0	—	6,20	22,34	0,19	0,73	0,5	1	11	3,10
	155—200	blauer Ton	6,4	6,7	37,7	49,2	—	6,30	24,05	0,38	1,03	0,8	—	40	5,15
20	0— 18	humos. Ton	4,1	16,8	38,3	40,8	5,60	7,22	28,19	0,25	4,77	1,1	10	10	3,51
	18— 34	Ton	8,1	14,2	37,6	40,1	6,85	6,45	17,62	0,61	2,63	3,1	3,5	12	4,54
	34— 50	gr. Ton, Eisen	4,9	8,3	34,7	52,1	6,90	7,96	25,25	0,21	1,38	6,7	1	10	4,14
	50— 82	Schluff, viel Eisen	7,9	47,8	33,1	11,2	7,62	7,86	23,57	0,16	0,90	2,2	3,5	7	1,92
	82— 95	schl. Ton, viel Eisen	5,8	29,5	40,8	23,9	—	7,39	27,28	0,25	1,30	3,0	2,5	12	3,66
	95—120	schluffiger Ton	21,2	22,0	36,9	19,9	—	7,54	30,30	0,13	2,50	3,3	2,5	16	3,34
	120—140	schluschi. Ton, Eisen	5,9	23,2	44,1	26,8	—	7,23	24,20	0,39	0,81	0,9	2,5	40	3,82
	140—200	blaugr. Ton, fest	9,5	1,5	34,9	54,1	6,60	7,64	26,00	1,13	1,04	0,9	3,5	44	4,80
21	0— 10	humos. schl. Ton	8,4	19,7	45,9	26,0	6,65	6,98	22,73	0,16	3,50	3,7	10	20	3,58
	10— 25	humos. schl. Ton	10,3	13,6	49,1	27,0	6,77	7,27	20,15	0,13	2,14	4,1	9	20	3,97
	25— 48	schl. Ton	4,0	12,6	51,1	32,3	6,80	7,50	20,48	0,17	1,53	4,7	5,5	20	3,26
	48— 63	Schluff, Eisen	1,9	30,7	54,9	12,5	7,10	7,86	51,10	0,07	0,30	6,0	3,5	12	2,02
	63—100	toschi. Schluff, Eisen	1,9	28,1	56,8	13,2	7,28	7,97	16,17	0,22	0,26	6,4	3,5	7	2,19
	100—150	toschi. Schluff, Eisen	2,8	24,9	58,8	13,5	7,25	8,05	22,28	0,40	0,28	6,3	4,5	9	2,92
	150—200	blauer Ton, schluffschichtig	1,3	41,9	40,5	16,3	7,32	7,60	27,80	3,13	3,03	5,0	3	35	2,63

Fortsetzung Tabelle 2

Bohrung	Tiefe in cm	Profilbeschreibung	Korngrößenzusammensetzung >0,1 mm	0,1—0,05 mm	0,05—0,02 mm	<0,02 mm	Chemische Untersuchungsergebnisse pH/KCl	pH/H₂O	H₂O i. % d. feu. Bd.	g. NaCl/L. Bodenw.	% org. Subst.	% Kalk	P₂O₅ (Dircks)	K₂O (Krauss)	% Fe₂O₃
22	0— 12	humos. schl. Ton	8,0	23,9	45,9	22,2	6,23	6,70	33,98	0,51	4,85	1,2	10	10	2,88
	12— 22	humos. schl. Ton	7,2	20,2	50,0	22,5	6,80	7,43	24,94	0,12	2,72	2,9	8,5	7	3,26
	22— 47	gr. schl. Ton	22,4	44,3	6,4	26,9	6,86	7,55	20,42	0,12	1,04	5,3	3	7	3,06
	47— 60	gr. Ton, naß, Eisen	3,8	13,1	49,8	35,3	6,98	7,70	22,80	0,47	0,69	6,4	4	10	3,58
	60— 83	toschi. Schluff	11,1	14,7	44,1	30,1	7,15	7,80	26,05	0,48	0,52	6,1	5	16	2,94
	83—150	Schluff	11,9	34,6	46,3	7,2	7,67	8,18	21,08	0,67	0,10	5,4	5	10	1,66
	150—200	ton. Feinsand	2,2	65,0	20,1	12,7	—	—	27,41	4,05	0,95	5,5	4	45	1,86
23	0— 12	humos. Ton, naß	12,9	14,5	39,8	32,8	6,69	7,05	36,50	0,33	8,00	1,3	6	12	3,12
	12— 26	gr. Ton	9,9	18,2	40,5	31,4	6,80	7,40	25,15	0,59	3,14	3,1	7	7	3,68
	26— 40	gr. Ton, Eisen	1,1	19,2	38,5	41,2	6,80	7,46	26,45	0,17	0,79	7,2	3	10	4,26
	40— 80	gr. Ton, naß, Eisen	1,1	15,2	42,9	40,8	6,88	7,50	29,18	0,31	1,56	5,5	10	10	3,72
	80—105	schluff. Ton, Eisen	16,7	18,6	46,4	18,3	7,57	7,91	25,80	2,79	0,45	6,1	3,5	15	2,61
	105—140	schluff. Ton	8,2	38,9	38,7	14,2	7,22	7,77	25,35	3,82	0,48	5,6	4,5	20	1,62
	140—200	bl. feinsand. Ton	52,6	17,5	12,8	17,1	—	—	20,59	7,25	1,86	4,4	3	35	1,78
24	0— 23	humos. Ton (Pflugfurche)	7,4	13,8	44,7	34,1	6,87	7,29	19,75	0,43	2,15	3,2	7	22	3,32
	23— 77	toschi Schluff, viel Eisen	1,3	23,9	43,5	31,3	7,02	7,69	21,21	0,11	0,67	6,0	3	35	3,51
	77—100	schluschi. Ton, Eisen	3,2	15,7	43,9	37,2	6,92	7,65	24,64	0,25	0,80	6,4	5	35	3,14
	100—140	schluschi. Ton, Eisen	0,9	17,1	41,9	40,1	7,02	7,74	29,75	0,58	1,48	6,9	4	32	3,20
	140—200	fs. Ton, schwarz	1,4	31,6	49,9	17,1	7,27	7,61	27,21	0,39	1,24	6,2	3,5	45	2,88
25	0— 12	schl. Ton	7,3	23,7	48,5	20,5	7,05	7,39	22,95	0,20	1,87	3,3	4,5	15	2,62
	12— 30	humos. ton. Schluff	3,9	31,9	45,1	19,1	7,15	7,54	21,46	0,13	1,64	3,5	8,5	5	2,50
	30— 50	Schluff, Eisen	9,9	35,7	43,1	11,3	7,36	7,49	21,10	0,79	0,35	4,7	3	13	1,45
	50—100	toschi. Schluff, Eisen	3,0	20,9	51,7	24,4	7,05	7,52	26,05	0,66	0,47	6,4	4	10	2,62
	100—200	toschi. Schluff, Eisen	10,2	11,9	47,1	30,8	7,15	7,80	29,18	0,57	0,70	6,6	8,5	22	2,85
26	0— 10	humos. schl. Ton	7,6	33,2	41,2	18,0	6,60	6,92	32,10	0,13	4,69	1,5	10	40	2,21
	10— 20	humos. schl. Ton	3,0	36,6	40,4	20,0	7,17	7,60	23,76	0,24	1,60	4,0	3,5	22	1,99
	20— 45	toschi. Schluff	11,6	29,5	40,0	18,9	7,08	7,40	22,93	0,20	0,86	5,0	3	12	2,10
	45— 65	schl. Ton mit Eisenadern	12,0	27,9	28,3	31,8	7,04	7,50	26,38	0,73	1,08	4,8	4	22	4,08
	65— 90	schluschi. Ton, Eisen	16,7	23,2	27,6	32,5	7,10	7,48	31,35	1,01	1,29	5,5	3	20	2,69
	90—120	Schluff, Eisen	11,0	67,9	13,0	8,1	7,40	7,80	24,79	1,93	0,26	2,9	3,5	18	1,31
	120—200	toschi. Schluff, schwarz	10,8	53,2	22,9	13,1	7,26	7,50	23,23	6,89	0,77	4,6	3,5	25	2,06

Fortsetzung Tabelle 2

Bohrung	Tiefe in cm	Profilbeschreibung	Korngrößenzusammensetzung >0,1 mm	0,1—0,05 mm	0,05—0,02 mm	<0,02 mm	Chemische Untersuchungsergebnisse pH/KCl	pH/H_2O	H_2O i. % d. feu. Bd.	g NaCl/L. Bodenw.	% org. Subst.	% Kalk	P_2O_5 (Dircks)	K_2O (Krauss)	% Fe_2O_3
27	0— 7	gr. Ton	0,2	10,0	25,9	63,9	7,46	8,57	42,18	7,47	2,21	6,6	7	38	4,57
	7— 61	schl. Ton	5,6	19,3	37,1	38,0	7,52	7,08	32,18	31,87	1,78	6,2	3	22	2,45
	61— 86	dunkelbl. Ton	6,6	25,4	30,0	38,0	7,69	8,30	34,90	32,21	2,05	6,6	2	45	2,43
	86—112	hellgr. Feinsand	34,0	50,1	7,9	8,0	8,13	8,12	22,90	28,41	0,46	2,2	—	27	0,89
	112—200	graubl. Feinsand	14,9	58,1	17,0	10,0	8,04	8,03	22,83	26,15	0,70	3,4	2	50	1,00
28	0— 20	gr. Ton, Eisen	3,2	13,6	35,8	47,4	7,40	7,60	41,43	39,82	2,37	6,3	4,5	50	3,64
	20— 30	grblau Ton, Eisen, sandschichtig	12,2	20,0	26,3	41,5	7,51	7,58	37,86	41,20	2,30	5,3	7	50	3,04
	30— 50	gr. Ton, sandschichtig	8,8	32,1	23,4	35,7	7,66	7,74	33,19	32,35	1,68	5,4	7,5	45	2,49
	50—115	Feinsand	33,9	52,2	6,0	7,9	8,00	8,15	21,67	28,80	0,48	5,9	2,5	32	0,86
	115—145	fs. Ton	14,7	13,2	49,6	22,5	8,16	8,42	35,36	28,28	2,43	5,9	3,5	55	1,74
	145—165	ton. Feinsand	16,1	57,3	45,5	11,1	8,22	8,29	23,73	28,79	1,03	4,1	3	38	1,02
	165—200	schluff. ton. Feinsand	25,1	17,9	33,9	23,1	8,09	8,15	27,62	27,99	1,73	6,7	4,5	50	1,70
29	0— 8	Ton (Schlick)	14,1	16,4	24,5	45,0	7,80	8,06	46,89	23,21	2,36	7,9	10	50	3,19
	8— 50	toschi. Feinsand	7,5	51,9	21,3	19,3	8,28	8,36	28,15	26,59	1,35	5,6	3,5	45	1,53
	50—100	Feinsand	24,7	50,8	13,1	11,4	8,43	8,62	23,26	27,99	0,78	3,7	3	35	1,03
	100—170	Feinsand	23,5	57,6	8,6	10,3	8,29	8,52	23,52	27,65	1,08	3,6	3	38	0,93
	170—200	Ton	7,1	17,2	37,0	38,7	—	—	34,57	27,75	2,39	7,7	3	60	—
30	0— 30	ton. Feinsand	12,8	50,0	21,2	16,0	8,10	8,18	31,17	27,98	1,43	5,2	3,5	50	1,34
	30— 60	Feinsand	27,6	43,4	16,7	12,3	8,17	8,17	28,59	28,20	1,54	4,4	3	40	1,20
	60— 85	dunkelbl. Feinsand	36,1	44,9	9,3	9,7	8,17	8,34	24,49	27,51	1,83	3,0	—	50	0,84
	85—132	dunkelbl. Feinsand	47,0	34,8	9,2	9,0	8,27	8,10	26,95	29,39	1,86	3,0	2	35	0,83
	132—165	hellgr. ton. Feinsand	26,5	39,0	19,5	15,0	7,94	8,26	28,02	27,25	1,42	4,9	3	—	1,23
	165—200	hellgr. ton. Feinsand	23,9	42,3	17,9	15,9	7,70	8,06	29,07	26,71	1,34	4,3	3	—	1,20

Geländequerschnitt II. Mit Ausnahme der Oberschicht in Bohrung 15 (0—10 cm) ist der Breklumerkoog, der östliche Ausgangspunkt des Querschnitts II, gleichfalls sehr arm an organischer Substanz (Bohrung 16, 90 bis 100 cm, steht unter dem Einfluß des darunterliegenden Torfes).

Der westlich davorliegende ca. 280 Jahre jüngere Desmerciereskoog und der zuletzt eingedeichte Cecilienkoog enthalten ebenfalls wenig organische Substanz. Allerdings ist bei diesen Kögen im Gegensatz zu der Verteilung der organischen Substanz im Sönke-Nissen-Koog (Geländequerschnitt I) deutlicher eine gleichlaufende Beziehung zwischen dem Gehalt an organischer Substanz und dem Gehalt an abschlämmbaren Teilen festzustellen. Das Gleiche tritt im Vorland und Watt in Erscheinung.

Aus der Betrachtung über die Höhe und Verteilung der organischen Substanz in den zwei untersuchten Querschnitten ist demgemäß folgendes zu entnehmen:

1. Der Gehalt an organischer Substanz ist im allgemeinen gering.
2. Im Vorland und im Watt ist eine deutliche Beziehung zwischen dem Gehalt an organischer Substanz und dem Anteil an feinsten Korngrößen festzustellen. Im bedingten Maße gilt dies auch für die untersuchten Böden aus dem Reußenkoog (Geländequerschnitt I), dem Desmerciereskoog und dem Cecilienkoog (Geländequerschnitt II).

Die Bodenreaktion.

Wegen der Veränderlichkeit der pH-Werte ist es allgemein ratsam, Reaktionsbestimmungen sofort nach Entnahme der Bodenproben auszuführen. Aus technischen Gründen konnte dieser Forderung nicht immer entsprochen werden. Um den bei späterer Untersuchung auftretenden Fehler zu ermitteln, sind bei 118 Bodenproben Vergleichsuntersuchungen angestellt worden: Eine pH-Bestimmung sofort nach der Entnahme (am 14. 3. 1939), die zweite bei Bearbeitung der Proben (Juli, August 1939). Dabei wurden folgende Veränderungen festgestellt:

Abweichungen von	0 —0,10	pH bei	39	Proben
„	„ 0,11—0,30	pH „	38	„
„	„ 0,31—0,50	pH „	17	„
„	„ 0,51—1,00	pH „	19	„
„	über 1	pH „	2	„

(Eine pH-Differenz von 2,57 bei einem Torf aus 2 m Tiefe und eine pH-Differenz von 1,09 bei einem Ton aus 2 m Tiefe.)

Diese Zahlen zeigen, daß die Veränderungen größtenteils unerheblich sind und vernachlässigt werden können.

Es wurden pH-Untersuchungen in H_2O und in KCl-Aufschlämmung gemacht. In den Jahren 1937/38 vorgenommene pH-Bestimmungen hatten ge-

zeigt, daß der pH-Wert in der ersten Zeit nach Ansetzen der Aufschlämmung Schwankungen unterworfen ist, die nach mehrstündigem Stehenlassen geringer werden bzw. wegfallen. Die Untersuchung wurde daher so gehandhabt, daß die Proben abends mit H_2O bzw. KCl-Lösung angesetzt wurden und Messungen am folgenden Morgen erfolgten. Dadurch wurden konstante pH-Werte ermittelt.

Die Untersuchungen sind mit einem Potentiometer der Firma H. A. Freye, Braunschweig, ausgeführt. — Tabelle 2 enthält die Untersuchungsergebnisse.

Die Reaktion der beiden Geländequerschnitte.

In der bisherigen Literatur sind wenig Angaben über vollständige pH-Reihen aus Marschböden enthalten. Lediglich NAGEL hat Reaktionsmessungen ausgeführt, die sich aber auf besondere Fälle und nur auf die Ackerkrume (25 cm) und auf den in 2—3 m Tiefe liegenden Blausand beziehen. Vergleichsmaterial liegt daher nicht vor. Es zeigt sich in nachfolgenden Untersuchungen, daß Reaktion und Kalkgehalt des Bodens am augenfälligsten mit dem Alter der verschiedenen Köge in Beziehung zu setzen sind. Durch die Messung der pH-Zahl in KCl und in H_2O Suspension wird ferner ein interessanter Einblick in den möglichen und augenblicklichen Reaktionszustand gegeben. Die Differenz zwischen beiden Zahlen ändert sich hierbei, wie weiter unten gezeigt wird, vom älteren zum jüngeren Boden in gleichbleibender Weise.

Geländequerschnitt I. Betrachten wir zunächst einmal die Reaktion in der H_2O-Aufschlämmung, also den augenblicklichen Reaktionszustand im Geländequerschnitt I (Tabelle 2), so erkennen wir, daß direkt sauer nur das Profil der ersten Bohrung und die Oberschichten der Bohrung 2, 3 und 4 sind. In der Tiefe von Bohrung 2 beginnt ein neutraler Reaktionszustand, der sich je weiter nach Westen immer mehr der Oberfläche nähert. Im Reußenkoog ist das ganze Profil in jeder Bohrung bereits neutral; im jüngsten Koog, dem Sönke-Nissen-Koog, geht die Reaktion in den alkalischen Bereich über, der im Vorland und Watt noch ausgeprägter wird. Dort ist allerdings zu berücksichtigen, daß die unter anaeroben Bedingungen zersetzten organischen Substanzen für das stark alkalische pH neben der Durchtränkung mit Meerwasser (etwa 30 ‰ Salze) verantwortlich zu machen sind*).

Die pH-Messung in KCl-Suspension ergibt ein anderes Bild. Der Bordelumer Koog liegt sowohl in senkrechter wie in wagerechter Ausdehnung im sauren Bereich; mit Ausnahme von zwei sandigen Tonschichten, für die das oben von den Watt- und Vorlandböden gesagte gilt. — Im Reußenkoog wird die Mächtigkeit der sauren Zone von Bohrung zu Bohrung ge-

*) Die mit der Chinhydronelektrode gemessenen pH-Werte können hier auch nicht als fehlerfrei angesehen werden, weil stark reduzierende Sulfide und organische Substanzen die Messung stören.

ringer, bis bei Bohrung 6 der neutrale Bereich fast erreicht ist. — Die potentielle Reaktion im Sönke-Nissen-Koog gleicht sich der aktuellen weiter an, bis im Vorland und Watt ein Ausgleich erreicht ist.

Ein Vergleich der Unterschiede zwischen dem pH/H_2O und dem pH/KCl ergibt für die Altersabschnitte des Bodenquerschnitts I folgendes Bild (die Zahlen stellen die Differenz pH/H_2O minus pH/KCl dar.):

Altes Land:				Junges Land:			
Bordelumer Koog:		Reußenkoog:		Sönke-Nissen-Koog:		Vorland und Watt:	
Bohr.	Mittel jeder Bohrung	Bohr.	Mittel jeder Bohrung	Bohr.	Mittel jeder Bohrung	Bohr.	Mittel jeder Bohrung
1	1,04	4	0,60	7	0,87	11	0,24
2	1,06	5	0,48	8	0,56	12	0,18
3	0,71	6	0,48	9	0,55	13	0,23
				10	0,55	14	0,07

Die Differenzen jeder einzelnen Untersuchung sind in der Anlage 16 aufgeführt.

Es ist also in jedem Zeitabschnitt ein Fallen der Differenz, beginnend beim ältesten, festzustellen, und mit Ausnahme des Sönke-Nissen-Kooges in gleicher Weise ein Fallen von Abschnitt zu Abschnitt.

Legt man dieser Tatsache die Definition der pH-Zahl, wie sie auch Scheffer gibt, zugrunde, so zeigen die Differenzen die steigende Zahl latenter H-Ionen in den älteren Marschen, besonders ausgeprägt in der ältesten Marsch.

Geländequerschnitt II. Im Bodenquerschnitt II — Breklumer Koog (Bohrung 15—19) ist die aktuelle Azidität höher als im Bordelumerkoog. Traten im nördlichen Querschnitt schon im 2. Profil neutrale Reaktionszahlen auf, so ergab die Untersuchung, daß der Querschnitt im ganzen Breklumer Koog bis auf das letzte Profil (Bohrung 19 ab 58 cm) im sauren Bereich liegt.

Der pH-Zustand im Desmerciereskoog (Bohrung 20—23) und Cecilienkoog (Bohrung 24—26) ist gleichmäßig neutral.

Im Vorland und Watt (Bohrung 27—30) reagieren die Böden infolge der gleichen wie beim Querschnitt I beschriebenen Umstände stark alkalisch.

Das pH in KCl-Suspension hat einen gleichsinnigen Verlauf.

Im Breklumer Koog liegt bei sämtlichen Proben die Austausch-Reaktion unter pH = 6,0.

Im Desmerciereskoog wird die Mächtigkeit der sauren Oberflächenschicht geringer, im Cecilienkoog liegt bis auf einige Oberflächenproben neutrale bis schwach saure Reaktion vor.

Das Vorland und das Watt nehmen die bereits bei Geländequerschnitt I beschriebene Sonderstellung ein.

In den Kögen dieses Geländequerschnittes sind zwischen dem pH/H_2O und dem pH/KCl folgende Differenzen zu verzeichnen:

Altes Land:				Junges Land:			
Breklumer Koog:		Desmerciereskoog:		Cecilienkoog:		Vorland und Watt:	
Bohr.	Mittel jeder Bohrung	Bohr.	Mittel jeder Bohrung	Bohr.	Mittel jeder Bohrung	Bohr.	Mittel jeder Bohrung
15	0,82	20	1,24	24	0,57	27	0,43
16	0,81	21	0,57	25	0,40	28	0,13
17	1,05	22	0,61	26	0,36	29	0,19
18	1,19	23	0,52			30	0,23
19	1,39						

Die Unterschiede jeder einzelnen Untersuchung sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Die Untersuchungen der Reaktionsverhältnisse führten demgemäß zu folgenden Ergebnissen:

Die beiden 450 Jahre alten Köge reagieren sauer. Der Breklumerkoog ist stärker versauert als der nördlich liegende Bordelumerkoog.

In der nächsten ca. 160 Jahre alten Gruppe herrscht eine in der Oberschicht schwach, in der Tiefe stärker neutrale Reaktion vor.

Die jüngsten (15 bzw. 35 Jahre alten) Köge sind neutral bis alkalisch.

Die Reaktion im Vorland und im Watt ist stark alkalisch. Sie unterliegt besonderen Bedingungen (Sulfide und Meerwasser).

Zwischen dem pH in Wasseraufschlämmung und dem pH in KCl-Aufschlämmung liegt eine verschieden hohe Differenz, die im Verlauf der beiden Querschnitte von rd. 1 pH auf rd. 0,1 pH zurückgeht.

Der Kalkgehalt (vergl. Tafel I, Abb. 4 u. Tafel II, Abb. 10).

Für die Kalkbestimmung mußte eine Methode gewählt werden, die neben ausreichender Genauigkeit vor allem den Vorzug der Schnelligkeit hatte. Eine Calciumbestimmung aus dem Salzsäureauszug konnte ebensowenig wie die CO_2-Bestimmung nach SCHEIBLER, zit. nach KÖNIG, in Frage kommen. Beide sind zu umständlich und zeitraubend. Nach vergleichenden Untersuchungen ist deshalb folgendes Verfahren angewandt worden: 10 g trocknen Bodens werden mit 10 ccm n-HCl versetzt, bis zum Sieden erhitzt und eine halbe Stunde auf siedendem Wasserbad stehen gelassen. Nachdem wird filtriert, bis zur Säurefreiheit (Lackmus) ausgewaschen und das Filtrat gegen n/10 NaOH zurücktitriert (Indikator Phenolphtalein). Der Salzsäureverbrauch wird auf $CaCO_3$ umgerechnet und als „Kalkgehalt" angegeben. Bei diesem Untersuchungsverfahren muß in Kauf genommen werden, daß neben $CaCO_3$ auch

andere Karbonate und geringe Teile schwerlöslicher Verbindungen (Eisen, Aluminium usw.) in Lösung gehen. Zur Ermittlung des dabei auftretenden Fehlers sind folgende Vergleichsanalysen angestellt worden:

1. Ca-Bestimmung als Calciumoxalat im salzsauren Bodenauszug,
2. CO_2-Bestimmung nach SCHEIBLER,
3. Kalkbestimmung wie oben angegeben.

Die Ergebnisse dieses Vergleichs, auf $CaCO_3$ umgerechnet, sind in Tabelle 4 angegeben. Die Differenz zwischen dem Kalkgehalt, bestimmt aus dem salzsauren Bodenauszug, beträgt im Mittel von 28 Bestimmungen 0,54 %, die Differenz zwischen Kalkgehalt aus dem Auszug mit n/10 HCl und der Kalkbestimmung nach SCHEIBLER 0,545 %. Der Vergleich der drei verschiedenen Untersuchungsarten zeigt, daß die Unterschiede nicht groß sind und sich in gleichmäßigen Grenzen halten, so daß für vergleichende Untersuchungen mit dem angeführten Kalkwert gearbeitet werden kann.

Unter Berücksichtigung der bei den vergleichsweise ermittelten CO_2-Werten wurden dann folgende Gruppen gebildet:

Kalk	0—1 %	gleich	kalkfrei,
„	1,1—3 %	„	sehr kalkarm,
„	3,1—5 %	„	kalkhaltig,
	< 5 %	„	kalkreich.

Die Ergebnisse der Kalkuntersuchungen sind in der Zahlenübersicht (Tabelle 2) angegeben. Außerdem sind die Einzelwerte nach obenstehenden Gruppen zusammengefaßt in den schematischen Darstellungen für die beiden bearbeiteten Geländequerschnitte verwertet worden (Abb. 4 auf Tafel I, Abb. 10 auf Tafel II).

Die Höhe des Kalkgehalts gilt im gesamten Schrifttum als Maßstab für den Alterungsgrad der Marschen. VAN BEMMELEN hat allerdings nur sehr eingehende Berechnungen über das Absinken des Kalkvorrates in verschieden alten Marschen gemacht, ebenso TRILLING und SCHUCHT.

TANTZEN trennt die Auswaschung des Bodenkalkes in die Gruppe der leichtlöslichen Ca- und Mg-Carbonate, die schwerlöslichen Silikate und die Gruppe des absorptiv gebundenen Kalkes. Verläuft die Entkalkung im leichten Sandboden verhältnismäßig gleichmäßig, so ist der Vorgang der Entkalkung in einem schweren oder gar wechselnd leicht und schwer aufgebauten Boden viel verwickelter. Es wird schwer sein, bei solchen Böden aus der Höhe des Kalkgehalts bzw. der ermittelten Entkalkungstiefe allein auf das tatsächliche Alter zu schließen.

Die Betrachtung erfordert also nicht nur ein Eingehen auf den in bestimmten Zeitabschnitten veränderten Kalkgehalt, sondern ebenso sehr die Berücksichtigung der Bodenart.

Tabelle 3.

Aufstellung der Differenzen zwischen der Reaktion in H_2O Suspension und in KCl Suspension

Bohrung:	Tiefe in cm:	Differenz:
1	0— 11	0,90
	11— 18	1,13
	18— 60	1,09
	60— 75	1,12
	75— 92	1,01
2	0— 11	1,82
	11— 30	0,82
	30— 50	0,91
	50— 90	1,12
	90—100	0,96
	100—150	0,70
3	0— 10	0,56
	10— 40	0,79
	40— 60	0,75
	60—135	0,74
	135—192	0,59
4	0— 11	0,61
	11— 31	0,59
	31— 60	0,67
	60— 72	0,71
	72—105	0,44
5	0— 15	0,41
	15— 45	0,58
	45—105	0,54
	105—160	0,40
6	0— 11	0,50
	11— 40	0,48
	40— 90	0,54
	90—130	0,54
	130—185	0,33
7	0— 18	0,57
	18— 50	1,24
	50— 90	0,80
8	0— 15	0,48
	15— 50	0,75
	50—110	0,88
	110—150	0,20
	150—225	0,30
9	0— 27	0,58
	27— 50	0,67
	50— 60	0,80
	60—135	0,31
	135—170	0,41
10	0— 10	0,40
	10— 35	0,85
	35— 90	0,60
	90—200	0,40
11	0— 8	0,69
	8— 17	0,46
	17— 65	0,16
	65— 70	0,15
	70— 90	0,21
	90—120	0,08
	120—150	0,04
	150—200	0,13
12	0— 15	0,27
	15— 35	0,08
	35— 50	0,10
	50— 60	0,08
	60—100	0,21
	100—150	0,14
	170—200	0,36
13	0— 10	0,27
	10— 70	0,23
	70— 90	0,05
	90—100	0,37
	100—140	0,30
	140—200	0,18
14	0— 8	0,0
	8— 23	0,10
	23— 50	0,05
	100—165	0,07
15	0— 10	0,57
	10— 27	1,16
	27— 60	1,10
	60—200	0,44
16	0— 8	0,49
	8— 30	0,93
	30— 50	1,13
	50— 90	0,83
	90—100	0,94
17	0— 12	1,45
	12— 34	1,09
	34— 50	1,34
	50— 82	0,60
	110—200	0,76
18	0— 14	0,70
	14— 36	1,10
	36— 46	1,67
	46—100	1,61
	100—160	0,89
19	0— 5	0,70
	5— 15	0,93
	15— 34	1,37
	34— 58	1,43
	58—100	2,55
20	0— 18	1,62
	18— 34	./. 0,40
	34— 58	1,06
	58—100	0,24
	140—200	1,04
21	0— 10	0,33
	10— 25	0,50
	25— 48	0,70
	48— 63	0,76
	63—100	0,69
	100—150	0,80
	150—200	0,28
22	0— 12	0,47
	12— 22	0,63
	22— 47	0,69
	47— 60	0,72
	60— 83	0,65
	83—150	0,51
23	0— 12	0,36
	12— 26	0,60
	26— 40	0,66
	40— 80	0,62
	80—105	0,34
	105—140	0,56
24	0— 23	0,42
	23— 77	0,67
	77—100	0,73
	100—140	0,72
	140—200	0,34
25	0— 12	0,34
	12— 30	0,39
	30— 50	0,13
	50—100	0,51
	100—200	0,65
26	0— 10	0,32
	10— 20	0,43
	20— 45	0,32
	45— 65	0,46
	65— 90	0,38
	90—120	0,40
	120—200	0,24
27	0— 7	1,11
	7— 61	./. 0,44
	61— 86	0,61
	86—102	./. 0,01
	102—200	./. 0,01
28	0— 20	0,20
	20— 30	0,07
	30— 50	0,08
	50—115	0,15
	115—145	0,26
	145—165	0,07
	165—200	0,06
29	0— 8	0,26
	8— 50	0,08
	50—100	0,19
	100—170	0,23
30	0— 30	0,08
	30— 60	0,0
	60— 85	0,17
	132—165	0,32
	165—200	0,36

Tabelle 4.

Vergleichende Kalkuntersuchungen

I. Calciumbestimmung aus dem Salzsäureauszug (als Calciumoxalat gefällt).
II. Kohlensäurebestimmung nach Scheibler.
III. Kalkbestimmung mit n/10 HCl.

Alle Werte sind auf $CaCO_3$ umgerechnet.

Bohrung:	Tiefe in cm:	I.	II.	III.
11	0— 8	4,48	4,49	5,5
	8— 17	4,47	4,30	5,4
	17— 65	4,08	4,12	4,8
	65— 70	4,52	4,44	4,8
	70— 90	4,80	5,84	6,5
	90—120	4,57	4,34	5,1
	120—150	3,39	3,30	4,0
	150—200	2,80	2,91	3,1
17	0— 12	0,664	0,132	0,5
	12— 34	0,448	0,100	0,4
	34— 50	0,438	0,118	0,6
	50— 82	0,402	0,103	0,6
	82—110	0,618	0,060	0,7
	110—200	0,107	0,026	0
21	0— 10	3,06	2,90	3,7
	10— 25	3,41	3,30	4,1
	25— 48	3,96	4,01	4,7
	48— 63	5,14	5,86	6,0
	63—100	5,58	6,22	6,4
	100—150	5,23	5,82	6,3
	150—200	4,32	4,21	5,0
26	0— 10	1,25	0,74	1,5
	10— 20	3,36	3,37	4,0
	20— 45	4,05	4,53	5,0
	45— 65	4,19	4,01	4,8
	65— 90	4,88	4,96	5,5
	90—120	2,60	2,83	2,9
	120—200	4,16	4,03	4,6

Der Kalkgehalt in den Geländequerschnitten.

Geländequerschnitt I: Von einer „kalkfreien" Zone kann man im Bordelumerkoog nur bei Bohrung 1 in 0—75 cm Tiefe und bei Bohrung 2 in 0—11 cm Tiefe sprechen. Im übrigen Teil des Kooges sind bis zu etwa 60 cm Tiefe noch, aber nur geringe Kalkmengen vorhanden. Unter dieser Schicht aber steigt der Kalkgehalt bis über 5 % an, einer Höhe, bei der von einer Auswaschung kaum mehr gesprochen werden kann.

Im Reußenkoog lassen sich im senkrechten Aufbau vier Kalkzonen unterscheiden, die vergleichsmäßig in der ganzen Ausdehnung dieses Kooges festzustellen sind.

1. Die entkalkte Grasnarbe von 11—15 cm Mächtigkeit,
2. eine darunter liegende schwach kalkhaltige Schicht bis zu etwa 40 cm Tiefe,
3. ein kalkreicher Streifen bis zu 90—150 cm, dem
4. eine um ein Geringes kalkärmere Zone unterlagert ist.

Der Sönke-Nissen-Koog ist, von geringen Spuren einer Entkalkung an der Oberfläche abgesehen, kalkreich.

Im Vorland und im Watt folgt der Kalkgehalt sichtlich der Korngrößenzusammensetzung des Bodens.

Geländequerschnitt II. Der Breklumerkoog ist, wie bereits in den pH-Werten zum Ausdruck kam, stärker entkalkt als der nördlich liegende etwa gleich alte Bordelumerkoog. Der ganze Koog ist sowohl in senkrechter als auch wagerechter Richtung kalkfrei zu nennen.

Dieser Entkalkungsgrad setzt sich in dem Ostteil des Desmercieres-kooges fort. Erst bei Bohrung 21 ist unter der 50 cm mächtigen Oberschicht ein Kalkgehalt von 5 % anzutreffen, der sich in etwa gleichbleibender Stärke durch den ganzen Koog hinzieht. In die Oberkrumen der Bohrung 22 und 23 setzt sich die bei Bohrung 20 und 21 bemerkte Entkalkung fort, die hier in derselben Stärke auftritt, wie im entsprechenden Koog des nördlichen Querschnitts, dem Reußenkoog.

Entkalkt ist im Cecilienkoog lediglich die Krume bei Bohrung 26 nahe der Westgrenze. Der übrige Teil der Oberschicht ist noch schwach kalkhaltig, darunter liegt dann wie vorher im Desmerciereskoog Boden mit rund 5—6 % Kalk.

Das Vorland und Watt in Geländequerschnitt II ist kalkhaltiger als das nördlicher gelegene, durch den Geländequerschnitt I erfaßte noch nicht eingedeichte Wattgebiet. Die 50 cm starke Oberschicht ist kalkreich, darunter geringerer Kalkgehalt. Im ganzen gesehen, folgt der Kalkgehalt hier auch wieder der mechanischen Zusammensetzung des Bodens.

Vergleicht man den Kalkgehalt in den Oberkrumen der einzelnen Zeitabschnitte, so ergibt dieser Vergleich folgendes Bild:

	Durchschnittlicher Kalkgehalt in der Oberkrume:	Durchschnittliche jährliche Abnahme gegenüber Vorland:
1. Geländequerschnitt I.		
Ältester Abschnitt (450 Jahre alt)	1 %	0,01 %
Zweiter Abschnitt (160 Jahre alt)	1,7 %	0,024 %
Dritter Abschnitt (15 Jahre alt)	4,7 %	0,06 %
Vierter Abschnitt (recent) Vorland	5,6 %	—
Watt	3,4 %	—
2. Geländequerschnitt II.		
Ältester Abschnitt (450 Jahre alt)	0,4 %	0,014 %
Zweiter Abschnitt (160 Jahre alt)	1,5 %	0,03 %
Dritter Abschnitt (34 Jahre alt)	2,6 %	0,08 %
Vierter Abschnitt (recent) Vorland	6,6 %	—
Watt	5,2 %	—

Nimmt man das Vorland als Vergleichsmaßstab an und errechnet den mutmaßlichen jährlichen Kalkverlust eines jeden Altersabschnitts, so kommt

man zu den oben in der rechten Spalte angeführten Werten für den mittleren jährlichen Kalkverlust der Oberkrume in den verschieden alten Kögen.

Das heißt also, daß

1. die Entkalkung, bedingt durch den verschieden hohen Löslichkeitsgrad der Ca-Verbindungen, in den ersten Jahren nach der Eindeichung wesentlich schneller vor sich geht, als in den folgenden Jahren,
2. es nicht angängig ist, über eine Reihe verschieden alter Köge mit einer mittleren Entkalkungszahl zu rechnen. Die mittlere Entkalkungszahl muß dann schon für jeden Koog gesondert ermittelt werden.

Auf die Wechselbeziehungen von Bodenart und Kalkgehalt wird später näher eingegangen werden.

Der Gehalt an Phosphorsäure.

Zur Phosphorsäurebestimmung wurde die Methode von DIRKS-SCHEFFER benutzt. Es wurde genau nach Vorschrift gearbeitet. Die Ergebnisse sind aus Tabelle 2 und aus den beiden schematischen Darstellungen (Abb. 5 auf Tafel I und Abb. 11 auf Tafel II) zu ersehen.

Da die Methode DIRKS, wie auch die meisten anderen chemischen Methoden, aus agrikulturchemischen Gründen nur den löslichen Anteil der Bodenphosphorsäure erfaßt, können diese Untersuchungen des z. Zt. durch Pflanzen nutzbaren Phosphorsäuregehaltes nur einen bedingten Einblick in den P_2O_5-Zustand der Böden und seine Verteilung geben.

Der Phosphorsäuregehalt in den beiden Querschnitten:

Der Gehalt an löslicher P_2O_5 ist in beiden Querschnitten allgemein sehr gering. Der größere Reichtum an leichtlöslicher P_2O_5 in der Oberkrume rührt ohne Zweifel von der Düngung her, ist also kulturbedingt.

Der Untergrund, in dem man einen etwaigen natürlichen Phosphorsäurevorrat feststellen könnte, ist bis auf drei Einzelfälle, die bedeutungslos sind, phosphorsäurearm.

Im Vorland und Watt ist in zwei geringmächtigen Schichten ebenfalls guter P_2O_5-Vorrat vorhanden. Die übrigen Analysen aus dem Vorland und Watt zeigen keinen oder nur geringen Gehalt an löslicher P_2O_5.

Der Kaligehalt.

Es wurde die von KRAUSS angegebene nephelometrische Kalibestimmungsmethode angewandt. Die Methode, die ihrem Wesen nach wohl nur als eine genauere qualitative aufzufassen ist, läßt aber eine Eingruppierung der Böden in verschiedene Kaligehaltsgruppen zu. Gute Übung im Vergleich der Kaliumcobaltinitrit-Niederschläge und eine konstante Lichtquelle für den Vergleich der Teströhrchen mit den Untersuchungsröhrchen, die durch einen

ähnlich dem von KRAUSS angegebenen selbst angefertigten Vergleichsständer mit künstlicher Beleuchtung erzielt wurde, ermöglicht noch enger liegende Zwischenwerte abzugrenzen. Oberhalb 70 mg K_2O in 100 gr Boden färbt der Kaliumkobaltinitrit-Niederschlag die Flüssigkeit jedoch so stark, daß Unterschiede nicht mehr erkennbar sind. Dann muß mit Verdünnungen gearbeitet werden.

Die Einstufung wurde in folgende Gruppen vorgenommen:

0—7, 8—14, 15—25, 26—40 und $>$ 40 mg in je 100 g Boden.

Die Kaliwerte sind in üblicher Weise in Tabelle 2 und in einer schematischen Darstellung für jeden Geländequerschnitt (Abb. 6 auf Tafel I und Abb. 12 auf Tafel II) wiedergegeben.

Die Seemarschen sind im allgemeinen als kalireich bekannt.

Neben dem mineralischen Kali, das in marinen Sedimenten oft als Glimmer beobachtet wird, werden die Watten dauernd vom Meerwasser durchtränkt, aus dem dann je nach Beschaffenheit des Sediments mehr oder weniger große Kalimengen sorptiv gebunden werden.

In unbedeichten Watten und Vorländern, wie auch in ganz jung eingedeichten Kögen, liegt noch eine dritte Form, nämlich das von der Meerwasserdurchtränkung herrührende im Bodenwasser gelöste Kali vor.

Entsprechend der verschieden großen Löslichkeit der angeführten K_2O-Verbindungen geht die Auswaschung in verschiedenen Stufen vor sich. Neben dem Kali der Bodenlösung wird in erster Linie das sorptiv gebundene Kali und dieses je nach der Sorptionskraft schwerer und leichter Böden verschieden schnell ausgewaschen.

Verteilung des Kali-Gehaltes in den untersuchten Geländequerschnitten.

Geländequerschnitt I: Den geringsten Kalivorrat im ältesten Koog dieses Geländeteiles, dem Bordelumerkoog, hat die Oberkrume in Bohrung 2. Die entsprechenden Schichten in Bohrung 1 und 3 sind dagegen reich an K_2O. Bis in etwa 50—80 cm Tiefe erstreckt sich eine gleichfalls starke K_2O-haltige Schicht, unter der dann erst der Gehalt abnimmt.

Der Reußenkoog (Bohrung 4 bis 6), der der Zusammensetzung nach leichter ist, liegt bis zu rd. 1,50 m Tiefe unter der „14 mg"-Grenze, die in Bohrung 4 und 6 bis zu 2 m Tiefe erheblich überschnitten wird.

Im Sönke-Nissen-Koog ist nur im Ostteil eine 45 cm starke weniger kalihaltige Schicht feststellbar. Der übrige Teil des Querschnitts in diesem Abschnitt ist stark kalihaltig.

Ebenso verhält sich das Vorland und das Watt, in dem an keiner Stelle ein K_2O-Gehalt unter 25 mg/100 gr Boden festgestellt wurde.

Geländequerschnitt II. Wie schon bei der Besprechung des Kalkgehalts festgestellt, verhält sich auch die sorptiv gebundene K_2O-Menge im Breklumer Koog anders als im Bordelumer Koog. Eine Schicht mit nur 7 mg K_2O/100 gr

Boden durchzieht fast den ganzen Koog. Der darunter liegende Teil des Profils hat, ebenfalls gleichmäßig über den Koog verteilt, nicht über 14 mg K_2O/10 gr Boden.

Ähnlich setzt sich die Abstufung des K_2O-Gehalts im Desmerciereskoog fort. Erst unterhalb einer Linie in etwa 1,50 m Tiefe liegt dann eine Zone mit viel Kali.

Nur der Ostteil des 139 Jahre jüngeren Cecilienkooges ist reich an Kali. Nach Westen nimmt mit der Zunahme leichteren Bodens auch die K_2O-Menge ab.

Das Vorland und das Watt bieten wieder das gleiche Bild wie die entsprechende Altersgruppe im Geländequerschnitt I.

Das Ergebnis der Kaliuntersuchung ist:

1. Im Geländequerschnitt I liegt bis auf die Werte des Reußenkooges durchweg viel sorptiv gebundenes Kali vor.
2. Der Geländequerschnitt II ist von Anfang bis Ende kaliärmer.
3. Vorland und Watt in beiden Querschnitten sind stark kalihaltig. Die Höhe des K_2O-Gehaltes wird durch die dauernde Meerwasser-Überflutung und das darin enthaltene Kali beeinflußt.
4. Abstufungen des Kaligehaltes, die durch das verschiedene Alter der Köge hervorgerufen sein könnten, sind nicht einwandfrei zu ermitteln.

Die Verteilung des Eisengehaltes in den Geländequerschnitten.

Zur Bestimmung des Eisens wurde ein Salzsäureauszug hergestellt. 50 gr. Boden in 500 ccm HCl vom spezifischen Gewicht 1,19 30 Minuten kochen.) Nach Zerstörung der organischen Substanz und Abscheiden der Kieselsäure wird das Eisen mit Natriumthiosulfat titrimetrisch bestimmt (Gedroiz).

Die Analysenergebnisse finden sich in der Tabelle 2 und den schematischen Darstellungen (Abb. 7 auf Tafel I und Abb. 13 auf Tafel II).

Die große Rolle, die das Eisen bei den Altersveränderungen der Marschböden spielt, führte dazu — vorläufig ohne Berücksichtigung von Form und Verbindung des Eisens — die beiden Geländequerschnitte auf ihren Gesamteisengehalt zu untersuchen.

Es ist allgemein bekannt, daß im senkrechten Aufbau der Marschböden Eisenausscheidungen entweder als körnige Kongregationen regelmäßig verteilt sind oder in Schichten oder Streifen besonders hervortreten. Wurden solche Stellen im Profil angetroffen, so sind von diesen gleichfalls Proben entnommen und untersucht worden.

Geländequerschnitt I. Der stärkste Eisengehalt im Bordelumerkoog ist in den Bohrungen 2 und 3 mit über 4 %. Die Schicht 90—100 cm in Bohrung 2 ist ein Ton mit besonders viel verhärteten Eisenausscheidungen, in denen

man dem Augenschein nach erheblich mehr Eisen als in den angrenzenden Schichten vermuten sollte. Die Analyse zeigt, daß dies für den hier bestimmten Gehalt an Gesamteisen kaum der Fall ist.

Eine ähnliche Schicht liegt in der ersten Bohrung im Reußenkoog (Bohrung 5, 105—135 cm Tiefe). Diese Schicht war so verhärtet, daß die Brocken einzeln losgebrochen werden mußten. Im übrigen Teil dieses Altersabschnitts liegt der Eisengehalt, wie die Darstellung zeigt, gleichmäßig verteilt.

In Bohrung 8, im Sönke-Nissen-Koog, Tiefe 50—110 cm, lagen die Eisenverbindungen auch in teilweise verfestigter Form vor. Eine besondere Auswirkung dieses verdichteten Vorkommens in der Analyse ist nicht zu erkennen, desgl. in Bohrung 9, Tiefe 50—60 cm.

In der letzten Bohrung dieses Kooges tritt die Schicht 10—35 cm mit 4,54 % Eisen hervor. Der Boden ist an der Stelle stark geschichtet (sandige und tonige Lagen im Wechsel), in denen das Eisen regelmäßig ausgeschieden wurde, wir es also mit ausgesprochenen Eisenhorizonten zu tun haben. Der übrige Teil des Kooges bietet ein ähnliches Bild wie der Reußenkoog.

Im Watt und Vorland ist der durchschnittliche Gehalt an Eisen gering.

Geländequerschnitt II. Der Breklumerkoog zeichnet sich durch besonders hohen Eisengehalt aus. Eine gleiche wie die im vorigen Abschnitt beschriebene Schichtung findet sich in Bohrung 16, Tiefe 50—90 cm. Auch hier täuscht der Augenschein im Verhältnis zu den angrenzenden Schichten viel mehr Eisen vor, als tatsächlich vorhanden ist. Der hohe Eisengehalt setzt sich dann im Desmerciereskoog bis in die erste deichnahe Bohrung fort. Im weiteren westlichen Teil ist das Eisen in drei Schichten regelmäßig verteilt, bis auf die letzte Bohrung, in der eine 20 cm (45—65 cm Tiefe) starke Schicht durch hohen Gehalt hervortritt.

Im Cecilienkoog ist der Eisengehalt bis auf die im Osten des Kooges liegende Bohrung 24 gleichmäßig verteilt. In Bohrung 26 im Westen dieses Kooges tritt eine 20 cm starke Schicht, die im Profil als eine „schluffige Tonschicht mit Eisenadern" kenntlich war, durch einen Gehalt von 4,05 % hervor.

Im Vorland und Watt hat die Oberschicht höheren, das darunterliegende Sediment geringeren Eisengehalt.

IV. Vergleichende Betrachtungen über den bodenartlichen und chemischen Aufbau der untersuchten Marschböden und Watten und über vorhandene Wechselbeziehungen:

Unterzieht man die in den Tabellen und in den schematischen Bildern der Geländequerschnitte angeführten Untersuchungsergebnisse einer vergleichenden Betrachtung, so lassen sich schon aus den vorstehend gemachten Einzelangaben Zusammenhänge zwischen den einzelnen hier ermittelten Bodeneigenschaften erkennen, die nunmehr auf ihre engeren Beziehungen hin geprüft werden sollen.

Da die Korngrößenzusammensetzung und hierbei besonders die feinste Fraktion (< 0,02 mm) als Maßstab für die Beurteilung des mechanischen Bodencharakters und damit für die Kennzeichnung der Bodenart gewählt worden ist, was ja auch sonst als bodenartliches Unterscheidungsmerkmal gilt, muß die anteilige Höhe dieser Fraktion auch bei der vergleichenden Betrachtung der anderen Bodeneigenschaften den Ausgangspunkt bilden.

Derartige Vergleiche sind vereinzelt bereits früher bei Marschböden vorgenommen worden. MASCHHAUPT (cit. nach TRILLING) fand bei Dollardböden folgenden Zusammenhang zwischen Korngröße und Kalkgehalt des Bodens:

Korngrößenanteile über 0,02 mm	% $CaCO_3$
34,3	8,48
47,7	7,97
54,7	8,22
62,1	6,32
70,9	6,16
75,7	4,92
81,2	4,17

Mit steigendem Anteil grober Korngrößen nimmt also der Kalkgehalt ab. Eine ähnliche Vergleichsreihe zwischen anteilmäßiger Höhe abschlämmbarer Teile und dem Kalkgehalt enthält die bereits angeführte Arbeit von BRÜNE und HUSEMANN. Soweit es sich hier um „Kuhlerde"*), also unverwittertes Material handelt, wurden gleiche Zusammenhänge wie bei den Werten von MASCHHAUPT auch von diesen Autoren festgestellt.

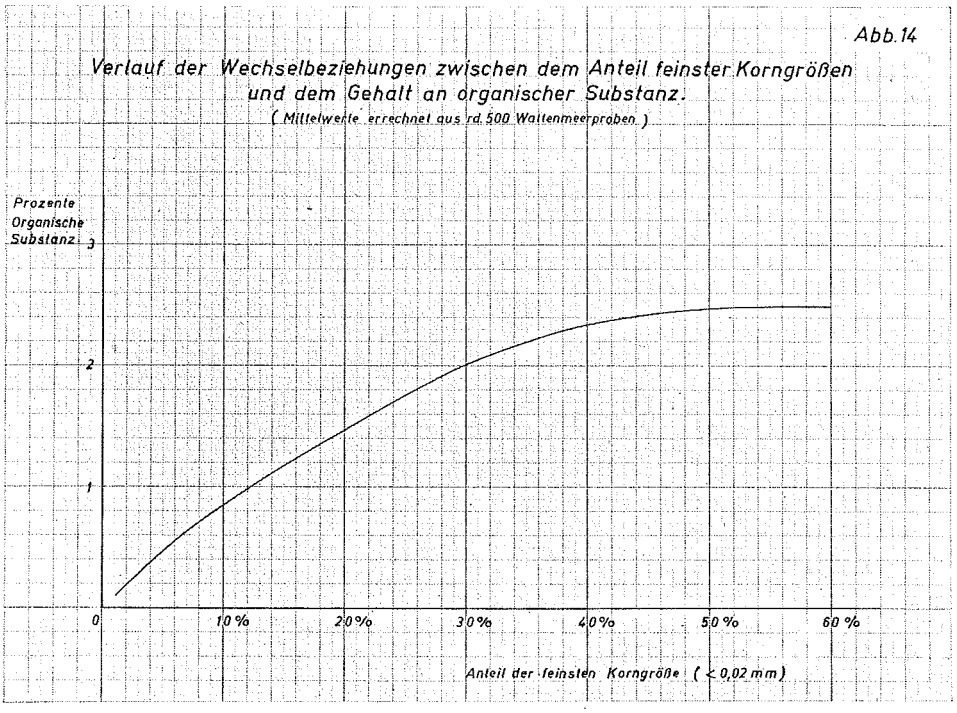
Umfangreiche Bodenuntersuchungen im gesamten nordfriesischen Wattenmeer, die in der gleichen wie hier durchgeführten Art in den Jahren 1937/38 vom Verfasser ausgeführt sind, führten dazu, den Wechselbeziehungen einer größeren Reihe von Bodeneigenschaften genauer nachzugehen. Der Umfang des zur Verfügung stehenden Zahlenmaterials gestattet die Ausmerzung aller durch besondere, meist gut deutbare Einflüsse entstandenen Abweichungen, so daß mit den verbleibenden (etwa 500) Werten ohne Bedenken gearbeitet werden konnte.

Vergleich des Anteils abschlämmbarer Teile mit dem Gehalt an organischer Substanz.

Vergegenwärtigt man sich den Sedimentationsvorgang im Wattenmeer, so ergibt sich, daß neben dem anorganischen, mineralischen Teil in den feinkörnigsten Sedimenten auch die organischen Ausscheidungsprodukte und Restkörper (Detritus) der Wattfauna und -flora enthalten sein müssen, die infolge ihres geringen spezifischen Gewichtes ähnlich wie die anorganischen Teile sedimentieren. Oder — mit anderen Worten — je höher in einem Wattsediment der Gehalt abschlämmbarer Teile ist, um so höher müßte auch der Gehalt an organischer Substanz sein.

*) Vergl. Fußnote S. 77.

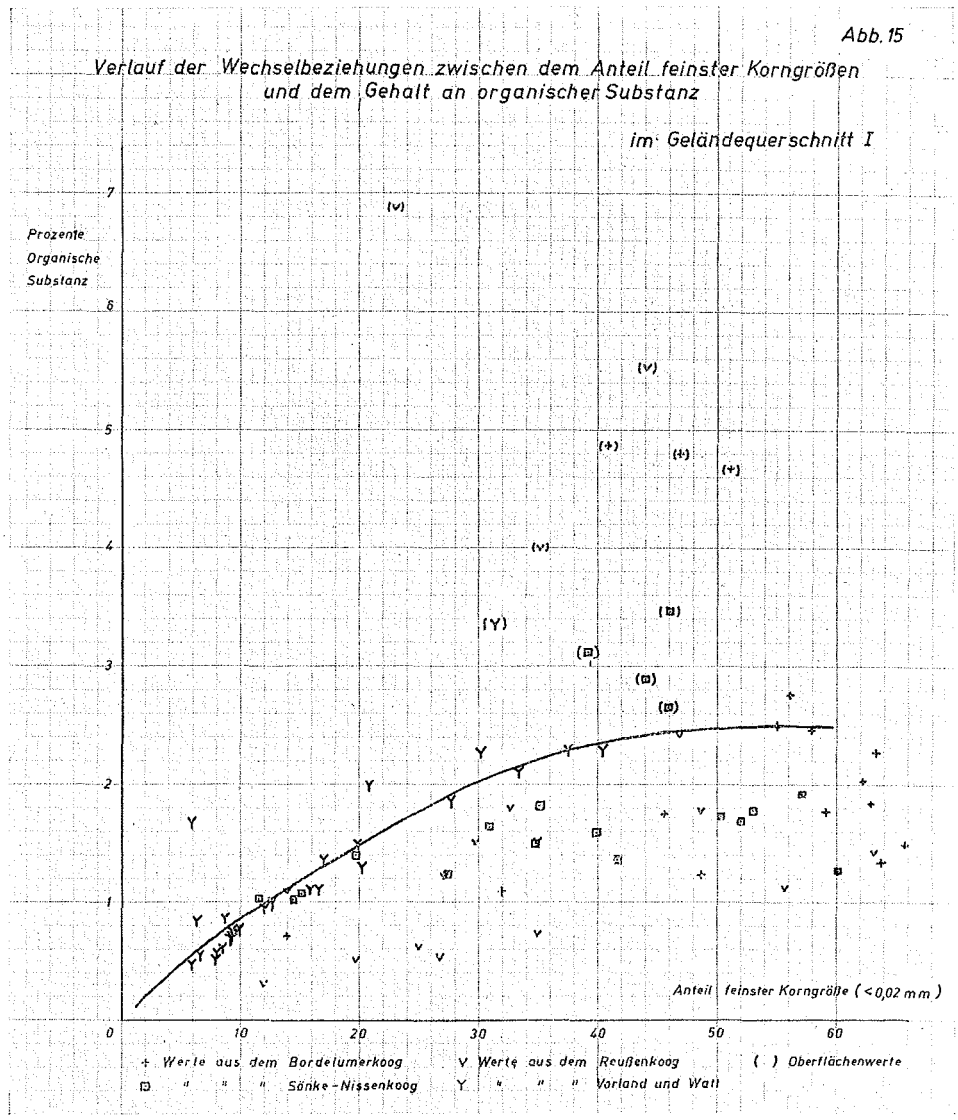
Aus den etwa 500 vorstehend behandelten Wattproben ergibt der Vergleich zwischen der Höhe der kleinsten Fraktion und dem Gehalt an organischer Substanz das auf der graphischen Darstellung (Abb. 14) wiedergegebene Bild. Der Gehalt an organischer Substanz steigt danach nicht gleichmäßig mit der Höhe der abschlämmbaren Teile an, sondern nähert sich offensichtlich einem Endwert. Enthält ein Sediment mit 10 % abschlämmbaren Teilen im



Mittel rd. 0,90 % organische Substanz, so finden wir bei 20 % abschlämmbaren Teilen nur noch rd. 1,20 %, bei 30 % rd. 2 %. Dieser Wert steigt dann nur unerheblich weiter. Die feinkörnigsten Sedimente mit etwa 60 % < 0,02 mm enthalten nur noch etwa 2,5 % organische Substanz.

So liegen die Verhältnisse im vegetationslosen Watt.

Vergleicht man mit diesen nun die Beziehungen zwischen der feinsten Fraktion und dem Gehalt an organischer Substanz in den beiden in dieser Arbeit untersuchten Geländequerschnitten, so muß man naturgemäß zunächst einmal den Faktor „menschliche Einwirkung" ausschalten; d. h. Oberflächenproben mit ihrem durch künstliche Zufuhr organischer Substanz bzw. durch jahrhunderte alte Grasnarbe angereicherten Gehalt an organischer Substanz dürfen nicht in den Vergleich einbezogen werden.



In den Abb. 15 sind die aus den Geländequerschnitten erhaltenen Werte graphisch dargestellt. Auf der Abzisse wieder die Höhe der feinsten Fraktion, auf der Ordinate der Gehalt an organischer Substanz. Außerdem ist zum Vergleich die obenerwähnte Kurve eingezeichnet. Diese graphische Darstellung legt also in einer „Normalkurve" die diesbezüglichen Verhältnisse im Watt zugrunde und ermöglicht einen bildlichen Vergleich mit den möglichen Änderungen, die sich im Laufe der Zeit bei den älteren Kögen vollzogen haben. Dem verschiedenen Alter der Böden entsprechend,

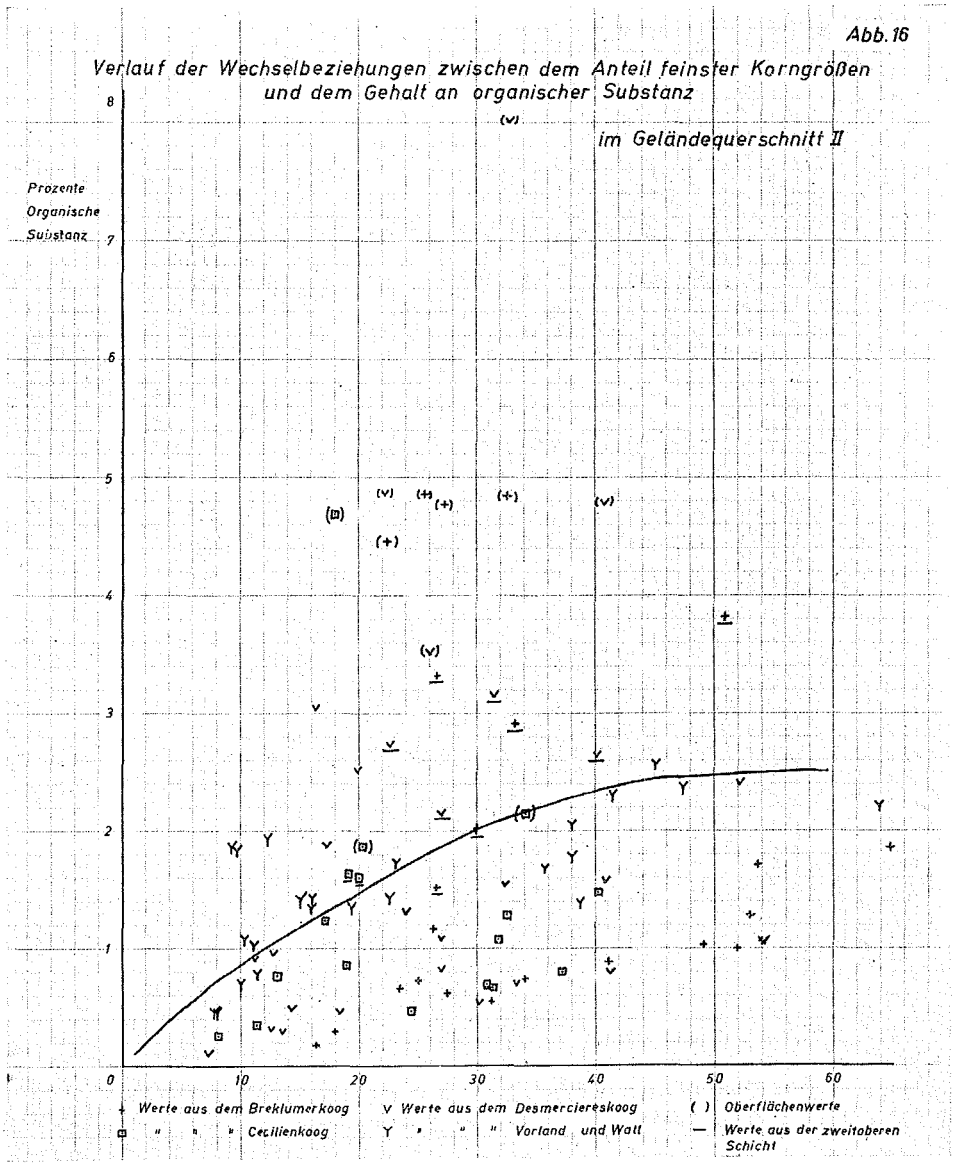
sind verschiedene Zeichen gewählt, die unter den Darstellungen erläutert sind; die erwähnten Oberflächenproben sind ebenfalls gekennzeichnet.

Geländequerschnitt I. Die Werte aus dem 450 Jahre alten Abschnitt liegen bis auf zwei Ausnahmen alle unter der Bezugskurve, der Gehalt an organischer Substanz ist im Durchschnitt bis auf die Hälfte dessen gesunken, was ein entsprechendes Wattsediment normalerweise enthalten würde.

Im westlich davorliegenden Reußenkoog ergibt sich ein ähnliches Bild. Die Werte liegen zerstreut, aber alle unter den entsprechenden Wattwerten.

Abb. 16

Verlauf der Wechselbeziehungen zwischen dem Anteil feinster Korngrößen und dem Gehalt an organischer Substanz im Geländequerschnitt II



Beim Sönke-Nissen-Koog liegen die gleichen Verhältnisse vor. Zwar zeigt gerade hier die durch Ackerkultur beeinflußte Krume einen höheren Gehalt an organischer Substanz, unterhalb der Kulturkrume jedoch laufen die Gehalte an organischer Substanz bis zu einem Anteil feinster Korngrößen von 20 % vollkommen gleichsinnig, dann aber fallen sie ab, so daß die feinkörnigsten Schichten nur noch etwa zwei Drittel des Gehalts an organischer Substanz enthalten, den entsprechende Wattsedimente aufweisen.

Betrachten wir hingegen die Werte aus dem Vorland und Watt dieses Geländequerschnittes, so sehen wir, daß diese der aus dem gesamten Wattengebiet ermittelten „Normalkurve" mit sehr guter Genauigkeit entsprechen.

Geländequerschnitt II (hierzu Abb. 16): Die gleichen Zusammenhänge ergibt der Vergleich der Ergebnisse aus dem Geländequerschnitt II.

Im 450 Jahre alten Breklumer Koog ist der Humusgehalt leichter Böden (10—20 % < 0,02 mm) auf etwa ein Viertel, derjenige schwerer Böden (40 bis 60 % < 0,02 mm) auf die Hälfte der entsprechenden Wattwerte gesunken.

Ebenso liegen die Werte aus dem Untergrund des sich westlich anschließenden Desmerciereskooges unterhalb der Mittelkurve. Ausnahmen sind neben den bereits gekennzeichneten Ergebnissen aus der Oberkrume die aus den direkt darunterliegenden Schichten, die in ihrer Höhe sicherlich gleichfalls durch die Grasnarbe beeinflußt sind. Außerdem liegt in der Bohrung 20 ein übernormal hoher Wert, dessen Höhe wohl auf die — bereits beschriebenen — besonderen Verlandungsverhältnisse in den Ostteilen der Köge zurückzuführen ist.

Im jüngsten Koog dieses Geländequerschnitts, dem Cecilienkoog, der allgemein wenig organische Substanz enthält (auch in der Oberschicht), ist der Gehalt bis über die Hälfte der „Normalwerte" zurückgegangen.

Der Gehalt des in diesem Querschnitt untersuchten Vorlandes und Watts entspricht wieder dem Durchschnitt sämtlicher Wattsedimente, die Werte folgen der Mittelkurve.

Aus diesem Vergleich ist zu entnehmen, daß

1. in Wattsedimenten, die noch unter dem täglichen Einfluß des Meeres stehen, der Gehalt an organischer Substanz in einem festen Verhältnis zur feinsten Fraktion steht,
2. die organische Substanz nach der Eindeichung bald erheblich geringer wird, und zwar in verhältnismäßig kurzer Zeit auf einen anscheinend „festen" Stand zurückgeht, denn im Durchschnitt ist der Gehalt in den jüngsten Kögen verhältnismäßig ebenso niedrig wie in den über 400 Jahre älteren Kögen .

Wir können also folgern, daß der dem Boden bei seiner Eindeichung eigene Gehalt an organischer Substanz infolge seines tierischen Ursprungs sich schnell zersetzt und für die landwirtschaftliche Nutzung bald verloren ist.

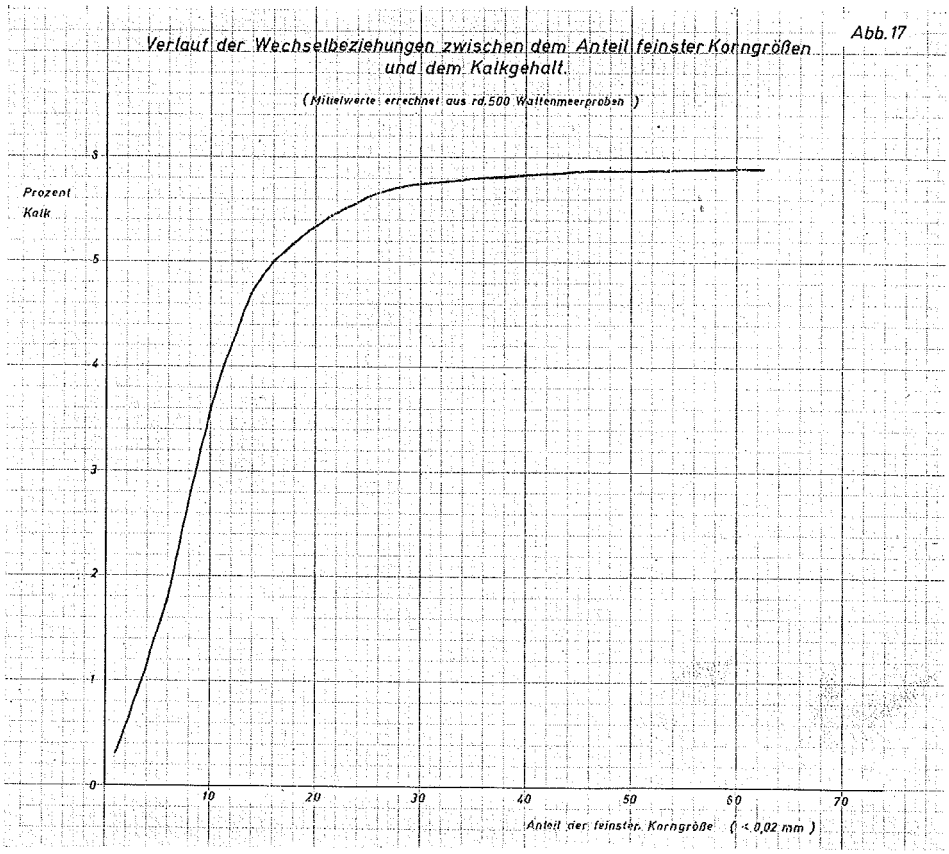
Der Vergleich der schematischen Darstellungen (Abb. 15 u. 16), auf denen

die Höhe der feinsten Fraktion und der Gehalt an organischer Substanz in den Querschnitten bildlich dargestellt sind, zeigt aber noch weiter, daß von einer „Humusabwanderung", wie VON SEE sie annimmt, hier nicht die Rede sein kann. In beiden Querschnitten finden sich nirgends Anreicherungshorizonte, die darauf schließen lassen. Liegt irgendwo im Untergrund mehr organische Substanz, so ist diese, wie an Hand der Verhältnisse im Wattenmeer nachgewiesen werden konnte, primär im Sediment vorhanden.

Vergleich der Höhe der feinsten Fraktion mit dem Kalkgehalt.

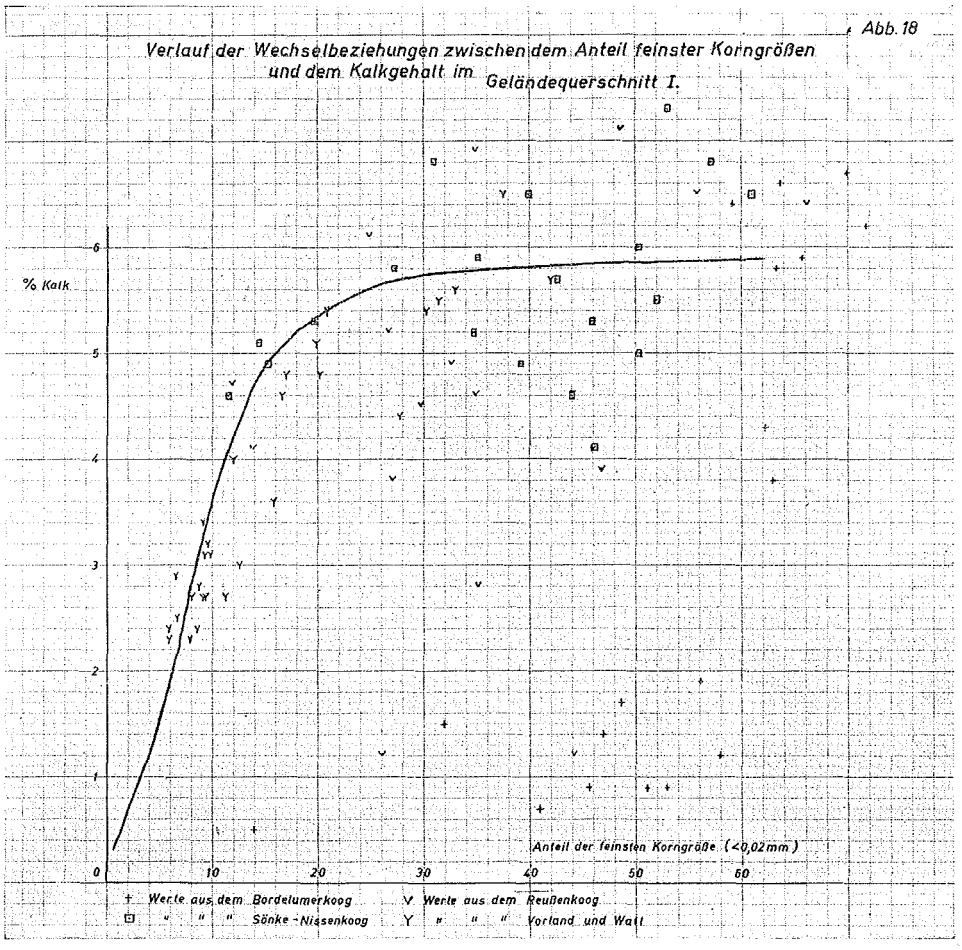
Es wurde bereits mehrfach auf die große Rolle hingewiesen, die der Kalkgehalt und der Entkalkungsgrad im Alterungsprozeß der Marschen spielen. Gleichfalls sind die Berechnungen erwähnt, die verschiedene Autoren aus Entkalkungsgrad und Entkalkungstiefe gemacht haben.

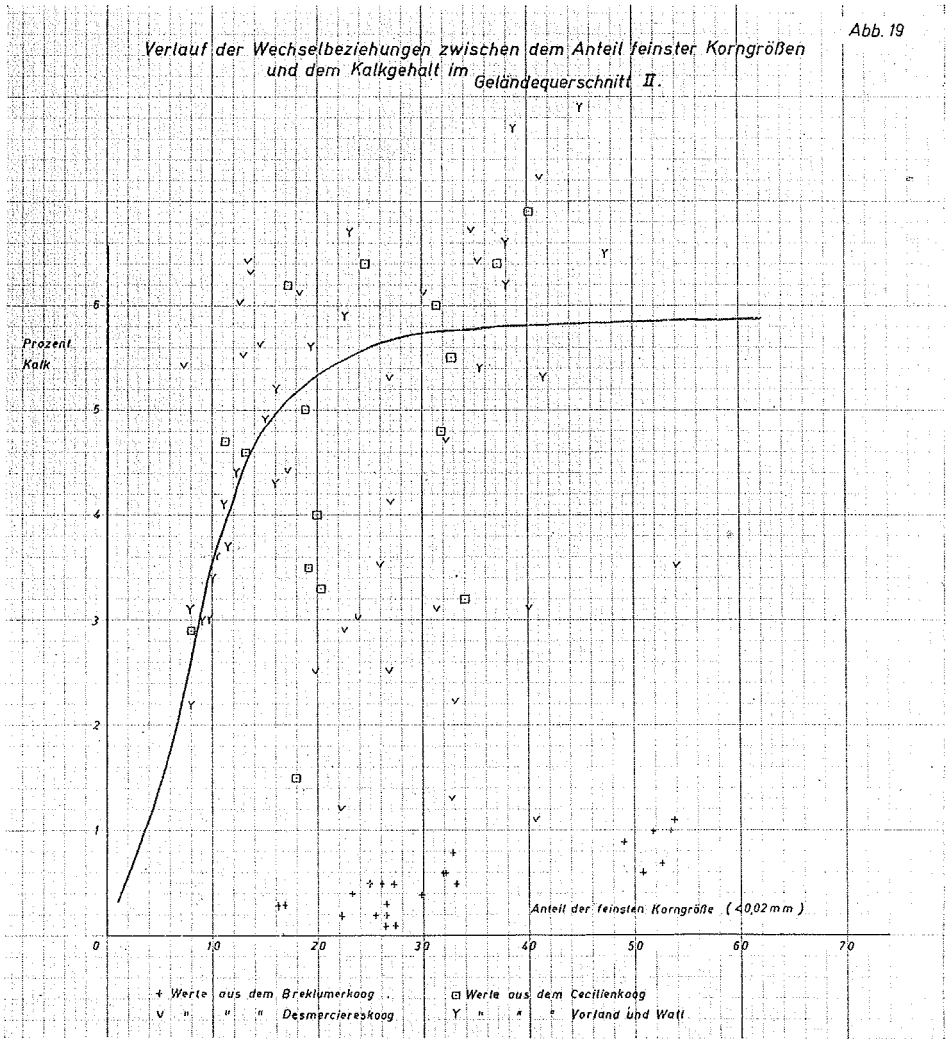
Haben wir ein gleichmäßig aufgebautes Sediment vor uns, so lassen Kalkgehalt und Entkalkungstiefe Schlüsse auf das Alter zu, in einem Gebiet, das wie die meisten Marschen, korngrößenmäßig verschieden aufgebaut ist, tritt zum Faktor „Zeit" noch der Faktor „Geschwindigkeit", denn in einem leichten Boden geht die Auswaschung schneller vor sich als in einem schweren,



bei dem außer des größeren Durchflußwiderstandes noch die Wirkung der Absorptionskräfte sich der Entkalkung entgegenstellt.

Will man also aus Ergebnissen einer Kalkuntersuchung Rückschlüsse auf das Alter des Bodens ziehen oder — wie es hier versucht wurde (vergl. Kalkgehalt auf S. 99-100) — aus Alter- und Entkalkungsgrad und -tiefe Schlüsse auf die Geschwindigkeit der Entkalkung ziehen, so muß der mechanische Aufbau des Bodens berücksichtigt werden, d. h. als Vergleichsgrundlage muß wieder — wie bei der organischen Substanz — derjenige Kalkgehalt herangezogen werden, den der Boden hatte, als er noch Wattsediment war. Eine solche Grundlage bilden die aus den gleichen wie im vorigen Abschnitt benutzten Wattproben ermittelten Berechnungen zwischen dem Anteil abschlämmbarer Teile und dem Kalkgehalt. Die Lage der errechneten Mittelwerte ist auf der graphischen Darstellung (Abb. 17) wiedergegeben, der Verlauf durch die dargestellte Kurve gekennzeichnet.





Geländequerschnitt I. Die Lage der Kalkwerte im Koordinatenkreuz ergibt ein anderes Bild, als die im vorigen Abschnitt gezeigten Werte für die organische Substanz. Lag dort in allen Fällen (die künstliche Anreicherung der Oberkrume ausgenommen) ein Absinken der Höhe der organischen Substanz vor, so ist neben der Abnahme oder dem Verschwinden des Kalkgehalts in den oberen Schichten eine Anreicherung in tieferen Schichten zu erkennen. Einmal ist dieses aus dem schematischen Bild (Abb. 4) und weiter aus der graphischen Darstellung (Abb. 18) zu entnehmen.

Im 450 Jahre alten Bordelumerkoog liegen die Kalkwerte von Bohrung 1 und von den Oberschichten von Bohrung 2 und 3 weit unter der Normalkurve, die der Unterschichten von Bohrung 2 und 3 auf und über der Mittelkurve.

Ebenso verhält sich der Kalkgehalt in den Bohrungen aus dem davorliegenden um rd. 300 Jahre jüngeren Reußenkoog, in dem natürlich die Entkalkung im großen ganzen noch nicht den Grad erreicht hat, wie im älteren Bordelumerkoog.

Im 15 Jahre alten jüngsten Koog dieses Geländequerschnittes, dem Sönke-Nissen-Koog, lassen sich aus dem Koordinatenbild drei Zustände ermitteln:

Erstens ist ein Teil der Oberkrume schwach entkalkt; die entsprechenden Kalkwerte liegen unterhalb der Kurve. Zweitens hat sich in einer Tiefe von etwa 90—135 cm Kalk angereichert: die Werte liegen oberhalb der für Sedimente dieser Korngrößenzusammensetzung ermittelten Normalwerte. Und drittens unterhalb davon finden wir einen dem Watt ähnlichen Zustand: die Werte fallen mit dem Verlauf der Normalkurve zusammen.

Im Vorland und Watt entsprechen die Wechselbeziehungen zwischen Korngrößenzusammensetzung und Kalkgehalt den Verhältnissen im gesamten nordfriesischen Wattengebiet.

Geländequerschnitt II. Wir sahen im Abschnitt über den Kalkgehalt (S. 95), daß der älteste, 450 Jahre alte Breklumerkoog, im Geländequerschnitt II vollkommen entkalkt war. Die graphische Darstellung (Abb. 19) gibt dies noch einmal deutlich wieder. Alle Punkte aus diesem Koog liegen unter bzw. auf der 1 %-Linie. Die sich westlich anschließenden Köge, der Desmerciereskoog und der Cecilienkoog, haben einen ähnlichen Verlauf der Kalkgehalte wie im Sönke-Nissen-Koog (Geländequerschnitt II). Die Werte aus der Oberkrume sind niedriger als die Normalwerte, die aus den mittleren Tiefen sind angereichert, liegen also höher und die Kalkgehalte aus dem tiefsten erbohrten Untergrund folgen der Mittelkurve.

Die Kalkzahlen aus dem Vorland und Watt entsprechen im großen ganzen den Kalkuntersuchungsergebnissen aus dem Gesamtwattgebiet des nordfriesischen Raumes.

Wir sehen also auch an diesem Beispiel von den Beziehungen zwischen Korngrößenzusammensetzung und Kalkgehalt.

Solange das Vorland und Watt noch unter dem Einfluß des Meeres steht, besteht eine feste Abhängigkeit zwischen dem mechanischen Aufbau und dem Kalkgehalt. Trennt der Seedeich Meer und Land, setzt die Wirkung von Faktoren ein, die dieses Verhältnis verändern. Die veränderten Verhältnisse sind aber nur am ursprünglichen Zustand jeder Bodenart zu messen.

Vergleich der Höhe der feinsten Fraktion mit dem Phosphorsäuregehalt:

Wie bereits auf Seite 100 dargelegt wurde, ist der leichtlösliche Phosphorsäurevorrat nur ermittelt worden, um einen ungefähren Überblick über die Verteilung zu gewinnen. — Ein Vergleich, wie er in den beiden vorhergehenden Abschnitten durchgeführt werden konnte, ist in diesem Falle also nicht möglich, insbesondere auch deshalb nicht, weil die Phosphorsäuredüngung

in der Marsch eine ziemliche Rolle spielt und die Vorkommen größerer Mengen P_2O_5 meistens auf künstliche Zufuhr zurückzuführen sind.

Im Vorland und Watt allerdings ist zu erkennen, daß aus dem Vergleich der beiden schematischen Darstellungen eines jeden Geländequerschnitts (Abb. 5 auf Tafel I und Abb. 11 auf Tafel II) mit höherem Anteil feinerer Korngrößen auch ein größerer Vorrat an leichtlöslicher P_2O_5 verbunden ist. Zahlenmäßig läßt sich diese Beziehung allerdings in diesem Zusammenhang nicht erfassen.

Vergleich zwischen der Höhe der feinsten Korngröße und dem Kaligehalt.

Etwas deutlicher sind die Beziehungen zwischen der Höhe der feinsten Korngröße und K_2O-Gehalt. Haben wir es hier auch — dem Wesen der angewandten KRAUSS'schen Methode entsprechend — nicht mit einzelnen Kaliwerten, sondern mit Eingruppierungen in bestimmte, auf Seite 101 beschriebene, „Kaliklassen" zu tun, so zeigten auch diese bei den Watten aus dem ganzen nordfriesischen Gebiet bereits einen festen Zusammenhang zwischen der Höhe der feinsten Fraktion und dem K_2O-Gehalt. Wegen der bereits erwähnten Gruppenbildung kann dieser aber nicht graphisch dargestellt werden. Die Streuungen sind zu breit.

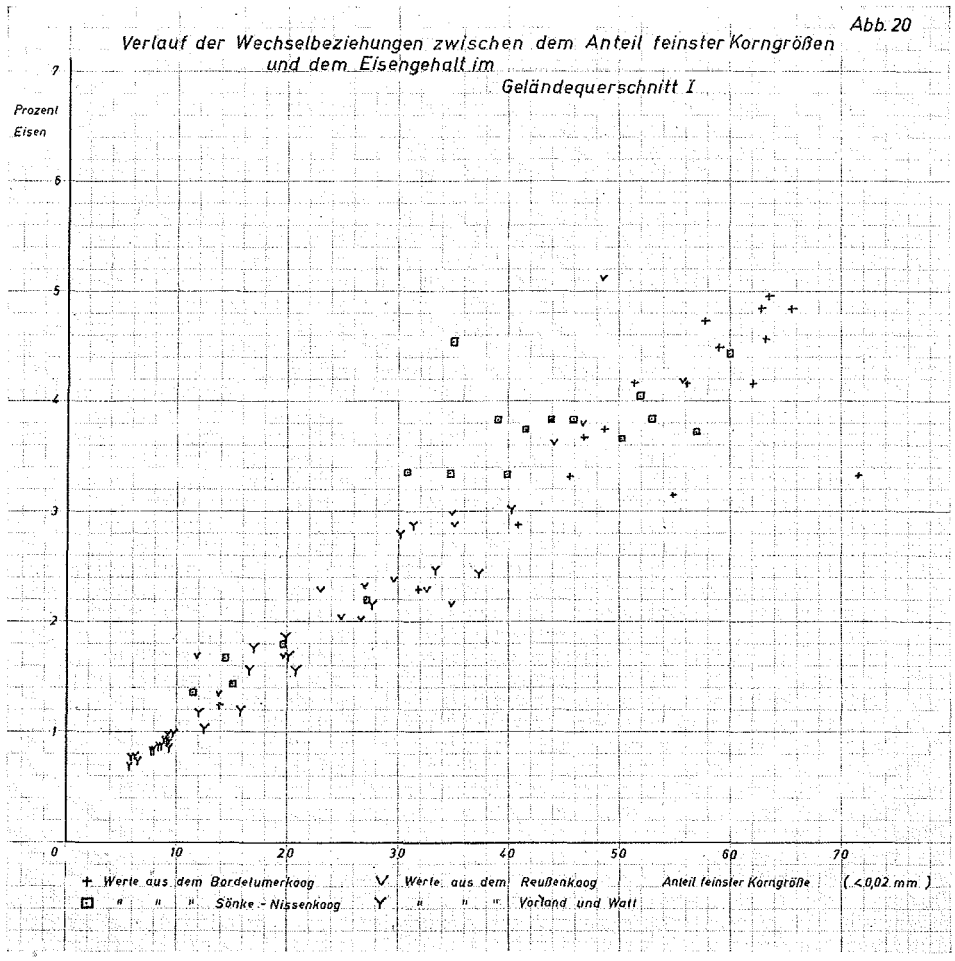
Verfolgen wir den Kaligehalt in den beiden Geländequerschnitten, so sehen wir in den älteren Kögen beider Querschnitte eine Verarmung an Kali, die als Folge der Auswaschung und Versaurung leicht erklärlich ist. — Die zuletzt eingedeichten Köge ergeben kein einheitliches Bild. Im Vorland und Watt ist ähnlich wie bei der P_2O_5 eine Wechselbeziehung zwischen den beiden Vergleichsgrößen zu erkennen. Es muß in beiden Fällen (Phosphorsäure und Kali) einer Schnellmethode, die trotzdem genaue Auskunft über zumindest den größten Teil des Vorrats im Boden gibt, überlassen bleiben, Unterlagen für die Klärung der zahlenmäßigen Beziehungen zu beschaffen. Daß solche Beziehungen vorhanden sind, ist bereits an Einzelbeispielen anderer Verfasser zu erkennen und auch aus den Untersuchungsergebnissen dieser Arbeit zu entnehmen.

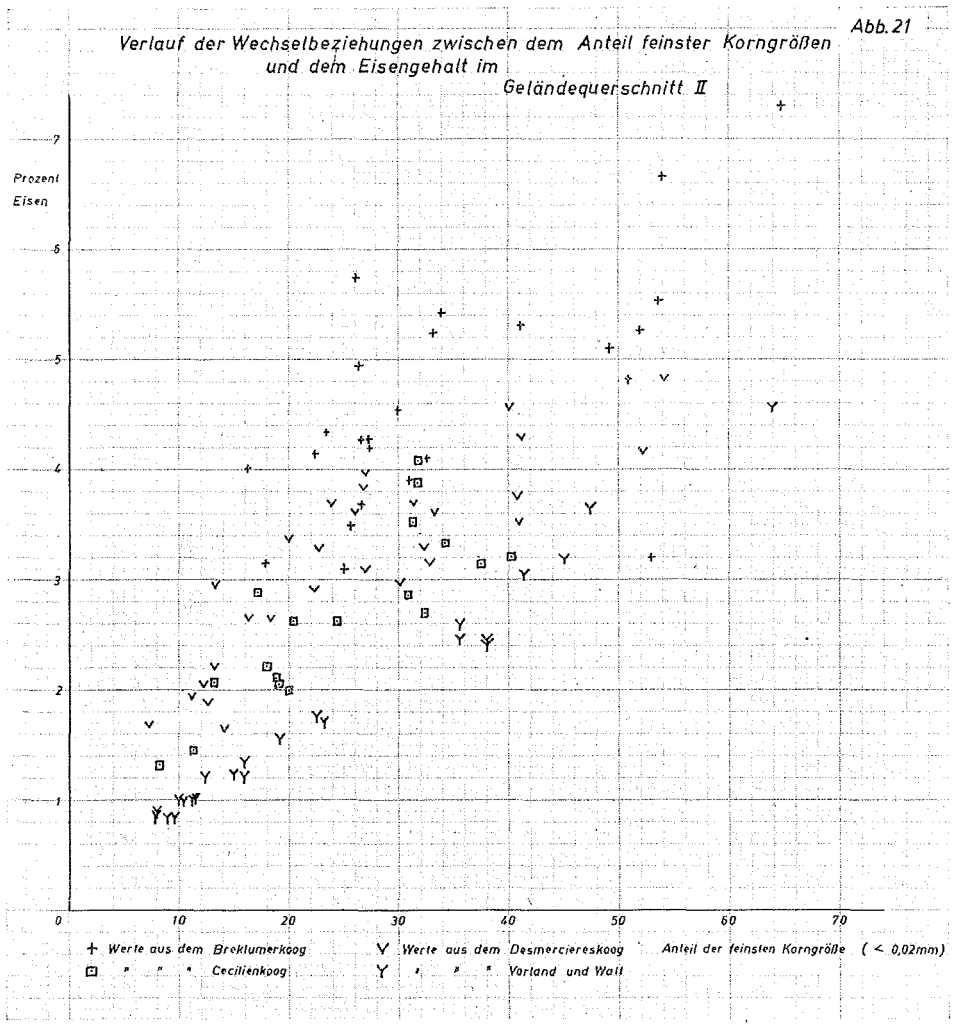
Vergleiche zwischen feinster Fraktion und Eisengehalt.

Wegen der großen Rolle, die das Eisen bei der Alterung der Marschen spielt und außerdem als Unterlage für besondere spätere Arbeiten ist der Eisengehalt der beiden Geländequerschnitte ermittelt und soll nunmehr auf seine Beziehungen zur physikalischen Bodenzusammensetzung hin geprüft werden. Schon die Betrachtung der entsprechenden schematischen Bilder (Abb. 7 und Abb. 13) zeigt, daß die schematische Darstellung des Eisengehalts der beiden Querschnitte eigentlich nur ein etwas verändertes Bild der schematischen Darstellung des Anteils feinster Korngrößen ist. Mit anderen Worten also, die Höhe des Eisengehalts entspricht der physikalischen Zusammen-

setzung des Bodens weitgehend, und zwar von der ältesten Marsch über sämtliche jüngeren Köge bis ins Vorland und Watt hinaus. Noch deutlicher zeigen dies die graphischen Darstellungen (Abb. 20 und 21), auf denen der Eisengehalt als abhängige Größe der Höhe der feinsten Fraktion ins Koordinatenkreuz eingetragen ist.

Geländequerschnitt I (hierzu Abb. 20): In gleicher Weise wie beim Vergleich der organischen Substanz und des Kalkgehaltes sind die Werte der einzelnen Altersabschnitte durch verschiedene Zeichen herausgestellt. Der Verlauf der Punkte, die im einzelnen nicht besprochen werden brauchen, wäre leicht durch eine Gerade darzustellen. An dieser Geraden würden alle Punkte entsprechend der physikalischen Zusammenstellung des Bodens verteilt liegen, ohne daß irgendwelche Altersunterschiede erkennbar sind.





Geländequerschnitt II (hierzu Abb. 21): So eindeutig wie im Geländequerschnitt I sind im südlich davon liegenden Querschnitt II die Beziehungen nicht.

Vor allen Dingen ist der Eisengehalt im ältesten Teil, dem Breklumerkoog, verhältnismäßig sehr hoch und sämtliche Werte aus dem Vorland und Watt liegen an der unteren Grenze, während die Eisengehalte der übrigen Köge dieses Querschnitts dazwischen liegen. Trotz dieser größeren Streuung läßt die Lage der den Anteil feinster Korngrößen und den Eisengehalt darstellenden Punkte eindeutig dieselbe Tendenz wie beim Querschnitt I erkennen.

Für den verhältnismäßig hohen Eisengehalt im Breklumerkoog (Geländequerschnitt II) ist aus den vorliegenden Ergebnissen keine ein-

deutige Erklärung zu finden. Die besonderen Verhältnisse im Breklumerkoog müssen durch weitere Untersuchungen geklärt werden, insbesondere bedarf es hierbei wohl einer eingehenden Klärung der dort vorliegenden Eisenverbindungen und gleichfalls müssen die Einflüsse aufgedeckt werden, die gegebenenfalls der Untergrund ausüben könnte.

Der Vergleich des Eisengehalts mit der Höhe der feinsten Fraktion und die Betrachtung der Verteilung des Eisens in den beiden Geländequerschnitten ergibt:

a) Die augenscheinliche Anhäufung von Eisenausscheidungen hat in den wenigsten Fällen ein tatsächliches „Mehr" an Eisen in der Analyse ergeben.

b) Der Eisengehalt steht ebenso wie der Gehalt an organischer Substanz und der Kalkgehalt in einem festen, in einem Falle linearen, Verhältnis zur Höhe der feinsten Fraktion.

c) Dieses Eisen/Korngrößenverhältnis wird durch keine Einflüsse der Zeit mit ihren Einzelwirkungen verändert.

d) Eine Hinabwanderung des Eisens, wie beim Kalkgehalt festgestellt wurde, ist selbst bei stark sauren Böden (Breklumerkoog, Geländequerschnitt II) nicht nachzuweisen.

Ergebnisse.

An Hand der aufgezeigten Wechselbeziehungen konnten wir zeigen, daß das Wechselverhältnis chemischer und physikalischer Bodeneigenschaften in dem vom Meer noch dauernd beeinflußten Wattsediment sich nach der Eindeichung unter dem Einfluß der Zeit ändert, daß diese Veränderungen aber nicht eine einfache gleichmäßige Funktion des Faktors Zeit ist, sondern daß jede Änderung abhängig von demjenigen physikalischen und dem daran gekoppelten chemischen Zustand ist, in dem der Boden sich befand, als er noch Meeresgrund war.

In einem Sonderfall (Eisen) konnte gezeigt werden, daß das Verhältnis Korngrößenzusammensetzung/Eisengehalt sich in vier Altersabschnitten (0 bis 450 Jahre) gleichgeblieben ist.

V. Zusammenfassung.

In zwei Geländequerschnitten in der nordfriesischen Marsch wurden einige physikalische und chemische Eigenschaften des Bodens untersucht und Vergleiche über ihr Vorkommen und ihre Verteilung in einzelnen Altersabschnitten, vom ältesten, der Geest direkt vorgelagerten Marschgürtel über je drei westlich davor liegende Köge bis zum Vorland und Watt hin angestellt.

Unter anderem wurde der korngrößenmäßige Aufbau des Bodens nach den Ergebnissen von 180 Schlämmanalysen eingehend beschrieben. Der Anteil feinster Korngrößen (unter 0,02 mm) ist in schematischen Darstellungen

wiedergegeben, mit denen neben der mengenmäßigen Verteilung dieser Fraktion zugleich einen Einblick in die senkrechte und waagerechte Verteilung der Bodenarten in den Geländequerschnitten gegeben wird.

Auf die dabei in Erscheinung tretenden unterschiedlichen Verlandungsumstände in der alten und der jungen Marsch wurde hingewiesen.

Von den chemischen Bodeneigenschaften wurde der Gehalt an organischer Substanz, Kalk, Phosphorsäure, Kali, Eisen und der Reaktionszustand genauer betrachtet. Bei einem Teil dieser Eigenschaften sind die Unterschiede in den einzelnen Altersabschnitten zahlenmäßig klargelegt.

Im zweiten Teil der Arbeit konnten an Hand von umfangreichen Untersuchungsergebnissen aus den gesamten nordfriesischen Watten feste Wechselbeziehungen festgestellt werden:

a) Zwischen dem Anteil der feinsten Fraktion am Sediment und der Höhe der organischen Substanz.

b) Zwischen dem Anteil der feinsten Fraktion und dem Kalkgehalt.

c) In — durch Untersuchungsumstände (Methoden) — bedingtem Maße auch zwischen der feinsten Fraktion einerseits und dem Phosphorsäure- und Kaligehalt andererseits.

Mit Hilfe dieser Wechselbeziehungen, deren Verlauf in zwei Fällen durch Kurven dargestellt ist, wurden die durch die Zeit und Nutzung hervorgerufenen Veränderungen des Bodens geprüft.

Dabei wurde außerdem festgestellt, daß bei Betrachtung solcher chemischen Veränderungen die physikalische Zusammensetzung des Bodens von ausschlaggebender Bedeutung ist.

In einem Sonderfall, dem Eisengehalt, sind die Relationen nur an Hand von Untersuchungen aus den beiden Geländequerschnitten dargestellt. Es wurde dabei nachgewiesen, daß das dem Wattsediment eigene Korngrößen-/Eisenverhältnis im Laufe der Entwicklung weitgehend unverändert bleibt. —

Rückblickend mag hier noch einmal an das erinnert werden, was zu Beginn der Arbeit gesagt wurde.

Jeder Zustand und jede Veränderung des Marschbodens ist nur dann zu verstehen, wenn neben den Einflüssen der Zeit auf den Boden auch die Eigenschaften bekannt sind, die dem Watt, als dem Ausgangssubstrat, zu eigen sind. Aus dieser Kenntnis und aus der Kenntnis von den — hier nur angedeuteten — unzähligen und vielseitigen Bildungskräften, die an der Nordseeküste tätig sind, läßt sich dann erst ein vollständiges Bild von der Entwicklung des Marschbodens aus der Vergangenheit in die Gegenwart und aus der Gegenwart in die Zukunft gewinnen.

Schrifttum.

AHRENDS, F.: Ostfriesland und Jever in geographischer, statistischer und besonders landwirtschaftlicher Hinsicht. Emden 1818.

ALLMERS: Marschenbuch. Gotha 1858.

ALTEN, F., WANDROWSKY, B., KNIPPENBER, E.: Beitrag zur Humusbestimmung.

VAN BEMMELEN, J. M.: Bodenuntersuchung in den Niederlanden. Ldw. Vers. Stat. VIII, 1866.

BRÜNE u. HUSEMANN: Feldversuche zur Frage nach der praktischen Bedeutung der Kuhlerdemelioration in den Nordseemarschen. Ldw. Jahrb. 84, 1, 1937.

CLAUSEN: Blausand und Marschboden. Journ. f. Ldw. 79, 1931.

DIRKS, B. u. SCHEFFER, F.: Die Bestimmung des Nährstoffbedürfnisses der Böden für Phosphorsäure und Kali. Ldw. Jb. 67, 1928.

DITTMER, E.: Schichtenaufbau und Entwicklungsgeschichte des dithmarscher Alluviums. Zschr. Westküste, I, 2, 1938.

EHRENBERG, P.: Die Bodenkolloide, Leipzig 1922.

FALLOU, F. A.: Pedologie oder allgemeine und besondere Bodenkunde. Dresden 1862.

GEDROIZ, K. K.: Chemische Bodenanalyse. Berlin 1926.

GRUNERT, H.: Marschbildungen an der deutschen Nordseeküste. Berlin 1913.

HABERSTROH, E. G.: Forschungsarbeiten im dithmarscher Wattenmeer. Zschr. Westküste I, 2, 1938.

HINRICHS, W.: Nordsee-Deiche, Küstenschutz und Landgewinnung. Husum 1931.

KÖHN, M.: Beiträge zur Praxis und Theorie der mechanischen Bodenanalyse. Ldw. Jahrb. 67, Bd. Heft 4.

KOLUMBE, E.: Wissenschaft und Landgewinnungsarbeit. Zschr. Westküste I, 1, 1938.

KÖNIG, J.: Die Untersuchung landwirtschaftlich und gewerblich wichtiger Stoffe. Berlin 1891.

KRAUSS, J.: Ein zur billigen Massenuntersuchung geeignetes Verfahren zur Prüfung von Böden auf ihre Kalibedürftigkeit. Zschr. Bodenkunde u. Pflanzenernährung 1, 1936.

LORENZEN, J. M.: Planung und Forschung im Gebiet der schleswig-holsteinischen Westküste. Zschr. Westküste I, 1, 1938.

NAGEL, W.: Physikalische und chemische Zustandsänderungen des Sorptionskomplexes der Nordseemarschböden durch Blausandmelioration. Kühnarchiv 39, 1935.

PFEIFFER, H.: Die Arbeiten an der schleswig-holsteinischen Westküste seit 1933, Zschr. Westküste I, 1, 1938.

ZU REVENTLOW, A.: Über die Marschbildung an der Westküste des Herzogtums Schleswig und die Mittel zur Beförderung derselben. Kiel 1863.

SCHEFFER, F.: Agrikulturchemie, Teil a: Boden. Stuttgart 1937.

SCHUCHT, F.: Die Bodenarten der Marschen. Journ. f. Ldw. 53, 1905.

SCHUULZE, H.: Mitteilungen aus dem Laboratorium der ldw. Versuchsstation Weende. 1. Untersuchung des im Amt Artlenburg versandeten Marschbodens. Journ. f. Ldw. m. F. 1, 1866.

VON SEE, K.: Über den Profilaufbau der Marschböden. Internat. Mittlg f. Bodenkunde X, 5, 6, 1920.

SENFT: Die Humus-, Marsch-, Torf- und Limonitbildungen als Erzeugungsmittel neuer Erdrindelagen. 1862.

STOHMANN, F.: Ostfriesische Erden. Journ. f. Ldw. n. F. 1, 1858.

TANTZEN, K.: Über die Bodenverhältnisse in der Stadländermarsch. Diss. Berlin 1912.

TETENS, J. N.: Reisen in die Marschländer an der Nordsee. Leipzig 1788.

TRILLING, F.: Die Kalkfrage in den Nordseemarschen. Ldw. Jb. 67, 1928.

WAGGERSHAUSER, O.: Untersuchungen über die Blausandmelioration in den Nordseemarschen. Diss. Halle 1931.

WICKE, H.: Untersuchung von Bodenarten aus der Oldenburger Marsch. Journ. f. Ldw. n. F. 7, 1862.

WIEGENER, G.: Anleitung zum Agrikulturchemischen Praktikum, Berlin 1926.

WOHLENBERG, E.: Die Grüne Insel in der Eidermündung. A. d. Archiv der d. Seewarte, Hamburg 50, Bd. 2, 1931.

WOHLENBERG, E.: Über die tatsächliche Leistung von Salicornia herbacea L. im Haushalt der Watten. Wiss. Meeresuntersuchungen. Neue Folge. Abtlg. Helgoland XIX, 1933, Abhdlg. 3.

WOHLENBERG, E.: Das Andelpolster und die Entstehung einer charakteristischen Abrasionsform im Wattenmeer. Wiss. Meeresunters. Neue Folge. Abtlg. Helgoland XIX, 1933, Abhdlg. 4.

WOHLENBERG, E.: Biologische Kulturmaßnahmen mit dem Queller (Salicornia herbacea L.) zur Landgewinnung im Wattenmeer. Zschr. Westküste I, 2, 1938.

Verzeichnis der Abbildungen, Anlagen und Tabellen.

Abb. 1.	Lageplan der untersuchten Geländequerschnitte.		
Abb. 2.	Geländequerschnitt I.	Korngrößenverteilung.	
Abb. 3.	„	Gehalt an organ. Substanz.	
Abb. 4.	„	Kalkgehalt.	Tafel I.
Abb. 5.	„	Phosphorsäuregehalt.	
Abb. 6.	„	Kaligehalt.	
Abb. 7.	„	Eisengehalt.	
Abb. 8.	Geländequerschnitt II.	Korngrößenverteilung.	
Abb. 9.	„	Gehalt an organ. Substanz.	
Abb. 10.	„	Kalkgehalt.	Tafel II.
Abb. 11.	„	Phosphorsäuregehalt.	
Abb. 12.	„	Kaligehalt.	
Abb. 13.	„	Eisengehalt.	

Abb. 14. Wechselbeziehungen zwischen Korngrößen (Anteil unter 0,02 mm) und dem Gehalt an organischer Substanz im Wattenmeer.

Abb. 15. Wechselbeziehungen zwischen Korngrößenverteilung und dem Gehalt an organischer Substanz im Geländequerschnitt I.

Abb. 16. Wechselbeziehungen zwischen Korngrößenverteilung und dem Gehalt an organischer Substanz im Geländequerschnitt II.

Abb. 17. Wechselbeziehung zwischen Korngrößenverteilung und Kalkgehalt im Wattenmeer.

Abb. 18. Wechselbeziehung zwischen Korngrößenverteilung und Kalkgehalt im Geländequerschnitt I.

Abb. 19. Wechselbeziehung zwischen Korngrößenverteilung und Kalkgehalt im Geländequerschnitt II.

Abb. 20. Wechselbeziehung zwischen Korngrößenverteilung und Eisengehalt im Geländequerschnitt I.

Abb. 21. Wechselbeziehung zwischen Korngrößenverteilung und Eisengehalt im Geländequerschnitt II.

Tabelle 1. Vergleich der Korngrößengruppen: „0,02 bis 0,005 mm“ und „kleiner als 0,005 mm“. Seite 80.

Tabelle 2. Uebersichtstabelle über die Untersuchungsergebnisse. Seite 85—91.

Tabelle 3. Tabelle über die Differenzen zwischen pH/H_2O und pH/KCl. Seite 97.

Tabelle 4. Ergebnisse der Kalkvergleichsuntersuchungen. Seite 98.

Tafel I und II mit den Abb. 1—13 befinden sich in der Deckeltasche dieses Heftes.

Vergleichende Bestandsaufnahmen an bodenbewohnenden Watt-Tieren im Gebiet des Sicherungsdammes vor dem Friedrichskoog (Süderdithmarschen) in den Jahren 1935 bis 1939

Von Dietrich König

Inhalt:

1. Einleitung und Aufgabe 120
2. Untersuchungszeit und -methode 122
3. Die topographischen Verhältnisse 124
4. Die Bodenverhältnisse 124
5. Die einzelnen Tierarten 129
6. Zusammenstellung der Tierarten im Hinblick auf die Veränderungen ihres Wohngebietes 163
7. Die bodenanzeigenden Tiere 165
8. Die Bedeutung des Sedimentfaktors gegenüber den übrigen Umweltfaktoren im Dammbaugebiet 167
9. Die Besiedelung des 1935/36 abgelagerten Schlicks 168
10. Zusammenfassung 170
Schriftenverzeichnis 171
Liste der Abbildungen 172

1. Einleitung und Aufgabe.

Auf dem Watt vor der Spitze des Friedrichskooges in Süderdithmarschen ist in den Jahren 1935/36 ein mehr als 2 km langer Damm vom Deich aus gebaut worden, der zunächst ausschließlich eine Küstenschutzmaßnahme darstellte. Es galt, in schnellem Handeln einen tiefen Priel unschädlich zu machen, der den Deich und das dahinterliegende fruchtbare Kulturland immer mehr gefährdete. Ueber die Bauausführung und die dabei zu überwindenden Schwierigkeiten und Probleme ist von RÖHRS (1939) ausführlich in dieser Zeitschrift berichtet worden. Dieser Damm sollte also zunächst dazu dienen, den Wasserhaushalt des umgebenden Watts und besonders der Wasserrinnen vollkommen umzugestalten.

Es war nach allen sonstigen Erfahrungen an unserer Wattenküste zu erwarten, daß diese Baumaßnahme Veränderungen des Watts in seiner Gesamtheit, nämlich seiner Oberflächenverhältnisse, ferner seiner Sedimentverhältnisse, ihrer Zusammensetzung und Lagerungsweise und im Zusammenhang damit auch der Tierwelt nach sich ziehen würde. Dahinzielende Untersuchungen haben nicht nur wissenschaftlichen Wert. Auch die praktische Landgewinnung hat unmittelbares Interesse an ihren Ergebnissen, ist doch das Wattsediment die Ausgangssubstanz für zukünftigen Kulturboden.

Der Staatlichen Forschungsstelle Westküste Büsum erwuchs die Aufgabe, sämtliche durch den Dammbau hervorgerufenen Veränderungen zu beobachten und die Entwicklung der Watten einer ständigen Kontrolle zu unterwerfen. Innerhalb dieses vielseitigen Untersuchungsprogramms fiel dem Biologen die Teilaufgabe zu, die im Tierbestand dieses Watts auftretenden Veränderungen zu untersuchen. Hierzu sei kurz auf die Entwicklung der Wattbiologie bis zu ihrer Anwendung bei den Landgewinnungsuntersuchungen hingewiesen. Zoologische Untersuchungen über die Tierbesiedlung des Bodens der Nordsee sind besonders von PETERSEN (1913), DAVIS (1925), HAGMEIER-KÄNDLER (1927) ausgeführt worden. Ueber das Watt selbst lag 1935, zur Zeit der Aufgabenstellung, nur die Arbeit von WOHLENBERG, dem Biologen der Forschungsstelle, über die Wattenmeerlebensgemeinschaften des Königshafens auf Sylt vor (1937), welche jedoch noch nicht veröffentlicht war. Schon aus den ersterwähnten meeresbiologischen Untersuchungen über die Besiedlung des Nordseebodens war u. a. hervorgegangen, daß offenbar manche bodenbewohnenden Tiere an bestimmte Sedimentarten gebunden sind. Deutlicher noch wurde dies durch die Untersuchungen im Watt, wo zur Niedrigwasserzeit ausgedehnte Flächen des Meeresbodens bei weitem genauere Einsichtnahme gestatten als im tieferen Meer. Da sich der Königshafen durch mancherlei wesentliche Besonderheiten der Lage und des Sedimentes vom Wattenmeer der übrigen Küste unterscheidet, mußte geprüft werden, ob eine solche biologische Arbeitsmethode, aus dem Tierbestand Rückschlüsse auf die Sedimentbeschaffenheit zu ziehen, für den gesamten Wattbereich vor der schleswig-holsteinischen Küste Gültigkeit hat. So wurden Bestandsaufnahmen der Tiere nicht nur in dem hier zu besprechenden Dammbaugebiet im Raum zwischen Elbe und Eider durchgeführt, sondern auch auf der Pellwormer Plate im nordfriesischen Watt (erstmals bearbeitet durch Dr. PLATH; vergl. den Aufsatz in diesem Heft). Es war zu erwarten, daß durch die Untersuchung dieser beiden großen Wattgebiete eine Vertiefung und Erweiterung unserer bisherigen Kenntnisse über die Beziehungen zwischen Tierbestand und Sedimentart gewonnen werden würde.

Das Watt im Dammbaubereich vor der Friedrichskoogspitze ist für diese Aufgabe gut geeignet. Es sollte dort eine zeitlich vergleichende Untersuchung ein und derselben Wattfläche angestellt werden, derart, daß die einzelnen Wattabschnitte nach einem oder mehreren Jahren erneut auf den Tierbestand hin untersucht wurden. Daneben bestand außerdem die Möglichkeit, die verschiedenen nebeneinander gelegenen Standorte mit ihrem tierischen Inhalt zur selben Zeit zu vergleichen. — So ergaben sich zwei Blickrichtungen, um die verschiedenen Standorte laufend zu überprüfen und die Untersuchungsergebnisse für die Praxis auszuwerten.

Die Darstellung befaßt sich mit der Schilderung von einzelnen Befunden in verschiedenen Jahren, mit einem Vergleich der einzelnen Jahre und mit

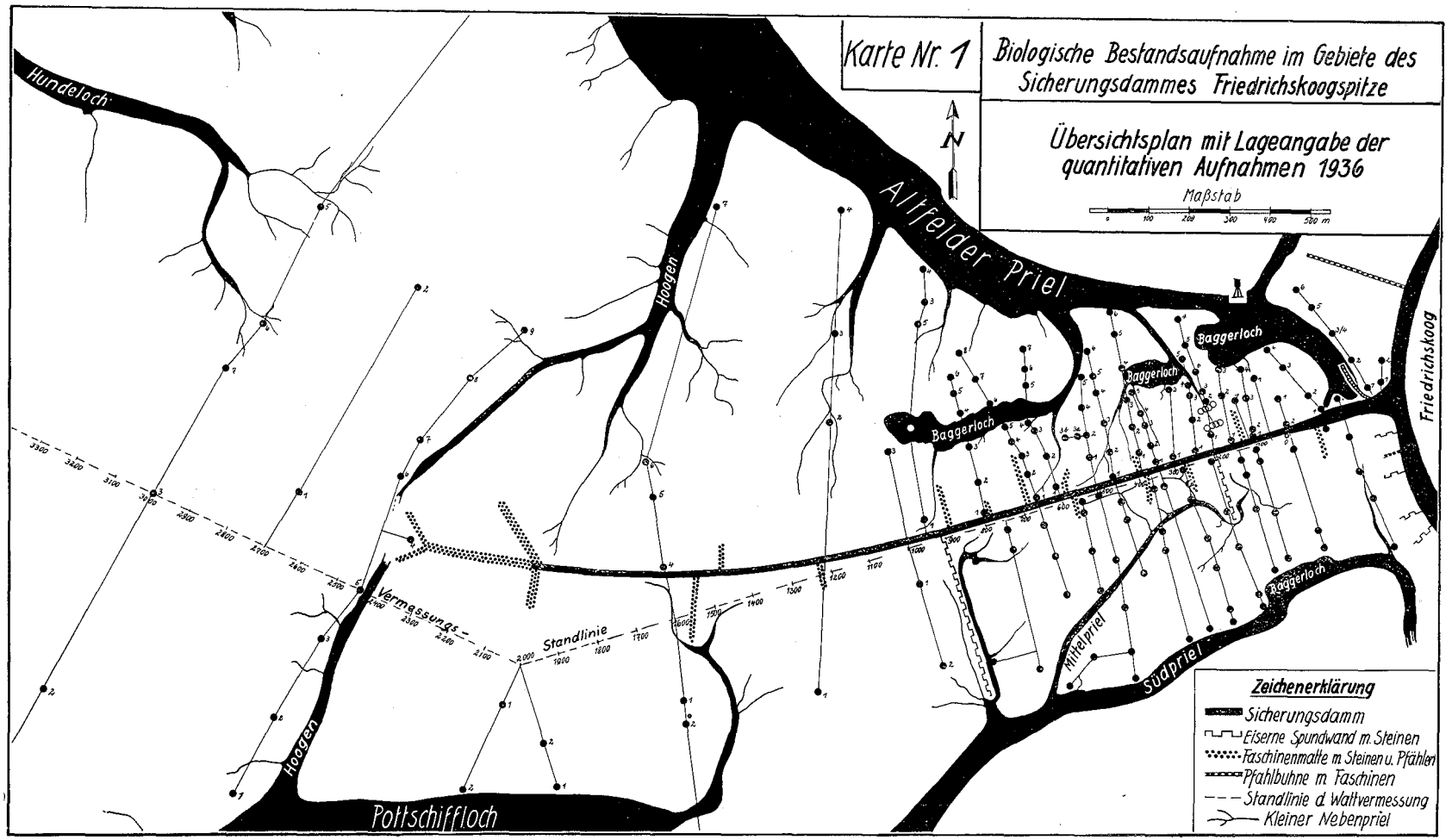
der Auswertung dieses Vergleichs für die Praxis. — Sie ist vorwiegend ein Tatsachenbericht, welcher feststellt, daß eine Bindung zwischen Tier und Sediment besteht oder nicht besteht. Wichtig ist natürlich ebenso die Aufklärung der Ursache, zumal diese die Sicherheit der Befunde vergrößert. Untersuchungen dieser Art wären jedoch weit über den gesteckten Rahmen hinausgegangen.

2. Untersuchungszeit und -methode.

Erstmalig 1935 wurde die biologische Bestandsaufnahme nach den Anweisungen von Dr. WOHLENBERG von stud. L. BOHMANN durchgeführt, und zwar im August-September als Uebersichtsaufnahme des gesamten Wattgebietes der Marner Plate von Friedrichskoog bis zur Insel Trischen. — 1936 wurde die Hauptaufnahme vom Verfasser im Juni, Juli und Anfang August durchgeführt, unter Beschränkung auf den eigentlichen Dammbaubereich, welcher nur etwa ein Viertel der gesamten Marner Plate ausmacht. — 1937 wurden einige Stellen im Februar, im Juni und im September nachgeprüft. — 1939 fand noch einmal im Juni eine Begehung und quantitative Aufnahme der wichtigsten Standorte statt. — Die Untersuchungszeit erstreckt sich also über fünf Jahre, jeweils zu einer ähnlichen Jahreszeit.

Die Aufgabe der vergleichenden Bestandsaufnahme kann am besten gelöst werden durch die Methode der quantitativen Aufnahme unter Mitberücksichtigung qualitativer Aufnahmen. Ueber das von der Vermessungs-Standlinie aus entsprechend den augenscheinlichen Geländeeigentümlichkeiten angelegte Netz der Profile und Stationen unterrichtet Karte 1. Die quantitative Methode an diesen Stationen war die von WOHLENBERG (1937) im Königshafen von Sylt angewendete. Es wurden die von ihm angegebenen oben und unten offenen rechtwinkligen Blechkästen von $^1/_{20}$ qm und $^1/_{400}$ qm Querschnitt benutzt. Diese wurden in den Boden eingedrückt, dann mitsamt dem Inhalt herausgenommen und in ein Sieb von 1 mm oder (seltener) $^1/_2$ mm Maschenweite entleert. Das Sediment wurde danach ausgespült, die zurückgebliebenen Tiere wurden ausgesucht und gezählt. Der kleinere der beiden Stecher wurde für kleine, sehr dicht siedelnde Tiere angewandt, z. B. für *Hydrobia, Pygospio, Macoma*-Brut, gelegentlich auch für *Corophium*. — *Arenicola* wurde nach der Zahl seiner Kothäufchen auf 1 qm bestimmt, *Mya* häufig nach der Zahl der Löcher im Boden. Erwachsene *Cardien* wurden bei einigermaßen dichter Besiedelung auf 1 qm mit der Hand aus dem Boden herausgelesen. Zur genaueren flächenhaften Feststellung des Besiedelungsbildes wurden nach Bedarf halbquantitative Proben genommen durch Abschätzen der Dichte nach den charakteristischen oberflächlichen Spuren und den durch Ausgraben freigelegten Tieren. Die Auszählung auf bestimmten Flächeneinheiten wurde für nötig gehalten; denn auch bei beträchtlichen Schwankungen bei den einzelnen Arten innerhalb eines gleichartigen kleineren Wattgebietes können doch nur solche beispielhaften Zahlenangaben, wie sie die quantitative Aufnahme ermöglicht, allgemein verständliche Vergleichsmöglichkeiten geben. Für den Aufnehmenden selbst, der die Arbeit auf der Grundlage von eigenen Erfahrungen aufbaut, können dagegen die Schätzungen vielfach ebenso wertvoll wie Zählungen sein.

Als Kartenunterlage konnte 1935 die von der Forschungsstelle neu aufgenommene Wattkarte benutzt werden. 1936 ließ sich dieselbe nicht mehr verwenden, da das System der kleinen Priele, welche zur genauen Orientierung hätten dienen können, im eigentlichen Dammbaubereich durch den Bau bereits völlig verändert war. Es wurde daher zunächst eine behelfsmäßige neue Geländeskizze im Verlauf der Aufnahme angefertigt, welche als Grundlinien die Standlinie der Wattvermessung und den Damm hatte. Erst bei der Ausarbeitung der Untersuchungen ist die genauere Karte einer neuen Wattvermessung verwertet worden.


Karte Nr. 1
Biologische Bestandsaufnahme im Gebiete des Sicherungsdammes Friedrichskoogspitze
Übersichtsplan mit Lageangabe der quantitativen Aufnahmen 1936
Maßstab
0 100 200 300 400 500 m
N
Hundeloch
Altfelder Priel
Hoogen
Baggerloch
Baggerloch
Baggerloch
Baggerloch
Friedrichskoog
Vermessungs-Standlinie
Mittelpriel
Südpriel
Hoogen
Pottschiffloch
Zeichenerklärung
Sicherungsdamm
Eiserne Spundwand m. Steinen
Faschinenmatte m. Steinen u. Pfählen
Pfahlbuhne m. Faschinen
Standlinie d. Wattvermessung
Kleiner Nebenpriel

3. Die topographischen Verhältnisse (Karte 1).

Nebenbemerkung. Die Zahlenangaben ohne weitere Kennzeichnung beziehen sich auf die Länge der Standlinie. Die Ausdrücke „nördlicher" und „südlicher Wattabschnitt" beziehen sich ebenfalls auf die Standlinie. Angaben wie „50 m nördlich (bzw. südlich) von 1600" bedeuten senkrechte Entfernung von dem betreffenden Standlinienpunkt nach dem nördlich (bzw. südlich) davon gelegenen Wattabschnitt der Marner Plate. Ortsangaben wie „0/N 50" bedeuten: „vom Standlinienpunkte 0 m gehe man 50 m nach N".

Der hier näher zu betrachtende Dammbaubereich gehört zu dem 10 km langen und 2½ km breiten Wattrücken der „Marner Plate", welche sich von dem langgestreckten Friedrichskoog in Süderdithmarschen aus gewissermaßen als dessen Fortsetzung nach NW bis zum „Buschsand" mit der kleinen Marschinsel Trischen erstreckt (WRAGE 1930). Dieses Watt wird in N begrenzt durch den „Flackstrom", dessen oberes Ende „Altfelder Priel" heißt, und im S durch das „Neufahrwasser", im oberen Ende „Pottschiffloch" genannt. In diesem oberen Bereich vor dem Deich haben sich nun die topographischen Verhältnisse infolge des Dammbaues von 1935 auf 1936 sehr stark verändert.

Den Zustand von 1935 zeigt Karte 2. Der Altfelder Priel ist schon in seinem Oberlauf, unmittelbar vor dem Deichfuß, eine 50—60 m breite, tiefe Rinne. Der sogenannte „Hoogen" ist auch ziemlich breit, aber nicht tief. Zwischen dem Altfelder Priel und dem Pottschiffloch bleibt eine beträchtliche Wattfläche, welche nicht von Prielen zerrissen ist. —

Der Damm ist 1935 zur Zeit der Bestandsaufnahme in folgendem Bauzustand: Die beiden Spundwände sind bis 900 (= 1200 m Dammlänge) fertiggestellt. Der Altfelder Priel ist noch nicht durchdämmt. Der Damm bildet also noch keine scharfe Trennungslinie zwischen nördlichem und südlichem Wattabschnitt; jedes Hochwasser geht über die Spundwände hinweg.

1936 hat sich das Bild vollkommen verändert. Der Damm ist am Anfang der Beobachtungszeit bis zu etwa 1000 über den Mittelhochwasser-Scheitel hochgeführt, die Spundwände werden bis zum Dammkopf weitergetrieben, seitliche Steinmatten sowie die Querspundwände nach S bei 200 und 900 sind fertiggestellt. Im Laufe der Untersuchungszeit wird der Dammkörper auch fast bis zu seinem Kopfende auf die endgültige Höhe gebracht, so daß er, erst nur bis 1000, später bis 2000, eine tatsächliche Trennungslinie zwischen nördlichem und südlichem Wattabschnitt bildet. Alle Rinnen, welche vom Altfelder Priel her mit ihren Anfängen auf den Südabschnitt übergriffen, sind um diese Strecken gekürzt. Dafür sind neue Einschnitte entstanden: zwei breite und tiefe Priele, „Mittelpriel" und „Südpriel" (dieser anfangs künstlich) nebst kleineren Nebenrinnen. Ferner wurden ein umfangreiches Baggerloch auf dem Südabschnitt (mit dessen Material das Ende des Altfelder Priels zugeschüttet wurde) und drei Baggerlöcher auf dem Nordabschnitt ausgehoben.

Nach der Bestandsaufnahme 1936 kamen noch zwei weitere Baggerlöcher (etwa nördlich und südlich von 1600, vgl. Karten von 1939) hinzu. Der Hoogen bildet nun eine das Watt vollkommen durchschneidende Rinne mit Tiefen bis zu 2 m vor dem Dammkopf. Weiter nach W hin sind die topographischen Verhältnisse die gleichen geblieben.

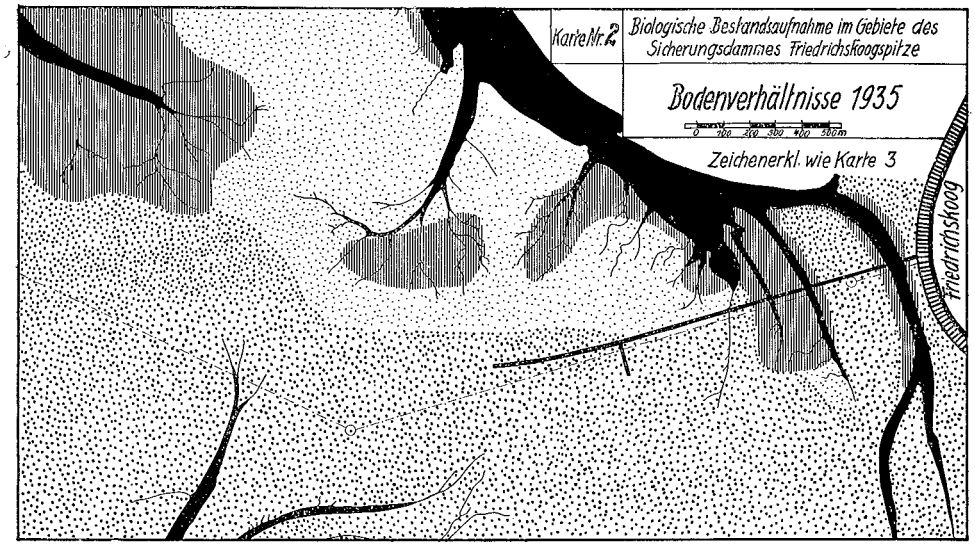
In den folgenden Jahren sind keine wesentlichen Veränderungen des topographischen Bildes eingetreten.

4. Die Bodenverhältnisse.

Entsprechend den Veränderungen der Oberflächenformen und der Gliederung des Watts hat sich eine Veränderung der Oberflächenablagerungen vollzogen. Hierüber seien einige Gegebenheiten erwähnt, welche sich nicht aus den Kartenbildern herauslesen lassen. Im übrigen wird auf Karte 2 und 3 verwiesen.

1935 (Karte 2) hat der Boden im Dammbaubereich, also bis zum „Hoogen" hin, noch etwa den alten Aufbau, wie er vor Inangriffnahme des Dammes bestanden haben wird. Bodenproben aus diesem Jahre liegen nicht vor. Doch

läßt sich bei Berücksichtigung der Aufzeichnungen von 1935 und der Bodenverhältnisse an der Oberfläche oder unter dem neuen Material von 1936 erkennen, daß damals der Boden allergrößtenteils mehr oder weniger reiner Sand von verschiedener Konsistenz war. Dies ist besonders auf dem Südabschnitt der Fall. Nur am Altfelder Priel selbst, an seinen kleinen Nebenprielen bei 200 bis 400 und am Nordabfluß des Hoogen ziehen sich schmale Streifen schlickigen Materials hin.



1936 (Karte 3) finden wir am Beginn des Dammes vor dem Deich auf der Nordseite festen Sand. Nach der Ladebrücke hin wird er immer schlickhaltiger, nimmt jedoch an Festigkeit nur langsam ab. In der entsprechenden Zone südlich des Dammes aber, besonders in seiner nächsten Nähe, liegt sehr weiches, mehr oder weniger schlickiges Sediment von vielfach breiartig flüssiger Beschaffenheit. Es hat verschiedene Mächtigkeit, von 10 bis 40 cm. Es hat die senkrecht auf den Altfelder Priel zuführenden kleinen Wasserrinnen nach und nach ausgefüllt, so daß diese nur noch als ganz flache Senken sichtbar sind (Abb. 1). Das darunter vorhandene frühere Querprofil mit oftmals schärferen Formen läßt sich beim Durchwaten noch am Maß des Einsinkens feststellen. Neben diesen querlaufenden Senken besteht aber noch eine tief verschlickte Zone streifenartig am Dammfuß entlang, sowohl auf der Nordseite als auch ganz besonders deutlich auf der Südseite. Diese südliche Zone war ebenfalls ein solcher Priel, am Damm entlang laufend; er entstand beim Dammbau, wurde durch Steinmatten unterbrochen und verschlammte. Unter dem weichen Schlick (auch unter dem bis 40 cm tiefen) ist fast überall unvermittelt festerer Sandgrund anzutreffen — die ehemalige

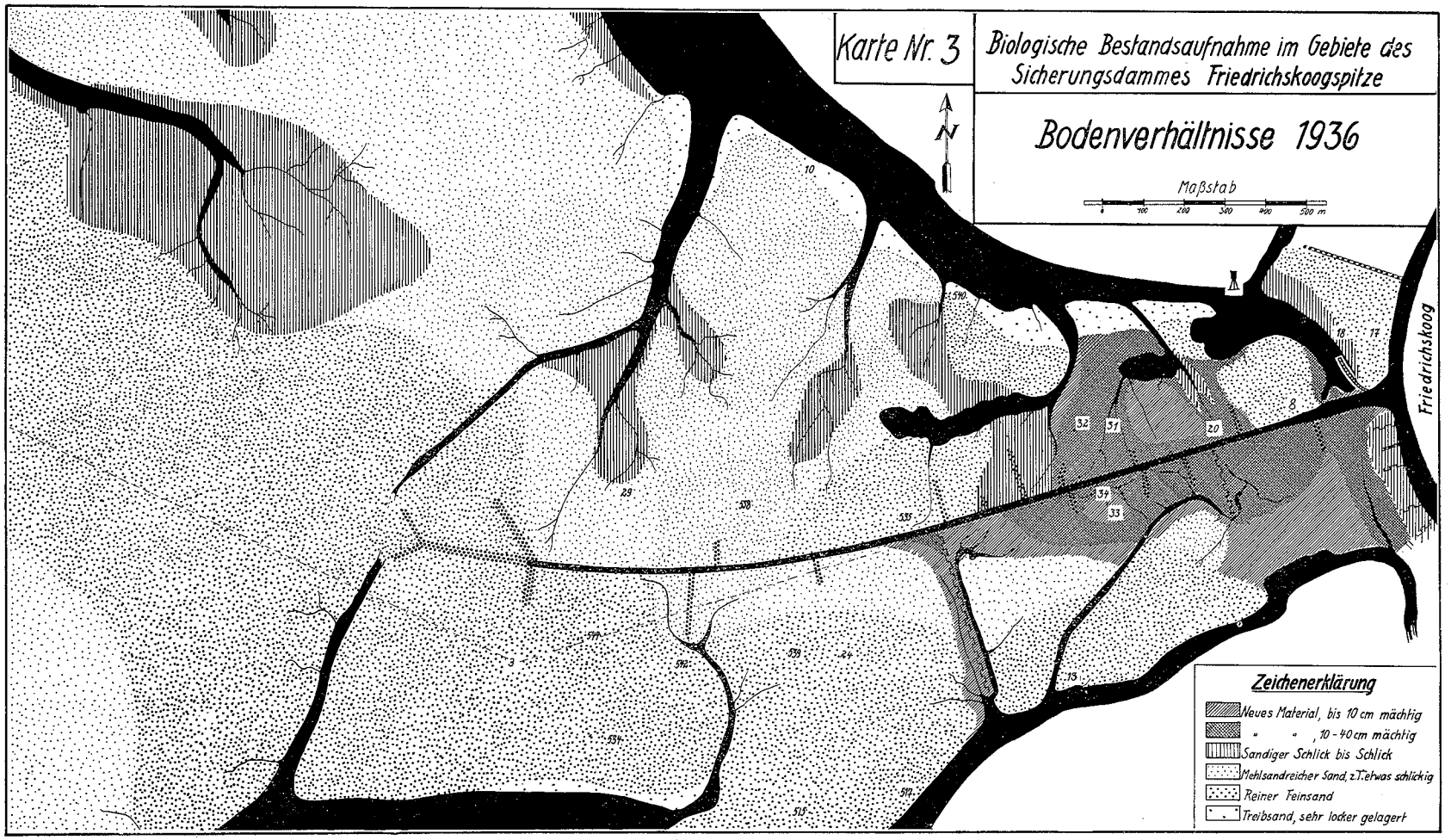
Sandoberfläche, auf die sich seit dem Dammbau neues, feineres Material auflagerte. Auf der Nordseite von — 100 bis 150 besteht noch eine Fläche mit solch festem Sandgrund, sicher ein nicht zugedecktes Stück der alten Oberfläche. — Westlich der 900-m-Buhne scheinen noch großenteils die natürlichen Verhältnisse wie vor dem Dammbau zu herrschen, da der Dammkörper hier erst im Laufe des Sommers 1936 so viel an Höhe gewann, daß er eine wirkliche Trennungslinie bildete. Westwärts vom Hoogen, wo die Bodenverhältnisse 1936 ebenfalls nur von den bisherigen natürlichen Bedingungen abhängen, besteht der Boden nördlich und südlich der Standlinie vorwiegend aus lockerem Sand, der im S, im Einzugsgebiet von Prielen, einen etwas

Tabelle der Korngrößen (Proben-Nr. vergl. Karte 3).

Bodenart	Proben Nr.	Entnahme-Jahr	Korngrößengruppen in % b/c Ton, Staub bis 0,02 mm	d Mehlsand 0,02—0,1	e Feinsand 0,1—0,2	f Mittelsand 0,2—0,5	Wassergeh. in % des Gew. d. nassen Probe
Sand	517	1936	—	7,6	90,0	2,4	?
	515	1936	—	27,1	72,8	Sp.	?
	534	1936	0,7	38,9	64,4	Sp.	26,0
	3	a) 1939	0,5	34,4	60,1	5,0	21,3
		b) 1939	1,0	47,4	45,1	6,5	21,4
	544	1936	0,8	78,2	20,9	Sp.	23,6
	542	1936	2,0	64,9	33,1	Sp.	25.3
	539	1936	1,3	39,1	58,1	1,5	24.3
	24	1939	9,5	73,2	17,3	—	31.2
	33 unten	1939	0,9	34,7	64,4	—	21,1
	8	1936	1,5	46,5	44,8	7,2	?
		1939	1,5	32,7	49,9	15,9	26 9
	17	1939	2,3	39,9	54,5	3,3	20 0
	535	1936	1,0	22,4	76,6	Sp.	25,0
	558	1936	4,0	46,4	49,6	Sp.	25.3
	29	1939	11,7	73,0	15,3	—	31.6
	10	1936	0,2	65,8	30,1	Sp.	?
	540	1936	3,9	71,4	24,7	Sp.	26 3
Alter Schlick	18	1939	37,1	55,7	7,2	—	?
Neuer Schlick	33 oben	1939	28,8	56,0	15,2	—	44,9
	34	1939	23,8	70,0	6,2	—	34.2
	32	1939	27,6	71,6	0,8	—	29,9
	31	1939	28,4	80,2	1,4	—	33.8
	20	1939	49,5	48,5	22,0	—	37,9
Muschelpflaster	13	1939	20,3	62,6	17,1	—	35,3

mehr weichen, wie schlickhaltigen Charakter annimmt; das rührt von dem hohen Mehlsandgehalt her. Ebenso tritt nach N zu, im Bereich der Priele zum Hundeloch, eine Verfeinerung der Körnung auf.

In den folgenden Jahren bis 1939 hat der Boden keine so starken Veränderungen mehr erfahren. Wohl sind nördlich vom Damm, etwa nördlich von 1000—1500, flächenweise etwas andere Kleinformen der Oberfläche ent-


Karte Nr. 3
Biologische Bestandsaufnahme im Gebiete des Sicherungsdammes Friedrichskoogspitze
Bodenverhältnisse 1936
Maßstab
0 100 200 300 400 500 m
N
Friedrichskoog
Zeichenerklärung
Neues Material, bis 10 cm mächtig
" " " 10 - 40 cm mächtig
Sandiger Schlick bis Schlick
Mehlsandreicher Sand, z.T. etwas schlickig
Reiner Feinsand
Treibsand, sehr locker gelagert

standen, das Watt ist dort nicht mehr so glatt, sondern ist etwas uneben geworden, aber der Boden ist seiner Zusammensetzung nach so geblieben wie vorher. Der schlickige neue Boden nimmt jetzt ein noch etwas größeres Gebiet ein, z. B. ist westlich der 900-m-Buhne das Watt schlickiger geworden. Das neue Material in Dammnähe hat sich teilweise schon fester gelagert, wie man an der Art des Einsinkens beim Durchwaten feststellen kann.

Zur Verdeutlichung dieser allgemeinen Bemerkungen über den Boden seien noch einige Korngrößenangaben (Tabelle Seite 126) gemacht nach Proben, welche 1936 und 1939 z. T. vom Verfasser gesammelt wurden, z. T. vom geologischen Sachbearbeiter der Forschungsstelle, Herrn Dr. DITTMER, freundlichst zur Verfügung gestellt wurden. Die Lage der Stationsnummern ist aus der Bodenkarte 1936 (Karte 3) zu ersehen. Die Anordnung der Sandproben in der Tabelle erfolgt in der Reihenfolge: Fläche entlang dem Pottschiffloch — in Deichnähe — nördlich von 1000. Es ist dadurch erkennbar, daß nach N zu die Sedimente im großen und ganzen etwas feiner werden, wenn sich auch eine scharfe Grenze zwischen Feinsandböden und Mehlsandböden kaum ziehen läßt. Nr. „33 unten" zeigt bei „Sand" den alten Boden vor der Ueberlagerung, welcher noch 1939 dieselbe Korngrößenzusammensetzung und denselben Wassergehalt wie früher hat. Zwischen ihm und dem darüber lagernden Schlick (vgl. Nr. „33 oben") mit ganz anderem Wassergehalt besteht eine ganz scharfe Grenze, welche man sofort beim Einstechen eines Gegenstandes merkt. Diese Probe ist ein typisches Beispiel für die plötzlichen Veränderungen im Dammbaugebiet. Probe 18 zeigt einen zähen, tiefgründigen, sandigen Schlick, wie er wohl auch vor dem Dammbau die Prielufer charakterisierte. Die übrigen Schlickproben geben ein Bild von dem neuen Material. Daß man beim Lesen solcher Korngrößenzusammenstellungen einen etwas weiten Spielraum um die betreffenden Angaben lassen muß, zeigen die beiden Proben der Nr. 3, die von einem ganz gleichartig erscheinenden Boden an zwei verschiedenen Tagen entnommen wurden. Andererseits lassen die beiden Proben der Nr. 8 erkennen, daß auch nach drei Jahren an ein und derselben Stelle praktisch noch die gleichen Bodenverhältnisse bestehen können. — Jedenfalls bedeuten die nach dem Augenschein aufgestellten Grenzen der Karte 1936 zwischen „reinem Feinsand" und „mehlsandweichem Sand" nur eine Aufzeigung von Verschiedenheit in großen Zügen. Ueberdies gehen, wie aus der Zeichenerklärung hervorgeht, diese Gebiete feineren Sandes z. T. ganz allmählich in solche mit schlickigem Boden über. — Die zuletzt aufgeführte Probe Nr. 13 aus dem Gebiet eines Pflasters von *Mya*-Schalen am Südpriel soll zeigen, wie sich diese Stelle, die noch 1936 ganz rein sandig war, verändert hat. Das geschah wohl unter dem Einfluß der dort liegenden Schalen, die irgendwelche „Mikro"-Einflüsse auf die Ablagerung der feinen Sinkstoffe gehabt haben müssen.

5. Die einzelnen Tierarten.

Betrachten wir nach dieser kurzen Darstellung des Wohngebietes die Verbreitung der einzelnen Tierarten des Wattbodens in den angegebenen Grenzen.

Es muß im voraus erwähnt werden, daß bei der Angabe eines Verbreitungsgebietes jeweils eine Mindestzahl der betreffenden Tiere auf der Flächeneinheit angenommen wird; die Stellen, wo das Lebewesen in noch geringerer Zahl vorkam, wurden nicht als typischer Wohnort angesehen und deshalb außer acht gelassen. Diese Einschränkung ergab sich notwendig im Verlaufe der Untersuchungen. Als ich nämlich im Sommer 1936 die ersten Aufnahmen auf verschiedenen Wattböden durchgeführt hatte, zeigte sich beim Blick auf die Liste der gefundenen Tiere, daß — kraß gesprochen — jedes Tier überall vorkam. So war also keine Trennung verschiedener Wattarten möglich. Erst bei Beachtung der Dichte ergaben sich Unterschiede der einzelnen Wattflächen gegeneinander. Diese praktische Erfahrung ist an sich alt; sie ist schon seit PETERSENS Zeit (PETERSEN 1913) gemacht worden. Aber es war für den Aufnehmenden trotzdem nützlich, daß er sie hier erneut machen mußte. Dadurch zeigte sich am schnellsten, welcher Weg eingeschlagen werden mußte. Es tauchte in der Folge schon bei den Arbeiten im Watt der notwendig sich anschließende Gedanke auf, daß eine dauernde dichte Besiedelung besagt: dieser Ort erfüllt alle Bedingungen, die das Lebewesen stellt, er ist deshalb kennzeichnend für das Tier. Es war daher zu erwarten, daß für bestimmte Böden charakteristische (in dieser Hinsicht stenöke) Tiere beim Vergleich ihres Vorkommens auf verschiedenartigen Wattböden große Unterschiede in der Zahl aufweisen. Dagegen können solche Tiere, die auf verschiedenen Wattböden keine großen Zahlenunterschiede aufweisen, nicht typisch für einen bestimmten Boden sein. Die Stellen mit den besten Bedingungen müssen also die dichteste Besiedelung tragen, es müssen sich dort für das betreffende Gebiet Maximalzahlen finden lassen.

Die Minimal- und Maximalzahlen sind natürlich für die einzelnen Tiere ganz verschieden, je nach den Bedürfnissen und der Lebensweise derselben; sie können nicht theoretisch, sondern nur nach der praktischen Erfahrung aufgestellt werden. So zeigte sich z. B., daß ein oder zwei Exemplare von *Scoloplos armiger* auf $^1/_{20}$ qm für die Untersuchung schon wichtig sind, dieselbe Menge von dem etwa gleich großen *Heteromastus filiformis* dagegen noch nicht.

Daß solche in einem engbegrenzten Gebiet gefundenen Tatsachen und Zahlen gleich allgemeingültig seien, darf nicht gefolgert werden; das muß erst durch Vergleich mit anderen Watten geprüft werden. Da es aber wünschenswert ist, für größere Gebiete gültige Anhaltspunkte zu gewinnen, sollen in den folgenden Darstellungen gelegentlich auch Erfahrungen mit verwertet werden, die sich aus BOHMANNS Aufzeichnungen der übrigen Marner Plate

ergaben, und die ich selbst auf deren Trischener Seite, im Büsumer Watt sowie im Watt zwischen dem Wattstrom Norderpiep und der Eider[1]), also in benachbarten Gebieten, gesammelt habe. — Zudem ergaben sich auch in Aussprachen mit dem Kollegen Dr. PLATH-Husum, welcher nach ähnlichen Gesichtspunkten im nordfriesischen Watt arbeitete, vielerlei beiderseitige Bestätigungen der Befunde.

In den folgenden Ausführungen soll das Augenmerk nicht auf Tiergemeinschaften gelenkt werden, sondern auf die einzelnen Tierarten. Denn es zeigte sich, daß fast jede Art in anderer Weise auf die eingetretenen Veränderungen ansprach, und daß dadurch vorher im Dammbaugebiet bestehende Gruppierungen von Tierarten mehr oder weniger verändert wurden und sich erst nach längerer Zeit neue Gruppierungen ergaben oder gar noch nicht ergeben haben. Es wird deshalb auch nicht auf die Frage der soziologischen Begriffsbestimmung eingegangen.

Liste der gefundenen Tiere.

Zur leichteren Orientierung über die Bodenfauna des hier behandelten Watts sei zunächst eine listenmäßige Aufzählung gegeben[2]). Nicht berücksichtigt sind hierbei die größeren Krebse der Epifauna *(Carcinus, Crangon, Gammarus, Balaniden)* außer *Eriocheir*, ebensowenig Nesseltiere, Moostiere und Urinsekten.

Würmer.

Nemertini. Eine Art wurde mehrere Male gefunden.
Lepidonotus squamatus L. S. 131.
Eunoë nodosa (Sars). S. 134.
Phyllodoce maculata (L.) S. 134.
Eteone longa (Fabr.) S. 134. (Die Art war an der Form des Dorsalcirrus und der Borsten deutlich zu erkennen).
Nereis diversicolor Müll., Wattringelwurm, S. 136.
Nephthys Hombergii Aud. et M. Edw. S. 134.
Scoloplos armiger (O.F.M.) S. 137.
Pygospio elegans Clapar. S. 139.
Polydora ligni Webster. S. 139.
Scolecolepis foliosa (Aud. et M. Edw.) S. 141.
Magelona papillicornis Fr. Müll. S. 141.
Heteromastus filiformis (Clapar.), Roter Schlickwurm, S. 142.
Arenicola marina (L), Sandköderwurm, S. 146.
Lanice conchilega (Pall.) S. 149.

[1]) Dieses letztere Watt soll im folgenden kurz als „Wesselburener Watt" benannt werden, nach dem östlich davon gelegenen Hebbelstädtchen Wesselburen bzw. nach dem Wesselburener Koog.

[2]) Herrn Dr. WOHLENBERG, jetzt Husum, danke ich an dieser Stelle, daß er 1936 bei Beginn der Geländearbeit mir, einem Neuling auf dem Gebiete der Wattfauna, die hauptsächlichsten Vertreter zeigte, so daß mir viele Bestimmungsarbeit erspart blieb.

Muscheln.

Mytilus edulis L. Die Miesmuschel kommt in den ersten beiden Untersuchungsjahren in mehrere qm großen Nestern westlich vom Hoogen auf der Nordseite (1000—2000 m von der Standlinie) vor, ferner in kleinen Ansammlungen in der gleichen Richtung weiter am Altfelder Priel entlang, schließlich an kleinen Prielen, die nach S ins Pottschiffloch münden. 1939 hat sie auch manche Buschmatten am Damm besiedelt. Da sie ein Tier der Epifauna ist, soll sie hier keine weitere Besprechung erfahren.

Macoma baltica (L.), Plattmuschel, S. 150.

Scrobicularia plana da Costa, Pfeffermuschel, S. 151.

Cardium edule L., Herzmuschel, S. 154.

Petricola pholadiformis Lam., Amerikanische Bohrmuschel, S. 155.

Mya arenaria L., Sandklaffmuschel, S. 156.

Litorina litorea (L.). Die Strandschnecke kommt am Deichfuß, am Damm, auf den Miesmuschelbänken und anderen geeigneten Stellen vor. Doch hat sie keinen Wert als bodenanzeigendes Tier.

Hydrobia ulvae (Penn.), Wattschnecke, S. 158.

Bathyporeia robertsoni Sp. Bate. Die Tiere waren nach Stephensen in Grimpe-Wagler, Tierwelt der Nord- und Ostsee, eher zu dieser Art als zu *B. pilosa Lindstr.* zu stellen. S. 159.

Corophium volutator (Pall.), Schlickkrebs, S. 160.

Eriocheir sinensis M. Edw., Wollhandkrabbe, S. 161.

(Aus benachbarten Wattgebieten werden erwähnt:
Scolecolepis squamata Söderstr., S. 141.
Urothoë poseidonis Reib., S. 160.

Besprechung der einzelnen Tierarten.

Lepidonotus squamatus L.

Lepidonotus wurde 1936 ziemlich oft bei den Siebungen zutage gefördert. Es ließen sich aber keine bestimmten Bodenbedingungen auffinden, welche schon im voraus an einer beliebigen Stelle die An- oder Abwesenheit des Tieres hätten vermuten lassen. *Lepidonotus* kam in allen Bodenformationen vor: im flachen Schlick (z. B. bei 350/N 75), im tiefen Schlick (500/S 18), im dichteren, festen, sandigen Schlick (300/S 280), im schlickigen Sand (200/S 360), im reinen Sand (2000/S 120), selbst im tiefen lockeren Treibsand (400/N 380, 500/N 315), überall jedoch nur in kleinen Mengen von 1—4 Stück auf $^1/_{20}$ qm. Das Vorkommen hängt vielleicht mit Besonderheiten seiner Lebensweise zusammen. Von manchen *Polynoïnen* ist ja ein Hausen in gefundenen Löchern und Höhlen angegeben (z. B. Hagmeier-Kändler 1927, Linke 1939).

Abb. 1.
Übersicht über den verschlammten Priel N von 200. Blick vom Damm in Richtung Schreibpegel. Fußspuren im tiefen Schlick bis zur Mitte der Senke.

Abb. 2.
Überschlicktes Watt N von 500. Oberflächliche Kennzeichnung von *Arenicola*-Besiedelung. Im Hintergrund das große Baggerloch N von 600. Gleichzeitig Darstellung der verwendeten Geräte.

Abb. 3.
Heteromastus-Besiedelung bei 200/N 120, am rechten Ufer des Priels. Zäher, aber schon fest gelagerter, etwas Sand enthaltender Schlick.

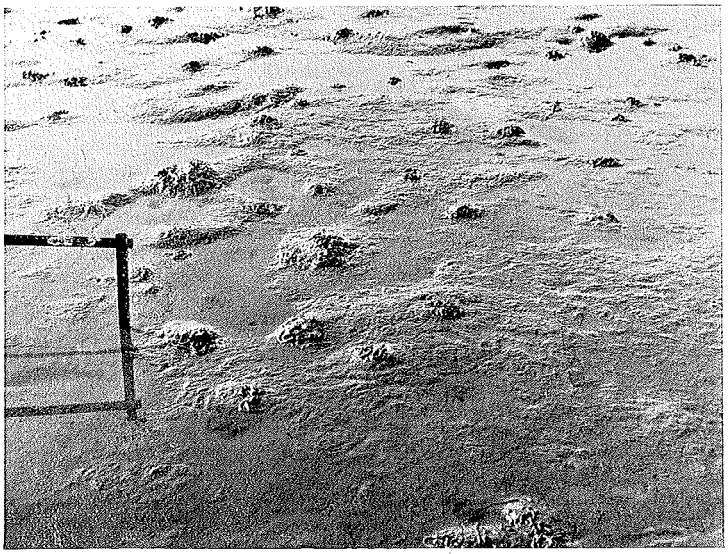


Abb. 4.
Arenicola im 15 cm tief überschlickten Gebiet N von 500.

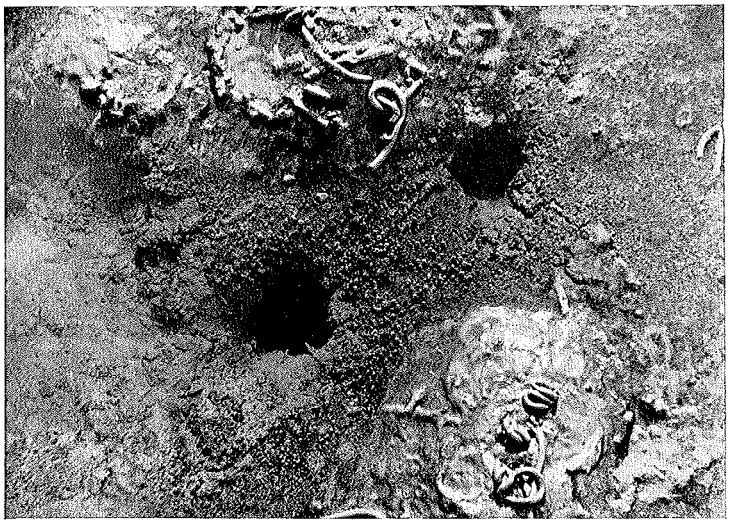


Abb. 5.
Arenicola auf überschlicktem Standort S von 250. Diatomeen halten das Sediment oberflächlich fest; dadurch keine regelrechte Trichterform beim Einsaugen durch den Wurm entstehend.

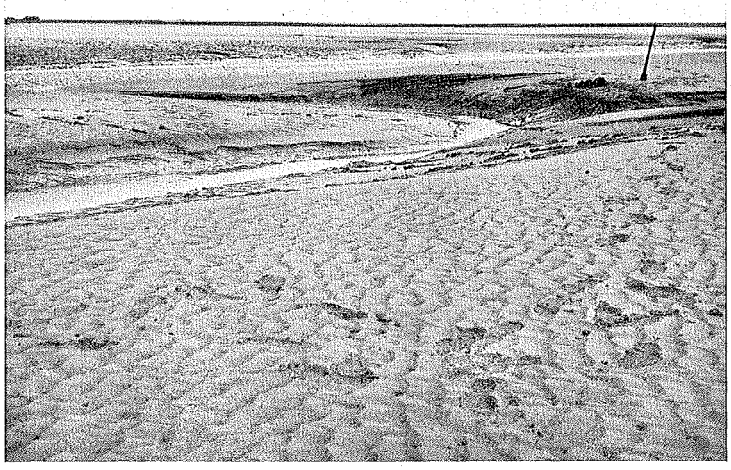


Abb. 6.
Nebenpriel am „Hoogen". Auf dem wasseruntersättigten Sand keine *Arenicola*-Besiedelung.

Ich fand das Tier öfter in *Arenicola*-Röhren, wenn ich diese freilegte, neben dem Wurm. Das gleiche konnte ich übrigens feststellen bei *Gattyana cirrosa,* welche im unteren Watt des Königshafens auf Sylt ziemlich häufig in den Röhren von *Amphitrite johnstoni* saß, meist auf dem Wurm selbst. Weshalb sich die Tiere in diesen Röhren aufhalten, wurde nicht klar. Es mag vielleicht bei *Lepidonotus* sein, daß es ihm mehr auf die *Arenicola*-Röhre als Schlupfwinkel ankommt als auf das Sediment. Oder sollte das Tier mit Freßgelüsten in die Röhre eindringen? Die Lebensweise ist jedenfalls noch zu unklar. — Eine bodenanzeigende Bedeutung kann dem Tier nach meinen Erfahrungen nicht zugesprochen werden.

Eunoë nodosa (Sars).

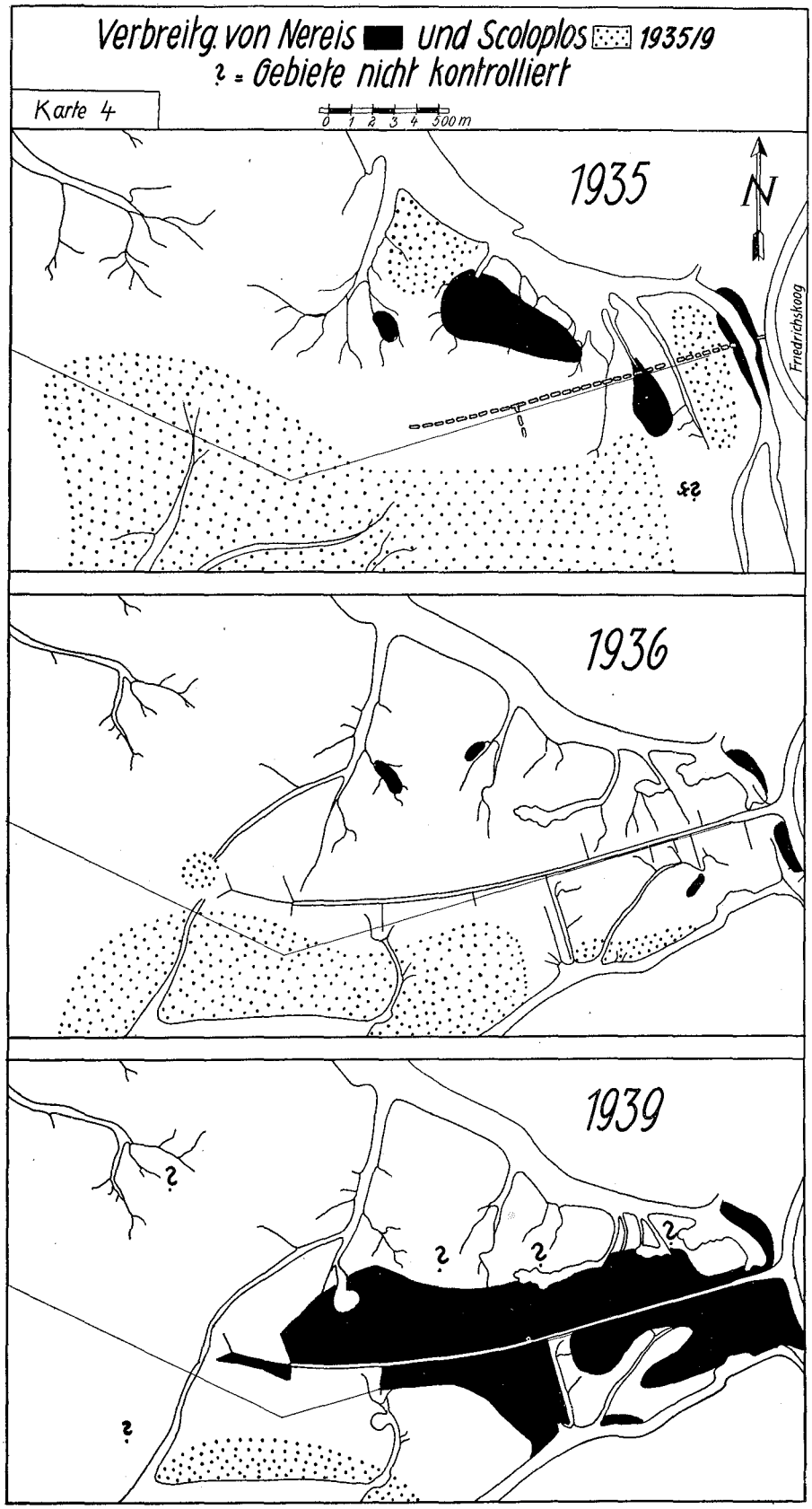
An den gleichen Orten wie *Lepidonotus*, nur noch zerstreuter und immer in einzelnen Stücken, wurde bei den Siebungen die sehr ähnliche *Eunoë* gefunden, welche an den 15 Elytrenpaaren und den dicken dorsalen Borsten kenntlich ist. Die Fundpunkte liegen ebensowenig in gleichartigem Sediment, so daß auch hier über das Wesen der Verbreitung keine allgemeinen Angaben gemacht werden können.

Phyllodoce maculata (L.) und *Eteone longa* (Fabr.).

Beide Arten kamen während der verschiedenen Jahre in lockerem Bestand an vielen Stellen vor. Eine Häufung schien im mehlsandreichen, etwas schlickigen Boden aufzutreten, doch war eine solche Bevorzugung nicht sicher genug zu erkennen, da auch im sandigen Boden beide Arten gefunden wurden.

Nephthys Hombergii Aud. et M. Edw.

Diese *Nephthys*-Art gehört in allen Untersuchungsjahren zu den am allgemeinsten verbreiteten Tieren. 1936 ist der Wurm in 135 von den 184 quantitativen Stationen vorhanden, und auch in den dazwischenliegenden Gebieten ist er überall anzutreffen. Er wird an den einzelnen Stellen in Zahlen von 1 bis 11 auf $^1/_{20}$ qm festgestellt; die durchschnittliche Dichte beträgt etwa 3 bis 5 Stck. Irgendeine Bindung an bestimmte Bodenverhältnisse ist nicht zu bemerken, er lebt (abweichend von den Ergebnissen Wohlenbergs im Königshafen) in allen aufgeführten Sedimentarten. Er gehört zu den wenigen Bewohnern des lockeren Treibsandes am Altfelder Priel ebenso wie zu denen der neu verschlickten Priele in Dammnähe. In jedem Boden kommt er sowohl häufig, als auch vereinzelt, sowohl in jungen, als auch in alten Exemplaren vor. So ist *Nephthys Hombergii* ein Tier, welches im Watt vor dem Friedrichskoog am wenigsten für die Charakterisierung bestimmter Bodenarten in Frage kommt. Immerhin zeigt sich, daß es eine Bedeutung für die sonst tierarmen Formationen hat, wie die des tiefen neuen Schlickes und des lockeren Treibsandes.


Verbreitg. von Nereis und Scoloplos 1935/9
? = Gebiete nicht kontrolliert
Karte 4
0 1 2 3 4 500 m
1935
N
Friedrichskoog
??
1936
1939
?
?
?
?
?

Nereis diversicolor Müll., Wattringelwurm (Karte 4).

Von dem Verbreitungsgebiet von *Nereis* soll gesprochen werden, schon wenn auf größerer Fläche 1 Exemplar je $^1/_{20}$ qm vorkommt. Dabei sind bloß die erwachsenen Tiere zu berücksichtigen; denn es zeigte sich, daß diese ziemlich feste Bindungen an bestimmte Böden haben, die jungen Tiere dagegen überall vorkommen können. Man findet im April-Mai an der Wattoberfläche viele absterbende oder tote erwachsene Exemplare, welche mit Eiern gefüllt sind. Diese selbst und die ausschlüpfenden Larven werden dann von der Strömung verfrachtet, und so kommen die Jungen ebensogut auf sandigen wie auf schlickigen Böden vor. 1936 fand ich Mitte Juni kleine Exemplare (ca. 30 Segmente bei 8—10 mm Länge) im Schlick auf der Nordseite; 1939 dagegen um dieselbe Zeit sehr viele von derselben Größe freischwimmend in Pfützen auf reinem Sand.

1935 ist *Nereis* nicht sehr weit verbreitet. Sie ist auf die Prielränder am Altfelder Priel (wahrscheinlich auch auf dessen Ostseite) und seinen Nebenrinnen beschränkt und lebt hier in Dichte von 1—8 Stck. auf $^1/_{20}$ qm. Das sind alles schlickreiche Stellen. Nur bei Station 2000 und südlich davon am Pottschiffloch wird sie auch auf sandigem Boden gefunden, doch ist dabei nicht vermerkt, ob es sich um junge oder um erwachsene Tiere handelt.

1936 hat das Verbreitungsgebiet des Wurmes stark abgenommen; nur an wenigen Stellen ist er noch zu finden, nämlich am Altfelder Priel selbst und an dem Nebenpriel südlich von 300 sowie in den Anfängen des Hundelochs. Diese Stellen, an denen er in bemerkenswerter Anzahl auftritt und auch oberflächlich an seinen Spuren bemerkbar wird, sind solche, an denen er auch im Vorjahre vorhanden war. Sie alle haben einen Untergrund von zähem sandigen Schlick, der überall schon in geringer Tiefe eine schwärzliche Farbe aufweist. Das Tier tritt hier in einer Dichte von 3—5 Stück auf $^1/_{20}$ qm auf. Nach den Befunden im Dammbaubereich spielt für die Besiedelung das Vorhandensein dieser dunklen Farbe, die von den verwesenden organischen Substanzen herrührt, offenbar eine wichtige Rolle. Es mag sein, daß also die Feinheit des bewohnten Sediments nicht allein Bedingung ist. *Nereis* findet sich nämlich — wenn auch nur vereinzelt — im Gebiet des Schalenpflasters am Dammkopf, wo der Untergrund aus reinem Sand besteht. Der Wurm hält sich hier zwischen den Klappen der *Mya*-Schalen auf, die mit einem Sand von mehr oder weniger schwärzlicher Farbe erfüllt zu sein pflegen. Auf den weiten übrigen Flächen findet man das Tier nur ganz vereinzelt einmal, und somit scheint die Bindung an die beschriebene Bodenart ziemlich streng zu sein. Das Vorkommen am Westufer des Altfelder Priels vor dem Deich, südlich der Standlinie, ist vielleicht deshalb 1936 ausgelöscht, weil der Boden dort durch Umlagerung und künstliche Aufspülung in seinem ursprünglichen Zustand zerstört worden ist. Von dem neuen schlickigen Sediment hat der Wurm noch nicht Besitz ergriffen. Ich gewann 1936 den Eindruck, daß für

Nereis dieser Boden noch nicht genügend abgelagert war, daß das Tier vielmehr eine gewisse feste Konsistenz desselben benötigt, vielleicht um seine Gänge mit der nötigen Haltbarkeit darin anlegen zu können. Es war deshalb von Bedeutung, diese Verbreitung später nochmals zu prüfen.

1939 macht sich tatsächlich eine ganz starke Ausbreitung im Gebiet bemerkbar, die ebensoweit wie der aufgelagerte Schlick reicht. Nach NW hin konnte nicht das ganze Gebiet kontrolliert werden; doch gibt das Zentralgebiet um den Damm herum ein genügend deutliches Bild: Die Ausbreitung ist nach 1936 genau in der Weise vor sich gegangen, wie entsprechend den früheren Befunden des Vorkommens zu erwarten war. Sie greift sogar von den deutlich schlickigen Gebieten auf die anschließenden Sandflächen über (nördlich von 0; vor dem Deich; zwischen Mittel- und Südpriel), doch ist die Zahl auf solchen Standorten geringer (1—2 auf $^1/_{20}$ qm gegenüber 2—5—10 an den anderen Stellen). Interessant ist zu sehen, daß *Nereis* an der Stelle der Bodenprobe 34 (bei tiefem Schlick) das Siedlungsbild beherrscht, dagegen nicht weit davon bei Station 33 (5—8 cm Schlick auf reinem Sand) vollkommen fehlt.

Der Unterschied zwischen 1936 und 1939 dürfte nicht darin begründet sein, daß die erwachsenen Tiere 1939 noch gelebt hätten, während sie 1936 nach Erledigung der Fortpflanzung schon abgestorben gewesen wären; denn die Aufnahme fand 1939 z. T. später statt als 1936.

Scoloplos armiger (O.F.M..) (Karte 4).

Dieser leicht kenntliche lachsfarbene Wurm kommt 1935 auf einer ganzen Reihe von Stellen vor, die ausnahmslos in rein sandigem Gebiet liegen. Die angegebene Dichte von 2 Stück auf $^1/_{20}$ qm ist nicht sehr hoch, doch scheint der Bestand in dieser lockeren Verteilung ohne große Lücke gewesen zu sein. Das Hauptverbreitungsgebiet liegt auf dem Südabschnitt und hat auf dem Sand östlich der nördlichen Hoogeneinmündung und auf der noch 1939 vorhandenen Sandfläche nördlich 0 beträchtliche Ergänzungsgebiete.

1936 sind diese beiden letzteren restlos verschwunden, nur das südliche Hauptgebiet ist noch in wesentlicher Ausdehnung erhalten, wenn auch verkleinert. Es beschränkt sich im Ostabschnitt auf das Schalenpflaster am Südpriel, wo zwischen den Schalen reiner Sand liegt. Im W, am Hoogen vor der Dammspitze, ist es ebenfalls beschnitten. — Zwei Ursachen dürfte die allgemeine Verminderung haben. Der weiche Schlickboden, der sich über große Teile des Wohngebietes gelagert hat, sagt diesem sedimentfressenden Wurm aus irgendwelchen — allerdings noch unbekannten — Gründen nicht zu, so daß er an diesen Stellen der Auflagerung im Laufe eines Jahres vertrieben wurde. Andererseits ist am Hoogen durch die durch den Dammbau veränderten Strömungsverhältnisse in kurzer Zeit ein beträchtlicher Abtrag des Sandwatts erfolgt und damit der *Scoloplos*-Bestand vernichtet worden (vgl. die Verhältnisse bei *Mya,* S. 156). Uebriggeblieben sind nur diejenigen

Stellen, welche vom Dammbau offenbar noch gar nicht beeinflußt sind; dort kommt der Wurm noch in derselben Dichte wie 1935, 3—5 Stück auf $^1/_{20}$ qm, vor (bes. südlich von 2000).

1939 ist erwartungsgemäß das Gebiet noch weiter verkleinert. In den schlickigen Gebieten und in denjenigen mit schlickigem Sand, wie z. B. bei Bodenprobe 24 (s. Tabelle S. 126 u. Karte 3), wurde nicht ein einziges Exemplar gefunden. Ebenso ist das Tier nun aus dem etwas schlickiger gewordenen Schalenpflaster am Südpriel verschwunden (vgl. Bodenprobe 13 der gleichen Tabelle) sowie westlich der Spundwand bei 900, soweit das Watt etwas schlickig geworden ist. Erst westlich von 1500 ist *Scoloplos* noch wie früher vorhanden. Dort hat der Sand seine früheren Eigenschaften behalten.

In allen Beobachtungsjahren zeigt sich *Scoloplos* als ein für einen bestimmten Wattboden sehr charakteristisches Tier. Dieser Boden besteht aus einem nicht gar zu feinen Sand (s. Bodenproben 3, 514, 515 vom S-Abschnitt W der 900-Buhne), der ziemlich locker zu sein scheint; jedenfalls macht er einen etwas anderen Eindruck als der Sand des typischen *Arenicola*-Watts. Ferner ist er gut durchlüftet, die Oxydationszone ist gewöhnlich mehrere cm stark. Dieselben Befunde sind 1935 auf dem übrigen Teil der Marner Plate gemacht worden. An gleichen Standorten fand ich den Wurm bei einer Bestandsaufnahme im Wesselburner Watt. Die an der Marner Plate gewonnenen Erfahrungen ließen sich ohne weiteres nach dort übertragen; man konnte der Oberfläche genau ansehen, wann das *Scoloplos*-Watt begann. Im Einklang damit, daß *Scoloplos* nicht zu feinsandige Böden bevorzugt, steht auch die Tatsache, daß er regelmäßig an den Brandungskanten der Außensände vorkommt (z. B. Trischen, St. Peter, Westerheversand). An diesen Stellen ist die Dichte oft noch etwas größer, ca. 10 auf $^1/_{20}$ qm.

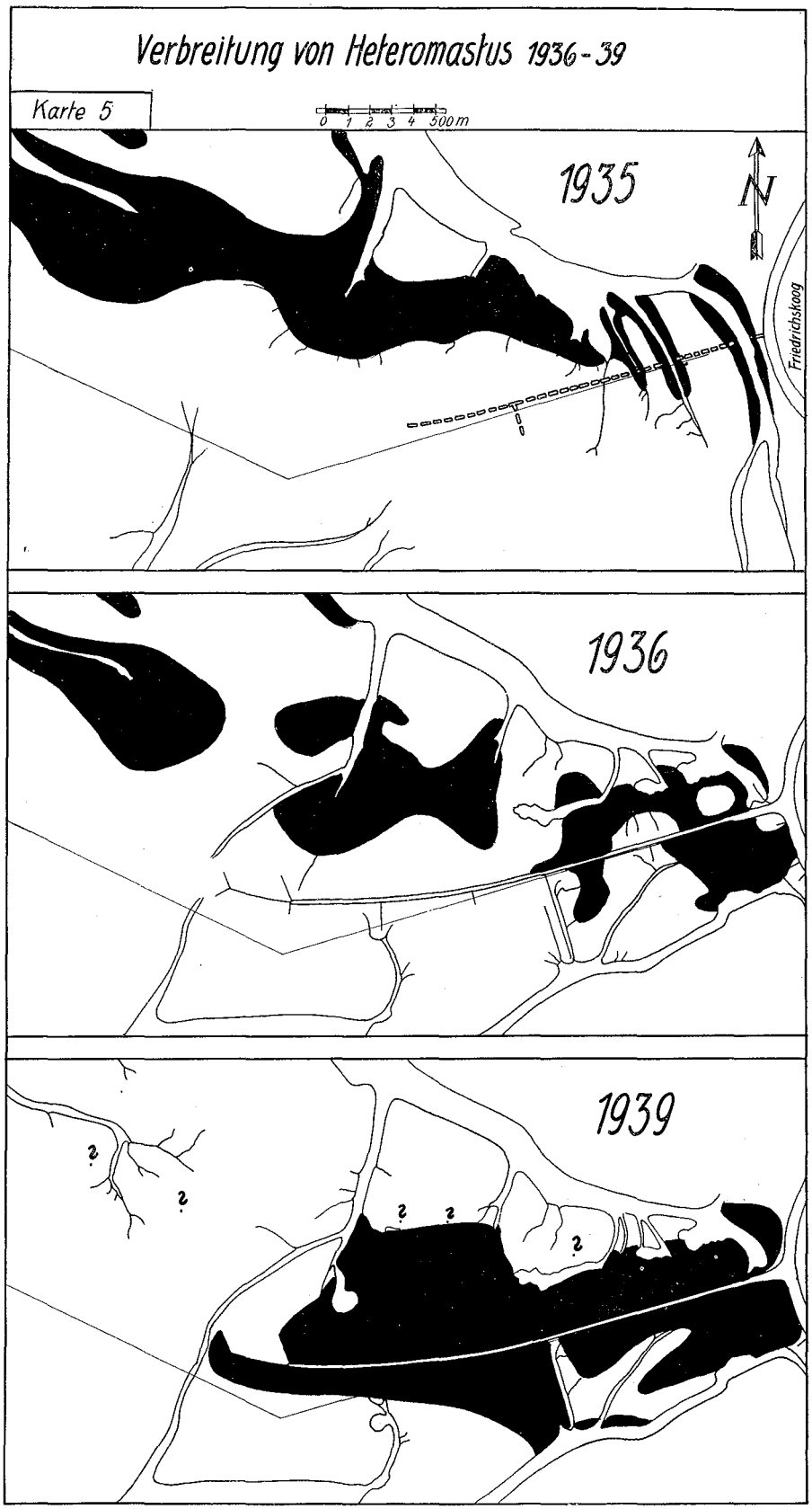
Die im dithmarscher Watt gefundenen Tatsachen stehen im Widerspruch zu den von manchen anderen Verfassern gefundenen: Wohlenberg (1937) gibt *Scoloplos* für den Königshafen besonders vom „dunkel pigmentierten" Watt, vornehmlich in der *Zostera nana*-Zone, an. Aehnlich äußert sich Remane (1933) nach Befunden in der Kieler Bucht. Doch spricht er gerade in diesem Zusammenhang davon, daß *Scoloplos* gelegentlich auch im Feinsand vorkomme, und daß manche eurytopen Arten „einen merkwürdigen ökologischen Dimorphismus" (S. 171) zeigen, „der vorläufig noch der Erklärung spottet". Dagegen machten Thamdrup (1935) und Linke (1939) dieselben Befunde wie ich. Es ist denkbar, daß für das Sublitoral andere Bedingungen ausschlaggebend sind als für das Watt. Der Grund für das abweichende Verhalten des Wurmes im Königshafen ist jedoch noch völlig unklar. Dieses nach Osten geöffnete, in sich aber ziemlich abgeschlossene Wattgebiet weist ja in mancherlei Hinsicht Besonderheiten auf; z. B. ist dieser dunkelpigmentierte Boden ein sonst kaum vorkommendes lockeres Gemisch von schlickigen, „muddigen" Bestandteilen und grobem Dünensand.

Pygospio elegans Clapar.

Für 1935 können über die Dichteverhältnisse dieses kleinen röhrenbauenden Wurmes keine näheren Angaben gemacht werden, da sie durch den damaligen Bearbeiter aus Zeitmangel nicht festgestellt wurden. Es kann deshalb kein Vergleich mit dem folgenden Jahr angestellt werden. Doch sollen einige Bemerkungen über *Pygospio* nach den Feststellungen von 1936 gemacht werden, um einen Eindruck von der „Wertigkeit" für den vorliegenden Zweck der Bodencharakterisierung zu vermitteln. *Pygospio* ist der Individuenzahl nach sicher das weitaus häufigste der hier behandelten Tiere. Sein Wohngebiet erstreckt sich über weite Flächen des Dammbaubereichs. Es seien zunächst die Gebiete aufgezählt, an denen *Pygospio* nicht oder nur in unbedeutenden Zahlen vorkommt. Abgesehen von den gerade durch die Dammbauarbeiten umgelegten Flächen fehlt er an der Ladebrücke und zwischen den Buhnen südlich des Dammanfanges am Deich in dem fest lagernden, schwärzlichen, sandigen Schlick, in der Umgebung des Baggerlochs südlich von 0. auf den Flächen festen Schlicks in den Prielsystemen des Hoogen und des Hundelochs, ferner in allen Schalenpflastern und in den Zonen sehr tiefen neuen Schlicks sowie in den Treibsandstreifen am Pottschiffloch und am Altfelder Priel. Auf den übrigen Flächen ist der Wurm in wechselnder Zahl überall vorhanden und dem Befund nach nicht streng an scharf umschriebene Bodenverhältnisse gebunden. Am dichtesten siedelt er auf festem, sandigem Untergrund, wie z. B. auf der Nordseite vor dem Deich nördlich von — 50 bis 200 und auf dem sandigen bzw. flach überschlickten Gebiet südlich von 300; ferner auch südlich 1200 und westlich des Hoogen in den Zonen mit glatterem, sehr feinem Sand (Abb. 10). An solchen Stellen finden sich durchschnittlich etwa 150 Röhrchen auf $^1/_{400}$ qm. Hier findet *Pygospio* wohl die besten Bedingungen für den Bau seiner Sandröhrchen, sowohl was die Korngröße des Materials betrifft als auch die Lagebeständigkeit des Bodens. Wie weit im übrigen Fragen des Nährstoffreichtums mitspielen, kann nicht entschieden werden.

Polydora ligni Webster.

Diese Art, kenntlich an der pinselartigen Borstenaufteilung am 5. Segment, ist für 1935 nicht erwähnt, wurde aber 1936 an mehreren Stellen gefunden. So lebte sie in den neu aufgeschlickten Gebieten nördlich des Dammes in dicken Schlickröhren. Selbst in den tief verschlickten Rinnen (40 cm Schlamm) kam die Art vor, so z. B. im Priel nördlich von 200, ebenso bei 270 am Südfuß des Dammes. Die Dichte betrug hier auf größeren Flächen 3—10 je $^1/_{20}$ qm. Andererseits lebte sie auch in sandigeren, festeren Böden, hier meist in Gesellschaft von *Pygospio,* auch von *Lanice,* aber in viel geringerer Zahl als jene; man vergleiche dazu Abb. 10 von 2700/N 200. An den steilen kleinen Prielkanten am nördlichen Hoogenpriel wurde eine unbestimmt gebliebene *Polydora* (aber wohl dieselbe Art) in einigen Stücken gefunden


Verbreitung von Heteromastus 1936-39
Karte 5
0 1 2 3 4 500 m
1935
N
Friedrichskoog
1936
1939
?
?
?
?
?

Hier konnten keine derartigen Schlickröhrchen festgestellt werden (welche vielleicht ohnehin nicht aktiv gebaut werden, sondern sich infolge der Schleimausscheidung im Sediment bilden), sondern die Tiere befanden sich in kleinen wohlgeprägten Gängen in dem festen, kleiartigen Boden. Eine Bindung an bestimmte Böden ist in keiner Weise festzustellen. 1939 ist trotz Suchens kein Exemplar von *Polydora ligni* mehr gefunden worden. Die Besiedelung von 1936 war wohl also nur vorübergehender Art, durch irgendwelche äußeren, kurzfristig günstigen, Umstände bedingt.

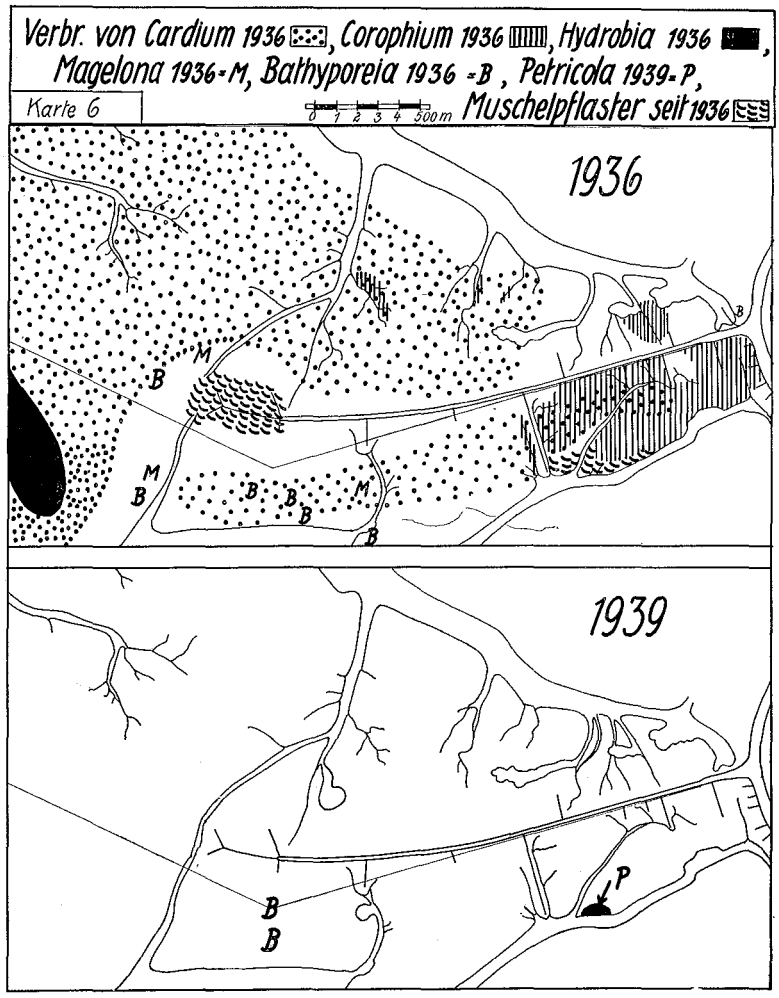
Scolecolepis foliosa (Aud. et M. Edw.).

An vereinzelten Stellen wurde dieser leicht kenntliche, relativ dicke und große, grünrote Wurm 1936 gefunden. Er kam immer nur in 1 oder 2 Exemplaren im Bodenstecher zur Beobachtung, war aber in dieser geringen Dichte meist auch in der Umgebung des betreffenden Fundplatzes festzustellen. Der Boden, in welchem die vorliegenden Exemplare lebten, war rein sandig mit geringer Schlickbeimischung oder ein mit Muschelschalen durchsetzter Sand. In dem *Mya*-Pflaster am Südpriel war der Wurm z. B. nicht selten. 1935 wird er nur von zwei sandigen Stellen (2000 und 2400) erwähnt, 1939 aber nirgends festgestellt. Die Funde sind zu gering, um danach mit Sicherheit Bindungen an bestimmte Bodenarten herauslesen zu können. —

Die verwandte Art *Scolecolepis squamata* ist im Dammbaubereich niemals gefunden worden. Sie ist nur 1935 von weit draußen auf der Marner Plate — an deren Südrand in festem reinem Sand — in mehreren Exemplaren erwähnt. Das ist nach den sonstigen Befunden erklärlich; denn ich fand die Art, wie es auch aus den Literaturangaben (Wohlenberg 1937, Linke 1939) bekannt ist, als Charaktertier der Brandungsseite der Außensände: Trischen, St. Peter, Westerheversand (vgl. *Scoloplos armiger).* Solcher Biotop ist aber im Dammbaubereich nirgends vorhanden.

Magelona papillicornis Fr. Müll. (Karte 6).

Magelona wurde nicht gerade häufig festgestellt. In dem Fundgebiet südlich von 1600 trat der Wurm 1936 in einer Dichte von 2—5 Stück je qm auf, war aber offenbar nicht gleichmäßig über eine große Fläche verteilt, sondern an einigen Stellen in den eben genannten Zahlen vorhanden, an anderen abwesend. Der Boden besteht hier aus reinem Sand mit Rippeln. Bei 2400/N 300 wurde beim Sieben ein einzelnes Stück in reinem Sand mit vielen Muschelschalen gefunden. Bei 2400/S 500 wurde *Magelona* wieder in mehreren Stücken ausgegraben, die Dichte betrug hier ca 3 Stück je qm. An dieser Stelle besteht der Boden ebenfalls aus reinem Sand. Dieses ganze Gebiet südlich der Standlinie scheint als Wohngebiet in Frage zu kommen. Der blaßrötliche Wurm ist beim Ausgraben nicht so auffällig wie der an gleicher Stelle lebende bunte *Scoloplos.* 1935 liegt nur ein Fund von der



Marner Plate vor, gleichfalls aus reinem Sand. Es ist wahrscheinlich, daß das Tier in dem Gebiet südlich von 2000 nur infolge des raschen Arbeitens übersehen worden ist.

Völlig im Einklang mit diesen Befunden stehen wieder solche im Wesselburener Watt, wo in äußerlich schon erkennbarem Sandboden *Magelona* gefunden wurde. *Magelona* ist also, nach allen Funden aus Dithmarschen zu urteilen, für lockeren, gut überströmten und durchlüfteten Sand ein, wenn auch nicht häufiger, so doch recht charakteristischer Bewohner. Was diese Bindung an Sand verursacht, ist nicht entschieden.

Heteromastus filiformis (Clapar.), Roter Schlickwurm (Karte 5).

Das Verbreitungsgebiet von *Heteromastus* ist von einer Flächendichte von 3 Stück auf $^1/_{20}$ qm an aufwärts angegeben. Es ist für 1935 schon deutlich

festzulegen. Wie die Karte zeigt, kommt dieser rote Wurm hauptsächlich im Bereich der Priele vor. Dagegen verschwindet er sofort auf den dazwischenliegenden größeren sandigen Flächen, z. B. bei 0 und östlich des Hoogen. Auf dem ganzen südlichen Wattabschnitt bis 2000 mit mehr oder weniger reinem Sand ist *Heteromastus* ebenfalls nicht vorhanden. Zusammen mit dieser Art wurde offenbar an manchen Stellen die ganz ähnliche *Capitella capitata* angetroffen, welche jedoch bei der makroskopischen Durchsicht der Siebungen nicht immer sicher zu erkennen war. Da es sich um Verwandte mit ähnlicher Lebensweise handelt (vgl. WOHLENBERG 1937), werden sie hier ungetrennt erwähnt.

Die Kartendarstellung von 1936 zeigt, daß *Heteromastus* besonders im Dammbaubereich, außerhalb desselben an den verschiedenen Prielsystemen auftritt, wo er auch 1935 schon lebte, auf den dazwischenliegenden Flächen aber fehlt. Die Gebiete mit der dichtesten Besiedelung sind: die Schlickzone an der Ladebrücke, zwischen den Buhnen südlich am Deich, ein Streifen jederseits des Priels nördlich von 200, außerdem manche Stellen in der Umgebung der Prielsysteme des nördlichen Hoogen und des Hundelochs. An diesen bezeichneten Stellen kommt *Heteromastus* in Dichten von 20—80 Stück und mehr auf $^1/_{20}$ qm vor (Abb. 3). Der Boden ist dort durchweg ziemlich schlickhaltig und hat eine weiche, aber doch recht bindige Beschaffenheit, so daß man die herausgehobenen Schollen gut mit der Hand zerbrechen kann; man hat den Eindruck einer durchaus stabilen Lagerung. Zudem ist er weitgehend schwärzlich von Eisensulfid. *Heteromastus* wohnt hier meist verteilt in etwa ¼ bis 1 qm großen Flecken hoher Dichte und solchen mit geringerer Dichte. In den übrigen Gebieten, welche man als sein Wohngebiet bezeichnen kann, ist die Dichte dagegen bei weitem nicht so groß. So finden wir auf den eingetragenen Flächen außerhalb der eben beschriebenen Wattstellen nur bis zu 10 auf $^1/_{20}$ qm. Es sind das vorwiegend Gebiete mit dem neuen mehr oder weniger tiefen Schlick auf Sandgrund oder solche, wo der festere Boden recht wenig schlickhaltig ist. An den Orten mit neuem Schlick hat sich das Tier sicher erst nach der Aufschlickung angesiedelt, dagegen vorher den darunterliegenden Sandgrund nicht bewohnt. Die beträchtliche Dichte in dem z. T. mit Schlick vermischten Sand, welcher in den Altfelder Priel südlich des Dammes eingespült wurde, zeigt, daß sich das Tier den neuen Verhältnissen sehr rasch hat anpassen können. Die Uebersiedlung ist hier leicht verständlich, da dicht daneben, zwischen den Buhnen, ein altes Wohngebiet vorhanden ist. Dagegen fehlt auch 1936 *Heteromastus* gänzlich auf den Flächen mit reinem Sand, wie sie sich im südlichen Wattabschnitt, westlich der 900 m-Buhne, vor dem Dammkopf auf der Standlinie entlang erstrecken.

Festzuhalten ist also, daß das typische Wohngebiet von *Heteromastus* ein ruhig lagernder, an organischen Restprodukten reicher (schwärzlicher), schlickhaltiger Boden ist, über den hinaus sich das Tier wenig verbreitet.

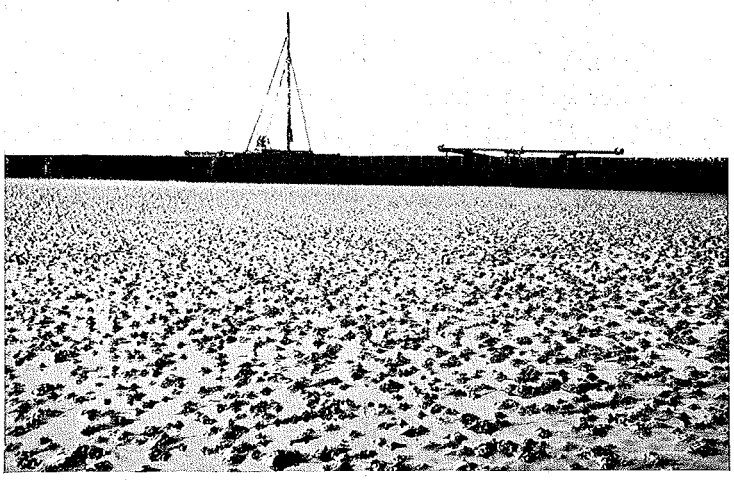


Abb. 7.
Sandwatt N von 0, Zustand 1935, während der Rammung der Spundwand. Dichte *Arenicola*-Besiedelung.

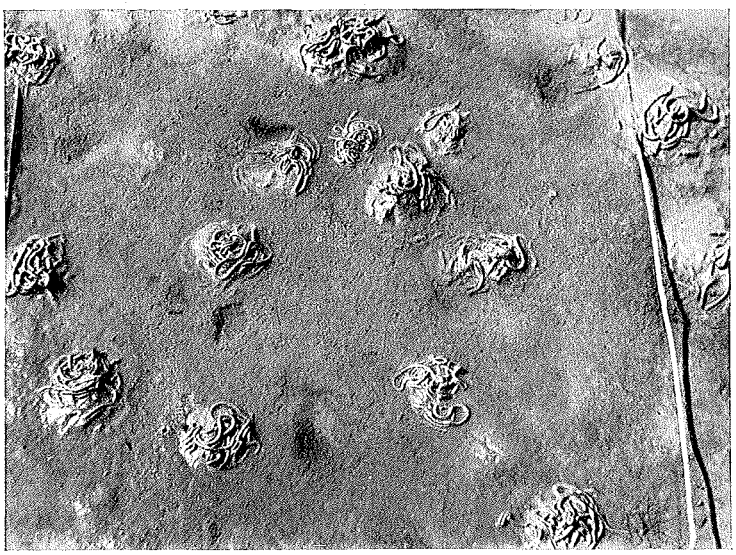


Abb. 8.
Sandwatt N von 0, Zustand 1936. Dichte *Arenicola*-Besiedelung.

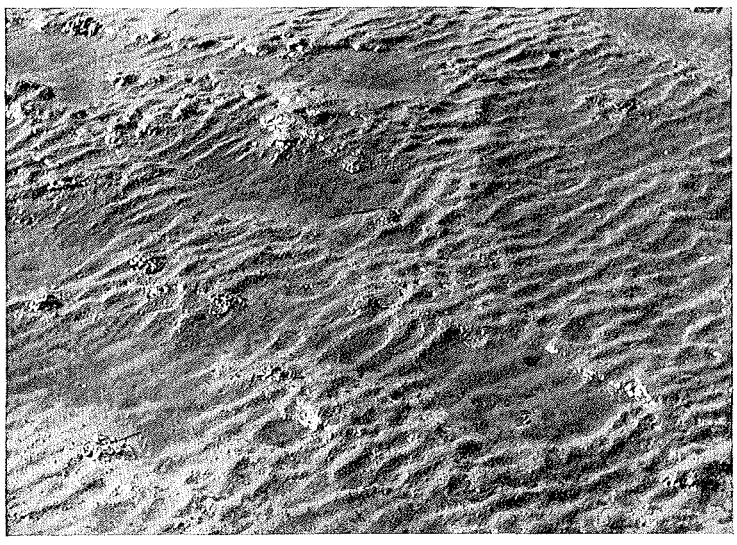


Abb. 9.
Sandwatt N von 0, Zustand 1939. *Arenicola*-Besiedelung gegenüber Abb. 7 u. 8 vermindert.

Abb. 10.
Wohnröhren und Gänge von Würmern, künstlich freigespült aus einer Sandscholle N von 2700. *Pygospio elegans* dünn, fadenförmig; *Polydora ligni* etwas dickere Röhrchen und feine Löcher im Sediment; *Lanice conchilega* bei den beiden Pfeilen.

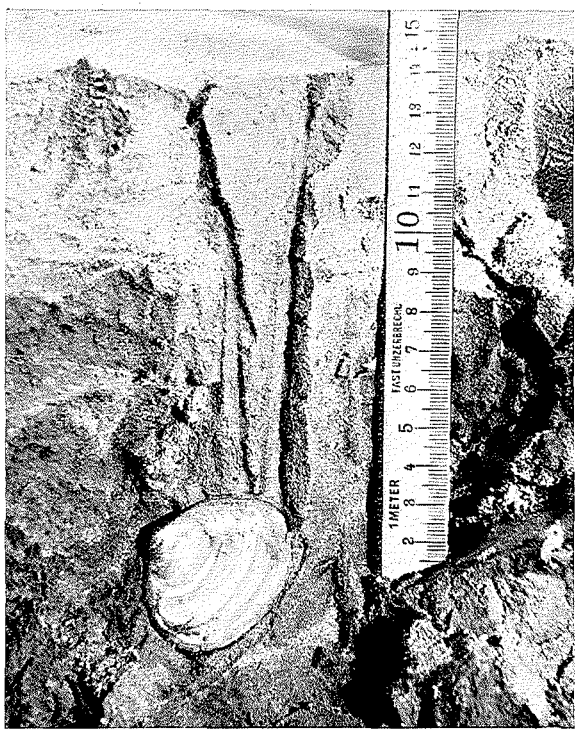


Abb. 11.
Scrobicularia plana. Natürliche Lage im Boden am W-Rand des Baggerloches nördlich von 1000. Zu beachten die Rinnen der beiden Siphonen nach der Oberfläche.

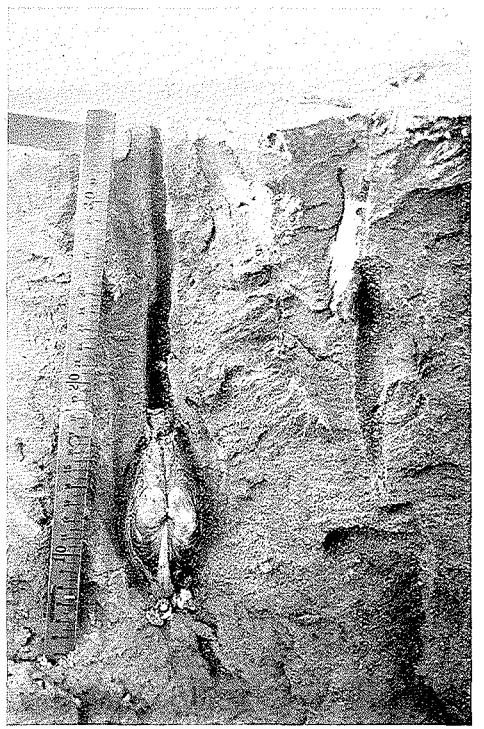


Abb. 12.
Mya arenaria. Natürliche Lage im Boden, am Rande des Baggerloches N von 900. Zu beachten die Röhre für die (verwachsenen) Siphonen. Rechts daneben Röhre eines zweiten Tieres.

Eine örtliche Beobachtung deutet ebenfalls auf diese Bindung an Schlickboden hin. An einem der älteren Nebenpriele lagerte eine 8 cm dicke Schicht von sandigem Schlick auf reinem Sand. Diese obere Schicht war dicht von *Heteromastus* besiedelt (man konnte übrigens hier häufig einen deutlichen braunen Oxydationsmantel um die Gänge in den oberen cm unterhalb des Kothäufchens feststellen). Aber in dem darunterliegenden Sand war keins der Tiere zu finden. Dabei ist zu bedenken, daß der Wurm an anderen Stellen, wo der Schlick mächtiger ist, bedeutend tiefer geht.

Nach den Befunden in den beiden ersten Vergleichsjahren konnte erwartet werden, daß der neu aufgelagerte schlickige Boden dem Wurm zusagen würde, und daß sich sein Bestand halten würde. Wie die Aufnahme von 1939 zeigt, ist dies tatsächlich der Fall, ja das Verbreitungsgebiet ist sogar noch bedeutend vergrößert worden. Ebenso wie *Nereis* hat *Heteromastus* besonders auf der Nordseite eine breite Zone in der gesamten Länge des Dammes eingenommen, bei einer Dichte von 10—20 auf $^1/_{20}$ qm. Dasselbe ist auf der Südseite am Damm westlich entlang der 900 m-Buhne der Fall, Hier ist der Boden, wie ein Vergleich der Bodenproben 539 und 24 (an beiden Stellen war früher der Boden gleich) zeigt, bedeutend feiner geworden und scheint für *Heteromastus* jetzt günstiger zu sein; der Wurm lebt dort in einer Dichte von 5—8 auf $^1/_{20}$ qm. An den Stellen, wo 1936 noch Lücken im Verbreitungsgebiet waren (auf dem flachen Schlick nördlich von 400 und auf der Sandfläche nördlich von 0), ist die Besiedelung nunmehr geschlossen, wenn die Wohndichte auch noch nicht so groß ist (3—8 auf $^1/_{20}$ qm).

So scheint nach den Befunden an der Besiedelungsentwicklung von *Heteromastus* eine deutliche Bindung an die oben bezeichneten mehr oder weniger schlickhaltigen Wattböden zu bestehen. Er ist daher für die Landgewinnungsplanung ein Tier von sehr hoher bodenkennzeichnender Bedeutung.

Arenicola marina (L.), Sandköderwurm.

Für das Auge, das 1935 das Watt der Friedrichskoogspitze überblickt, ist *Arenicola* das Charaktertier; denn ihre Kothäufchen erheben sich überall. Der Wattzustand von 1935 ist sicher der günstigste für das Tier gewesen. Es lassen sich aus den Aufzeichnungen dieses Jahres allerdings keine Zahlenangaben machen, da der Sandwurm bloß insoweit erfaßt wurde, als er in dem Bodenstecher enthalten war. Dies ist für das meist tief sitzende Tier kein genügend sicheres Verfahren; bessere Ergebnisse hat man beim Auszählen der Häufchen[1]). Jedoch ist *Arenicola* mehrjährig, und deshalb können aus dem Besiedlungsbild von 1936 sichere Rückschlüsse auf dasjenige von 1935

[1]) Dabei ist zu beachten, daß von einem Tier mehrere Häufchen stammen können. Wie zahlreiche Prüfungen ergaben, teilt sich der Teil der Röhre unter den Häufchen nahe der Oberfläche manchmal in 2—3 Aeste, und über jedem derselben kann ein Häufchen liegen.

gezogen werden. Der Wurm lebt überall dort, wo sich reiner Sand befindet. Er fällt dagegen ganz aus an den schlickigen Rändern der Priele, also im Bereich des Altfelder Priels. Ein Bild von der maximalen Besiedelungsdichte gibt Abb. 7 aus dem Jahre 1935, welches von der schon öfter erwähnten Sandfläche nördlich von 0 stammt. Das Gesamtbild wird jedoch in seinen Einzelzügen bei Betrachtung der Verhältnisse von 1936 deutlicher. Wir wollen uns erst die erhalten gebliebenen Sandgebiete daraufhin ansehen, da diese dem Wurm nach ganz allgemein gemachten Erfahrungen am meisten zusagen. Die Stellen mit der dichtesten Besiedelung sind die Flächen mit reinem, ziemlich festlagerndem Sand, wo etwas Wasser in den Vertiefungen stehen bleibt. Solche finden sich nördlich vom Damm direkt vor dem Deich, nördlich von 0 (vgl. Abb. 8 aus dem gleichen Gebiet wie Abb. 7), nördlich von 1000 und südlich von 400 jenseits des Mittelpriels. Da lebt der Wurm in einer Durchschnittsdichte von 30—35 auf 1 qm, fleckenweise auch noch beträchtlich enger, z. B.: 91 Stück (bei 0/N 90), 88 Stück (100/N 110), 83 Stück (950/N 55), 54 Stück (500/S 400). — Bedeutend geringer wird die Zahl in den typischen Gebieten von *Scoloplos:* südlich von 2000 leben 15—20 Stück auf 1 qm, im ganz lockeren Sand am Pottschiffloch noch weniger (1—6 Stück). Auch westlich des Hoogen im Sand entlang der Standlinie beträgt die Durchschnittsdichte nur etwa 10 Stück je qm (Boden recht feiner Sand, ziemlich glatt).

Das Tier ist jedoch in diesem zweiten Untersuchungsjahr nicht nur auf die Flächen mit sandiger Oberfläche beschränkt, sondern ist vielfach ebenso häufig auf den neu überschlickten Gebieten, und zwar überall dort, wo Sand darunter liegt. Das zeigt beispielsweise folgende Tabelle:

Zahl je qm	Ort	Boden
71	—50/S 60	Schlick, 5 cm tief
55	100/S 34	dünne Schlickoberfläche
65	350/S 45	Schlick
48	300/N 25	Schlick 30 cm tief
38	350/N 23	Schlick 20 cm tief

Das ergibt ganz überraschende Anblicke, wie Abb. 2 und 4 aus der Gegend der Bodenprobe 32, nördlich von 500, erweist. Beim Begehen sinkt man tief in den weichen Schlamm ein, der einem beim Herausheben vom Spaten tropft. Gerade beim Sandwurm-Watt ist man gewohnt, ohne Anstrengung gehen zu können. Bei naher Betrachtung lassen sich weitere Eigentümlichkeiten erkennen. Abb. 5 stammt von einer solchen Stelle südlich des Dammes. Eine dichte Diatomeen-Decke überzieht den Schlick. Durch deren verschleimende Wirkung kann das Material der Oberfläche nicht in den Saugtrichter nachstürzen, so daß sich kein regulärer Trichter bildet, sondern sich unter dem von oben sichtbaren Loch eine größere Höhle findet. — Es war anzunehmen, daß der Sandwurm diese veränderten Außenbedingungen als mehrjähriges großes Tier mit entsprechend großem „Aktionsbereich" (tiefes Eingraben) nur ertragen konnte, sich aber darin keineswegs unter günstigen

Lebensbedingungen befand. — Vollständig fehlt der Wurm 1936 nur an wenigen Stellen, nämlich an den alten schlickigen Prielrändern, an sandigen Prielrändern am Hoogen — soweit sie um die Niedrigwasserzeit sehr trocken werden infolge Absinkens des Grundwassers an den Prallhängen (auf diese Erscheinung geht WOHLENBERG (1937) ausführlich ein [Abb. 6]), ferner an den Orten mit Treibsand am Altfelder Priel und Pottschiffloch, desgleichen an den Plätzen künstlicher Bodenbewegung während des Dammbaues (am oberen Ende des Altfelder Priels).

Angesichts des widerstreitenden dichten Vorkommens sowohl bei schlickiger als bei sandiger Oberfläche konnte man mit Spannung die weitere Entwicklung erwarten. Noch 1937 sind keine merklichen Veränderungen bemerkbar, obgleich in den schlickigen Bezirken nirgends junge Tiere angetroffen werden. Aber 1939 ist die weitere Entwicklung so gegangen, wie sie vorher zu vermuten war. Es ist eine sehr starke Verminderung der Würmer in den überschlickten Gebieten eingetreten. Südlich des Dammes von 50 bis 100, wo 1936 (s. obige Tabelle) noch 55—70 Stück je qm lebten, sind jetzt in einem 10—15 m breiten Streifen parallel zum Damm nur noch 1—2 Stück je qm zu finden, ringsum aber vielfach überhaupt keine mehr. Das gleiche Bild bietet sich auf allen derartigen Gebieten; auch wenn sie nur von einer geringen Schlickschicht überdeckt sind, ist die Siedlungsdichte ganz stark abgesunken. Der Bestand hatte sich offenbar nur solange gehalten, als die vor der Ueberschlickung angesiedelte Generation lebte. Je mehr Tiere von dieser abstarben, desto dünner wurde der Bestand, denn Nachwuchs fand nicht statt. Man kann also 1936 aus dem Befund in diesen Gebieten sogar Rückschlüsse auf den zeitlichen Ablauf der Ueberschlickung ziehen, nämlich daß diese höchstens innerhalb der Lebenszeit der betroffenen Würmer stattgefunden haben muß; denn sonst gäbe es in dem Schlick keinen *Arenicola*-Bestand. Es ist nicht wahrscheinlich, daß eine andere Erscheinung als die korngrößenmäßige Veränderung des Bodens in Verbindung mit einer Veränderung der physikalischen und chemischen Beschaffenheit desselben diese Bestandsverminderung verursacht hat. Am ehesten könnte man noch an eine Dezimierung durch Kälte und Eis im Winter denken. Z. B. herrschte im Januar 1937 wochenlang Oststurm bei 10° Kälte, der die Vereisung und lange Trockenlage der Watten bewirkte. Ich fand kurz nach dem Wiederauftauen in unserem Gebiet eine ganze Reihe toter Sandwürmer an der Oberfläche liegen. Aber diese spielen zahlenmäßig gar keine Rolle. Das zeigte sich deutlich in einem ganz ähnlichen *Arenicola*-Watt bei Büsum. Auch hier fand ich unter Eistafeln eine Menge Sandwürmer frei an der Oberfläche, vielleicht durch Sauerstoffmangel zum Emporkommen veranlaßt. Sie waren nach dem Freilegen zunächst durchweg ziemlich reglos. Aber nach einiger Zeit konnte ich bei manchen beobachten, wie sie sich unter Zurücklassung einer sandbedeckten Schleimhülle wieder in den Boden eingruben.

Bei andern fand ich später die leeren Schleimhüllen vor; sie waren also auch lebendig geblieben. Das zeigt, daß die Würmer der Kälte und ihren Folgeerscheinungen in großer Zahl widerstehen.

Es wurde oben angegeben, daß für den Sandwurm nicht allein die Korngröße des Sandes für die Dichte der Besiedelung ausschlaggebend ist, sondern auch seine Konsistenz. Das zeigt sich auch 1939 an manchen Sandflächen. So ist auf der Fläche nördlich von 0 der Sand der Korngröße nach der gleiche geblieben (vgl. Bodenprobe 8 von 1936 und 1939). Aber durch irgendwelche äußeren Einflüsse (vielleicht andere Wasserkräfte durch den nahen Damm) muß eine bedeutsame Veränderung der Konsistenz eingetreten sein, wie Abb. 9 im Vergleich zu den beiden früheren Abb. 7 und 8 zeigt. Es ist nicht mehr diese gleichmäßige Verteilung von Häufchen und Pfützen wie 1936 vorhanden, sondern es bilden sich kleine, gerippelte Sandtafeln mit Miniaturkliffs. Und wie man sieht, ist auch die *Arenicola*-Besiedelung nicht mehr so dicht; es sind nur noch 6—15 Stück je qm vorhanden. Es ist möglich, daß eine gewisse wechselweise Wirkung von „Veränderung des Bodenaussehens" und „abnehmender *Arenicola*-Dichte" diesen neuen Gesamtzustand geschaffen hat. In Ergänzung dazu können wir uns daran erinnern, daß dieses Wattstück jetzt in geringem Maße von Tieren mit anderen Ansprüchen, *Nereis* und *Heteromastus*, besiedelt wird. Aehnlich wie mit diesem ist es mit manchem anderen sandigen Wattabschnitt im Dammbaubereich.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß der Sandwurm bestimmte Wattböden gut kennzeichnet. Die dichteste Besiedelung findet statt in einem nicht allzu feinen, festen, in ruhigem Zustand befindlichen Sand mit ziemlich hohem Wassergehalt; der Sand darf nicht zu trocken sein (Prielränder) und auch nicht zu locker (Treibsandstreifen). Im Schlick siedelt er sich nicht an, er kann diesen höchstens als erwachsenes Tier längere Zeit ertragen.

Lanice conchilega (Pall.).

Im engeren Dammbaubereich ist dieser Wurm, welcher durch die aus dem Sand ragenden Enden seiner Sandröhren leicht erkennbar ist, 1935 nur ganz spärlich vorhanden. Sein Gebiet beginnt etwa bei 2000 und erstreckt sich bei lockerer Besiedelung nach Westen auf der Marner Plate hin. 1936 tritt er östlich von Hoogen nur in dem Schalenpflaster an den Endmatten des Dammes auf. Es muß dies eine innerhalb des einen Jahres entstandene Siedlung sein, da die Tiere meist noch ziemlich klein, die Röhren nur 3—4 mm dick sind; außerdem ist das Schalenpflaster selbst erst im Laufe des betreffenden Jahres durch Abtragserscheinungen entstanden. Die Würmer siedeln locker (3—4 je qm) und haben eigentümlicherweise ihre Röhren zwischen die Schalen mit vielen Krümmungen hineingebaut und vielfach sogar daran festgeklebt. Erst westlich des Hoogen, entlang der Standlinie, ist der Wurm auf weiter Fläche zu finden, wenn auch nur vereinzelt (Abb. 10). Der Boden ist dort feiner, mehlsandreicher Sand. Noch weiter draußen, nördlich der Stand-

linie nach dem Hundeloch zu (bei 3800/N 150) wird der Boden etwas bindiger. Hier verdichtet sich die *Lanice*-Besiedelung bis zu 40 Stück je qm. Alle die hier gefundenen Zahlen nähern sich nicht der Maximaldichte, wie ich sie bei St. Peter in einer Senke zwischen den beiden hohen Sänden fand. 1939 ist die Siedlung am Hoogen nicht mehr vorhanden; die Umlagerung hat hier weiter gewirkt. Wie der Bestand westlich des Hoogen jetzt aussieht, konnte nicht geprüft werden. — Nach den Befunden an der Friedrichskoogspitze im Vergleich mit denen bei St. Peter läßt sich nur erkennen, daß hier das zur Betrachtung stehende Watt keine idealen Wohngebiete für diesen Wurm bietet. Abweichend von den Befunden im Königshafen, wo die dichtesten Bestände von *Lanice* durchgehend an das Auftreten von *Zostera marina* gebunden erschienen, können sichere Schlüsse auf eine Bindung an bestimmte Bodeneigenschaften im Dammbaugebiet nicht gezogen werden. Man kann nur vermuten, daß ein ganz feiner Sand mit schlickigen Beimischungen und irgendwelchen bestimmten Konsistenzeigenschaften von *Lanice* bevorzugt wird. In Verbindung damit sind wahrscheinlich günstige Ernährungsbedingungen notwendig.

Macoma baltica (L.), Plattmuschel.

Die Plattmuschel ist in den Beobachtungsjahren kaum in erwachsenen Exemplaren von 15—20 mm gefunden worden. Mittelgroße Stücke von 8—12 mm kamen in lockerer Verteilung auf allen Böden vor. Das gleiche war bei Tieren der Nullgruppe der Fall, die fast an keiner Stelle fehlten, allerdings im Schlick sich ganz besonders häuften. Welche Mengen von diesen kleinen 1—4 mm großen Tieren im Boden dicht unter der Oberfläche lebten, zeigte sich z. B. 1936 südlich vom Damm. Oestlich der Spundwand bei 200 wurden aus dem weichen, breiartigen Schlamm mit Fichtennadeln und Heideresten (vom Dammbau stammend) in verschiedenen Stecherproben von 25 cm^2 Fläche je 20—220! Stück freigespült, das sind im Maximalfalle etwa 80 000 je qm. Die Oberfläche erhielt durch die Tätigkeit der Millionen von Siphonen ein ganz charakteristisches, narbiges Aussehen, „wie gärende Marmelade" notierte ich. Doch hatten diese Massen als Anteil des Tierbestandes keine Dauerbedeutung. Im Herbst waren sie sämtlich verschwunden, ohne daß man noch Schalen in nennenswerter Menge fand. Wahrscheinlich waren sie von Wattvögeln und Fischen (vgl. PETERSEN 1913) gefressen worden. Das gleiche Auftreten und Wiederverschwinden zeigte sich 1937. 1939 war das Junggut dieser Muschel auf noch größerer Fläche in bedeutender Dichte verteilt. Der ganze Nordabschnitt war voll davon.

Es ergab sich in allen Beobachtungsjahren bei *Macoma* kein Anhalt für bestimmte Bodenbedingungen. Es mag sein, daß das bei erwachsenen Tieren eher der Fall ist; auf Grund der Beobachtungen an Jungtieren in diesem Watt kann ihr jedoch keinerlei Bedeutung für die Kennzeichnung von Wattböden beigemessen werden.

Scrobicularia plana da Costa, Pfeffermuschel.

Für die Pfeffermuschel läßt sich im Dammbaubereich viel besser ein Verbreitungsgebiet angeben als für die Plattmuschel, da sich klar erkennen läßt, wo sie vorkommt, und wo sie fehlt. Es zeigte sich, daß sie schon mit 1 Exemplar je $^1/_{20}$ qm für bestimmte Gebiete charakteristisch ist. Der Wohnraum von 1935 deckt sich nach den Vergleichen ganz mit demjenigen von 1936, welcher deshalb der Beschreibung zugrunde gelegt werden soll. Diese Muschel tritt vor dem Deich am Altfelder Priel in der schon beschriebenen Zone von tiefem sandigem Schlick von schwärzlicher Farbe auf, welchen sie in einer Dichte von etwa 4 Stück auf $^1/_{20}$ qm bewohnt. Dasselbe ist zwischen den Buhnen auf der Südseite der Fall. In den nach W anschließenden Watt-Teilen fehlt die Muschel fast ganz auf einer Fläche, die mit dem Gebiet des tiefen neuen Schlicks zusammenfällt. Erst von 600 ab tritt sie auf der Nordseite im Bereich des großen Baggerlochs (Abb. 11) wieder auf und bewohnt das Watt zwischen dem Damm und dem Altfelder Priel in einem breiten Streifen, der sich ziemlich gut mit dem Verbreitungsgebiet von *Heteromastus* im Jahre 1935 (vgl. Karte 5) deckt (Abb. 13). Sie kommt darin in durchgehender Besetzung, aber wechselnder Dichte vor. Die größte Häufung liegt wieder in einem Boden wie dem eben gekennzeichneten; viel geringer ist sie auf den sandigeren Stellen (nur 1—2 Stück je $^1/_{20}$ qm). Nur bei 2400/N 700 kommt die Muschel in 4 bis 4,5 cm großen Stücken fleckweise in Dichte von 15 Stück auf $^1/_{20}$ qm vor in „ziemlich festem, etwas schlickig wirkendem Sand"; dicht daneben im selben Boden findet man aber auch wieder nur Zahlen von 12 Stück auf 1 qm. Eigenartigerweise wurden zur Zeit der Aufnahme in der Umgebung dieser Stelle eine ganze Reihe abgestorbener, in Verwesung übergehender großer Pfeffermuscheln gefunden, deren Geruch schon auf beträchtliche Entfernung bemerkbar war. Ein äußerer Grund für das Absterben, etwa Veränderung am Boden, war nicht festzustellen. Möglicherweise handelte es sich um am Alterstod gestorbene Tiere. — Südlich des Dammes kommt die Pfeffermuschel außer vor dem Deich nur auf einer kleinen Fläche von der Westecke des Baggerloches (südlich von 200) ab nach W vor.

Scrobicularia wurde meist in großen, 4—5 cm messenden Exemplaren und in mittelgroßen Stücken von 2—3 cm gefunden, also lauter wenigstens 2jährige Tiere. Brut vom Jahre 1936 wurde nur ganz einzeln und an wenigen Orten festgestellt, die alle im Wohngebiet der erwachsenen Tiere lagen. Die Pfeffermuschel hat offenbar nicht alljährlich so starken Brutfall wie die kleine *Macoma,* sondern nur in größeren Zeitabständen starke Fluktuationen, welche vielleicht durch bestimmte äußere Bedingungen ausgelöst werden. Auch 1939 wurden nur einige einzelne Jungtiere angetroffen. Es ist deshalb nicht verwunderlich, daß das Verbreitungsgebiet in den vier Beobachtungsjahren sich nicht vergrößert hat, obgleich man damit rechnen konnte, daß der Pfeffer-

Abb. 13.
Spuren von *Scrobicularia plana* auf der Wattoberfläche N von 3000 (etwas von Wasser bedeckt). Bei den beiden Pfeilen je ein Sipho der Muschel aus dem Boden herausgestreckt.

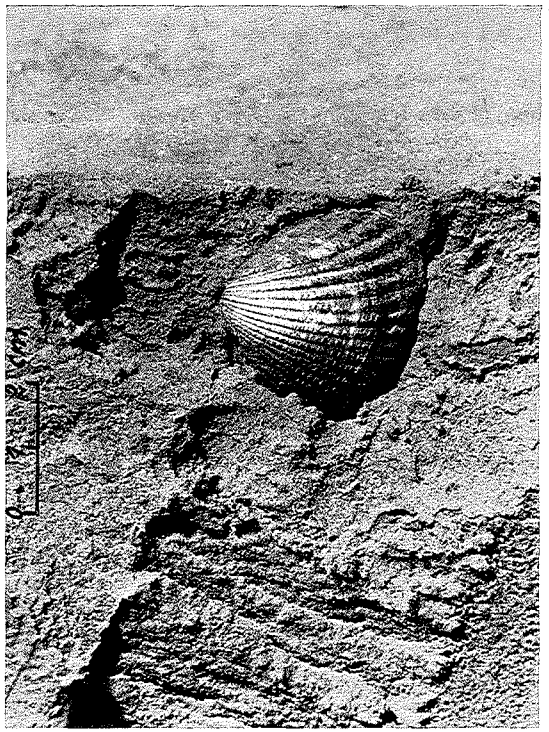


Abb. 14.
Cardium edule in natürlicher Lage im Boden. Rechts oben am Tier die etwas undeutlichen Eindrücke im Boden, wo die beiden kurzen Siphonen herausgestreckt wurden.

Abb. 15.
Corophium volutator S von 850. Durchlöcherung des Bodens durch die Gänge des Tieres. Das Bild wurde gewonnen nach Abtragung der obersten 2 cm des Bodens. Präparierte Fläche $^1/_{20}$ qm.

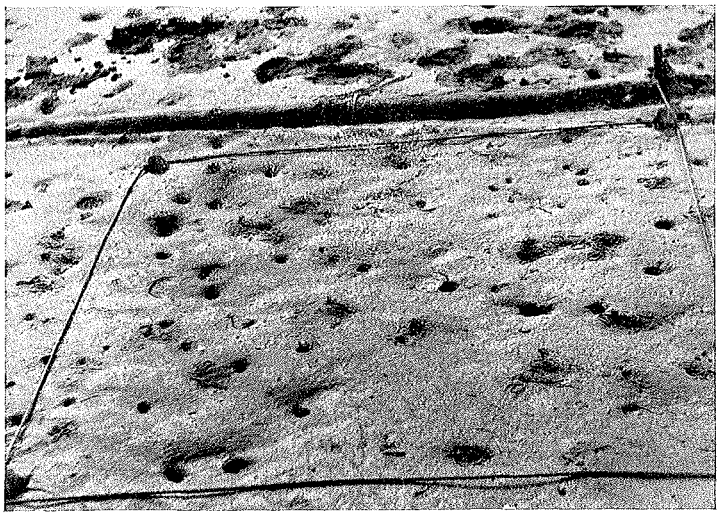


Abb. 16
Typisches Wohngebiet von *Mya arenaria* mit den durch die Tätigkeit der Siphonen offen gehaltenen Löchern im Boden am Rand des Baggerloches N von 900. 33 *Mya*-Löcher auf 1 qm neben einigen *Arenicola*-Spuren.

Abb. 17
Schalenpflaster, vorwiegend von *Mya* (und *Cardium*), am Ufer des „Südpriels", *Mya*-Schalen z. T. noch in Lebensstellung.

Abb. 18
Mya-Schalenpflaster südlich der Steinmatten vor Dammkopf, Zustand 1936.

muschel die neuen Bodenverhältnisse zusagen. Eine Ausbreitung erfordert aber bei ihr offenbar mehr Zeit als bei manchen anderen Tieren, z. B. den einjährigen nicht seßhaften Würmern.

Cardium edule L., Herzmuchsel. (Karte 6 auf S. 142.)

Die Herzmuschel hat 1935 von 500 an ein durchgehendes Wohngebiet auf dem gesamten Nordabschnitt, das auch etwa 200—400 m breit auf den Südabschnitt hinüberreicht. Besonders westlich des Hoogen bedeckt es das ganze hier dargestellte Watt. Allerdings sind die Siedlungsdichten nicht im mindesten denjenigen angenähert, welche von typischen *Cardium*-Watten bekannt sind. Diese sind, soweit ich sie kennenlernte (Wattsenken östlich von Trischen, Wattmulde im Schutze des Buschsandes nördlich von Trischen, Wesselburener Watt, St. Peter) überdies sämtlich nicht so ausgedehnt, daß sie ein ganzes Wattgebiet eingenommen hätten. Das spricht schon dafür, daß sie zu ihrer Ausbildung besonderer Umstände bedürfen, daß sie z. B. weitgehend von den Ernährungsbedingungen für dieses filtrierende Tier abhängen. Während auf solchen *Cardium*-Watten eine Muschel neben der anderen liegt (an die Tausende je qm), so daß man dort wie auf Erbsen geht, finden sich in unserem Gebiet nur 60—100 Stück je qm. Jungtiere dieser Art wurden in diesem Bereich nie gefunden.

1936 ist das Verbreitungsgebiet nur wenig kleiner geworden. Eine Zone längs des Dammes ist frei von Herzmuscheln geworden, außerdem beginnt das Gebiet im Nordabschnitt jetzt erst bei 900 am Westrand des Baggerloches. In der Dichte zeigen sich einige Verschiedenheiten, welche sich mit besonderen Bodeneigenschaften zu decken scheinen. Einigermaßen gehäuft sind die Muscheln auf dem Nordabschnitt vom großen Baggerloch über den Hoogen hinweg nach dem Anfang des Hundelochs, südlich von 500 und 1000 m südlich von 3000 (50—100 Stück je qm). Der Boden ist an diesen Orten meist mehlsandreich, z. T. in geringem Maße schlickig, dazu oft weich, so daß er ein ganz anderes Aussehen hat als in dem *Arenicola*- und dem *Scoloplos*-Sandwatt; die Oberfläche ist meist glatter. Ganz dünn, wenn auch auf großer Fläche vorhanden, ist die Besiedelung dagegen auf dem *Scoloplos*-Watt westlich der 900 m-Buhne, nämlich nur 10 bis 20 je qm. Völlig frei von Herzmuscheln sind die dicht besiedelten *Arenicola*-Gebiete (z. B. nördlich von 0) sowie die alten und neuen Schlickgebiete (z. B. an der Ladebrücke). Infolge des Fehlens von optimalen Gebieten kann eine Aussage über Bodenbindungen nur als vorsichtige Vermutung gemacht werden. Das Watt vor Friedrichskoogspitze ist jedenfalls nicht das ideale Untersuchungsgebiet für diese Art.

Durch die anhaltende Frostperiode mit Oststurm im Januar 1937 ist selbst dieser spärliche Bestand — jedenfalls bis zum Hoogen hin — noch vernichtet worden. Bei der Begehung im Februar war das Watt auf der Nordseite erfüllt von dem Verwesungsgeruch der toten Herzmuscheln, deren zweiklappige Schalen über das ganze Besiedelungsgebiet verstreut lagen. Die

Herzmuschel wurde von allen Muscheln am stärksten betroffen, selbst die Miesmuschel schien nicht so gelitten zu haben. Ob Luftabschluß unter dem Eise die hauptsächlichste Todesursache war oder die starke Einwirkung der Kälte selbst — die Herzmuscheln leben ja dicht unter der Oberfläche (Abb. 14) — ist nach den Feldbeobachtungen nicht zu sagen. Zum Vergleich sei erwähnt, daß die tief im schwarzen Schlickboden lebenden Pfeffermuscheln die Kälteperiode lebend überstanden, obgleich auch sie dem Luftabschluß ausgesetzt waren. — Aehnlich unterschiedlich verhielten sich übrigens einige Würmer, die alle etwas tiefer unter der Oberfläche leben: einerseits *Nephthys Hombergii,* welche nach Beobachtungen im Büsumer Sandwatt in jener Frostperiode fast sämtlich starben (sie sind im Aquarium sehr empfindlich gegen ungenügende Durchlüftung); andrerseits *Nereis diversicolor,* welche alle ausdauerten (sie können im Aquarium lange bei stagnierendem Wasser leben). Im Hinblick auf diese Parallele zwischen Muscheln und Würmern aus Sand einerseits und aus Schlick andrerseits möchte man rein nach den Beobachtungen doch eher dem Sauerstoffbedürfnis die Schuld an dem Sterben der Herzmuschel geben. — Jedenfalls war das Ergebnis eine völlige Vernichtung des Bestandes.

Auch 1939 fand sich in dem kontrollierten Gebiet noch nicht ein Stück wieder. Diese vollständige Ausrottung spricht ebenfalls dagegen, daß wir in diesem Watt typische *Cardium*-Wattgebiete vor uns haben; denn in den obenerwähnten sehr dicht besiedelten Herzmuschel-Watten war der Bestand nach jedem Winter trotz Verminderung durchaus erhalten geblieben.

Petricola pholadiformis Lam., Amerikanische Bohrmuschel. (Karte 6.)

Diese Bohrmuschel ist aus dem bei Niedrigwasser trockenfallenden dithmarscher Watt früher nicht bekannt geworden. Auch auf der Marner Plate ist sie in den ersten Beobachtungsjahren nicht gefunden worden. Erst 1939 begegnete sie mir an einer Stelle, nämlich in dem Muschelpflaster am Südpriel. Es wurde bei Besprechung der Bodenverhältnisse erwähnt, daß in diesem Jahr der Boden hier nicht mehr so rein sandig wie früher ist, sondern eine erhebliche Schlickbeimischung und zwischen den Schalen eine kleiartige Konsistenz erhalten hat. Dieser Umstand vielleicht in Verbindung mit günstigen Ernährungsbedingungen hat die Muschel in den letzten Jahren zur Ansiedlung veranlaßt. Sie hat nicht den ganzen Streifen besetzt, sondern wurde nur bei „P" (Karte 6) in einigen kleinen fleckenartigen Siedlungen gefunden, mit etwa 5—10 Stück je qm; dazwischen fehlte sie wieder gänzlich. Die Tiere hatten eine Größe von 3 bis 4,5 cm und waren den Jahresringen nach etwa 2—4 Jahre alt. Sie haben sich vielleicht z. T. schon 1936 angesiedelt und sind damals wegen ihrer Kleinheit nicht entdeckt worden. Ueber die zukünftige Entwicklung des Bestandes kann keine Vermutung ausgesprochen werden.

Mya arenaria L., Sandklaffmuschel.

Für 1935 läßt sich über die Klaffmuschel nichts Genaues sagen, da sie nur soweit erfaßt wurde, als sie im Bodenstecher enthalten war. Doch kann man bei diesem langlebigen und seßhaften Tier ohne weiteres die Befunde von 1936 zurückübertragen, soweit es sich um Vorhandensein handelt. Ihre Anwesenheit läßt sich z. T. sehr gut auf Grund der leicht kenntlichen Löcher im Boden feststellen, so auf etwas schlickigen, wasseruntersättigten Böden. An anderen Stellen, wie auf nassem Sand, ist dieses Merkmal nicht so klar, da sich die senkrechten Röhren dann oft nicht deutlich offen erhalten. Dies war bei der Klärung ihres Vorkommens zu beachten. An vielen Stellen ist die Klaffmuschel das Charaktertier neben *Arenicola*. Schon nahe dem Deich beginnt ihr Verbreitungsgebiet. Auf der Südseite ist sie von dem zugeschütteten Teil des Altfelder Priels bis zur 200-Buhne überall zu finden, wenn auch in ein und derselben Bodenart verschieden dicht. Auf der Nordseite im entsprechenden Abschnitt ist sie im allgemeinen häufiger. Sie ist hier in verschiedenen Bodenarten anzutreffen und kommt bis zu etwa 30 Stück je qm vor. Nur in dem lockeren Treibsand am Altfelder Priel fehlt sie gänzlich. Weiter im Westen lebt sie meist nicht in so großen Mengen. Dort hält sie sich deutlicher an die Gebiete mit mehr oder weniger bindigem Untergrund. So kommt sie im ganzen Südabschnitt in reinem Sand von etwa 1400 ab bis über den Hoogen hinaus nur ganz einzeln vor. Im entsprechenden Abschnitt nördlich des Dammes dagegen ist sie in dem ebenfalls sandigen, aber nicht so lockeren Boden in größerer Anzahl zu finden; die Dichte schwankt hier zwischen 1 und 15 Stück je qm. Westlich des Hoogen nimmt ihre Zahl bis zu den Grenzen des dargestellten Gebietes jedoch weiter ab, so daß auch die Gebiete mit etwas schlickhaltigem Untergrund am Hundeloch nur geringe Besiedelung aufweisen. Nach der Standlinie hin fehlt die Muschel ebenfalls fast gänzlich, nur weiter im S ist sie in der Nähe der Priele in ungefähr 100 m Abstand von der Standlinie anzutreffen.

Versuchen wir uns nach einem Ueberblick über das Wohnareal ein Bild von den Ansprüchen an den Boden im hiesigen Watt zu machen: Das Vorkommen im frisch aufgeschlickten Gebiet in den ersten 1000 m ist nicht durch die Aufschlickung bedingt. Die Muscheln (von etwa 10 cm Länge), die hier leben, haben ein beträchtlich höheres Alter als die oberste Bodenschicht, sind also bei ihrer seßhaften Lebensweise schon v o r deren Ablagerung an dieser Stelle gewesen. Da sie aber ihre Siphonen beträchtlich verlängern können, haben sie mit deren Hilfe in dem neuen weichen Material eine Atemröhre offenhalten können und sind infolgedessen nicht durch die Neuauflagerung beeinflußt worden. Sie selbst sitzen fast immer in dem sandigen Untergrund, 20—25 cm tief unter der Oberfläche. — Bei 300 auf der Nordseite, 12 m vom Dammfuß, kommen sie selbst in etwa 40 cm tiefem Schlick, der auf Sand lagert, vor. Sogar eine so künstliche Auflagerung, wie

sie eine flache Busch- und Steinmatte darstellt, macht ihrem Leben kein Ende; denn an diesen flachen Schüttungen bei 700 und 900 auf der Nordseite, wo viel Schlick zwischen den Steinen, dem Reisig und den Pfählen lagert, sind die *Mya*-Löcher in derselben Dichte wie in der Umgebung zu sehen.

Einem Abtrag gegenüber scheinen die Tiere jedoch empfindlicher zu sein. Am Nordwestrand der Baggerlöcher nördlich von 900 hat sich außer dem senkrechten Abbruch durch den Bagger eine oberflächliche horizontale Abtragung durch die veränderte Wirkung der Wasserkräfte vollzogen. In nächster Nähe des Baggerloches hat dies schon zu einer Abschrägung der Oberfläche geführt, so daß eine Menge *Mya*-Schalen in Lebensstellung aus dem Boden ragen, welche sich in gleicher Höhenlage wie die noch lebenden Tiere in der weiteren Nachbarschaft befinden. Diese leeren Schalen haben demnach anscheinend bis vor kurzem ebenfalls noch lebende Tiere enthalten. Nur einem kleinen Prozentsatz scheint es gelungen zu sein, sich während der Abtragungszeit etwas tiefer einzugraben. Diese stecken wie sonst 20—25 cm unter der tieferliegenden Oberfläche. In geringer Entfernung vom Rand des Baggerloches, wo der Boden noch nicht erniedrigt ist, sind die Muscheln noch in großer Dichte lebend zu finden (über 30 Stück je qm).

Die dichteste und gleichmäßigste Ansiedlung der Klaffmuschel ist im Dammbaugebiet in einem Boden zu finden, der beim Trockenfallen des Watts ziemlich wasseruntersättigt wird, eine gewisse Festigkeit und einen inneren Halt hat, so daß die Filtriertätigkeit durch den Sipho hindurch nicht durch nachstürzendes Sediment gestört wird. Das sind in unserem Gebiet die sandigen, mehr oder weniger schlickhaltigen Formationen besonders der Prielgebiete (Abb. 12, 16). Dabei mögen aber gerade an den Prielen Fragen der Nährstoffzufuhr für die Besiedelung eine Rolle spielen.

Bei der Besprechung der Verbreitung sind noch die ehemaligen Wohnbezirke, die Schalenpflaster, zu erwähnen (Karte 6). Ein solches befindet sich am Ufer des Südpriels (Abb. 17). Es besteht vorwiegend aus einer Anhäufung von *Mya*-Schalen, welche teilweise noch in Lebensstellung im Boden stecken und bis zur Hälfte herausragen, oder welche flach nebeneinander liegend den Boden bedecken. Lebende Tiere gibt es hier nur noch ganz einzeln in der Randzone. Ein ähnliches Gebiet mit dichtem Pflaster liegt 1936 nördlich und südlich der Steinmatte vor dem Dammkopf (Abb. 18). Der Boden besteht oberflächlich aus reinem Sand; die Anhäufung der Muschelschalen ist zum Teil so dicht, daß der Sand nicht zu sehen ist. Neben *Mya*-Schalen sind solche von Herzmuschel, außerdem von Miesmuschel und in geringem Maß von Plattmuschel und Pfeffermuschel vorhanden. Auf den qm stehen etwa 3 bis 4 Schalen von 8 bis 11 cm Größe in Lebensstellung. Aus diesem letzteren Befund ergibt sich, daß dieses Gebiet (ebenso wie das am Südpriel) einmal Wohngebiet der Klaffmuschel war. Da die Schalen 1936 zur Hälfte aus dem Boden ragen, muß einmal ein Abtrag des Bodens stattgefunden haben, der möglicherweise das Absterben direkt verursachte. Nach der Größe und den Lebensgewohnheiten der Muschel läßt sich weiter folgern, daß eine Wattschicht von 20—25 cm Mächtigkeit abgetragen worden ist. Wann dieser Abtrag stattgefunden hat, kann natürlich an den Muscheln selbst nicht festgestellt werden. Es ergibt sich aber aus den Aufzeichnungen von 1935, daß damals an dieser Stelle weder ein oberflächliches Schalenpflaster noch eine Anhäufung von Schalen im Boden vorhanden war, wohl aber lebende

Klaffmuscheln gefunden wurden. Die Freispülung und Vernichtung des Bestandes hat also innerhalb eines Jahres stattgefunden. — Der Abtrag ist übrigens weitergegangen und ist z. T. mit tiefen Auskolkungen auf der Südseite der Endmatten verbunden. Das Schalenpflaster ist dadurch großenteils weggeräumt worden.

1939 hat sich der Bestand wiederum nicht verändert, besonders nicht verkleinert. In der Zone des nunmehr ziemlich gut abgelagerten schlickigen Bodens entlang den nördlichen Baggerlöchern (etwa von 200—900 hin) ist jetzt sogar eine neue Generation von Klaffmuscheln vorhanden. Es sind dies durchweg ein- bis zweijährige Tiere von 2 bis 3 cm Größe. 1937/38 müssen also, im Gegensatz zu den früheren Jahren, wo ganz selten Jungtiere dieser Art angetroffen wurden, günstige Einflüsse einen starken Brutfall bewirkt haben. Dies ist eine Erscheinung, die auch im Wesselburener Watt sehr auffällig war. Auch dort fanden sich im Dezember 1938 in ganz ähnlichem Boden und gleichfalls im Einzugsbereich kleiner Priele riesige Mengen junger Klaffmuscheln der gleichen Altersstufe. Es scheint also, ähnlich wie bei der Pfeffermuschel, auch bei dieser Art nur in größeren Zeitabständen starker Brutfall einzutreten, der dann für mehrere Jahre den Bestandersatz bildet. Damit im Einklang steht die Tatsache, daß man gewöhnlich in einem Wattabschnitt Muscheln von fast nur der gleichen Größenordnung findet, ganz selten alle Größen etwa von 2 bis 10 cm gleichzeitig.

Zeigt sich an der Klaffmuschel auch mancherlei verbreitungsbiologisch Bemerkenswertes im Dammbaubereich, so ist doch — zusammenfassend gesagt — dieses Tier weniger geeignet zur Klassifizierung von Wattsedimenten nach der Korngröße, da, wie erwähnt, wohl mehr Bodenkonsistenz- und Ernährungsfragen eine Rolle spielen dürften. Im großen und ganzen ist zu sagen, daß mehr in sandigen, gut abgelagerten Böden diese Bedingungen für das Vorkommen von *Mya* erfüllt zu sein pflegen.

Hydrobia ulvae (Penn.), Wattschnecke. (Karte 6.)

Im eigentlichen Dammbaubereich fehlt eigentümlicherweise diese weitverbreitete kleine Schnecke in allen Untersuchungsjahren fast vollständig. 1935 war sie zwar in einem Streifen auf dem Nordabschnitt (zwischen 350 und 750) „vorhanden", aber 1936 wurde hier kein erwachsenes lebendes Tier gefunden. Nur ganz junge Exemplare lebten in großer Zahl in dem neuen Schlick auf der Südseite des Dammes. Sie gingen sämtlich durch die 1 mm-Maschen des großen Siebes hindurch, waren aber leicht zu erkennen, wenn man eine Schlammprobe im Aquarium ruhig stehen ließ. Dieser Junggutbefall scheint aber so vorübergehender Natur zu sein wie bei *Macoma* (S. . .). Erst westlich des Hoogen um 3000/S500 herum ist ein in beiden Jahren ganz gleicher, sehr dichter Bestand zu finden, der sich als ein ca.300 m breiter Streifen nach NW zieht. Er beginnt, wenn man von 3000 aus nach S geht, etwa bei 300; von da an steigt die Dichte bis 550; dann nimmt sie wieder ab; und bei 650 hört der Bestand auf. Im Mittelpunkt dieses Bezirkes wurden

1182 erwachsene Exemplare auf $^1/_{400}$ qm ausgezählt. Der Boden ist dort sandig mit feineren Beimischungen und wirkt beim Begehen etwas bindig. Die Oberfläche hat meist keine Rippeln, sondern ist ziemlich glatt; stellenweise bleibt auch bei Niedrigwasser etwas Wasser stehen. — Auch 1939 wurden in dem kontrollierten Gebiet östlich des Hoogen keine *Hydrobien* gefunden.

Gewöhnlich ist *Hydrobia* massenweise auf dem Watt vor den Deichen vorhanden, bis dicht unter die MThw-Linie in den Verlandungsgebieten. Solche Mengen sind vielleicht mancherorts hier oben gewachsen, an anderen Stellen wird es sich aber um angespülte Exemplare handeln. Vor Friedrichskoogspitze besteht keine solche allmählich ansteigende Wattrandzone, sondern das oberste Watt steht noch vollkommen unter dem Einfluß des unruhigen, an den Deich flutenden Wassers.

Ueber Beziehungen zu bestimmten Wattböden lassen sich nach den Befunden des vorliegenden Beobachtungsgebietes nur Vermutungen aussprechen. Die außerordentliche Dichte und der gleichbleibende Bestand im freien Watt südlich von 3000 sprechen dafür, daß die Tiere hier günstige Lebensbedingungen finden, welche wohl z. T. durch die Bodenbeschaffenheit gegeben sind. Es fand sich auf diesem freien Sediment eine reiche Diatomeenflora vor, aber sonst weder *Enteromorpha* noch *Zostera nana*-Wiesen, welch letztere sonst ein beliebter Wohnort von *Hydrobia* sind.

Bathyporeia robertsoni Sp. Bate. (Karte 6.)

Dieser kleine Amphipode lebt in allen Beobachtungsjahren gleicherweise an ganz charakteristischen Standorten, wie aus der Karte 6 zu erkennen ist. Abgesehen von einem kleinen Flecken direkt vor dem Deich im reinen *Arenicola*-Sand, wo er später nicht mehr gefunden wurde, ist sein Bereich immer der reine, lockere, ziemlich nasse Sand des *Scoloplos*-Gebietes, in welchem auch *Magelona* auftritt; niemals aber wird er in feinkörnigem Boden gefunden. Er ist an den betreffenden Stellen immer in Dichten von wenigen Exemplaren bis 50 Stück je $^1/_{20}$ qm vorhanden. Das farblose Tierchen wird fast nur durch Sieben sichtbar, selten aber durch bloßes Ausgraben und Auseinanderbrechen des Bodens. Doch wenn man auf den Krebs in den kleinen Wasserlachen achtet, wo er dann und wann aus dem Boden erscheint und sich nach kurzem, schnellem Umherschwimmen wieder eingräbt, bekommt man ihn wohl zu sehen. Den reinen Sandboden braucht er offenbar wegen dieser seiner Gewohnheit, sich ganz schnell einzugraben. Er ist wegen seiner strengen Ansprüche an das Wohnsubstrat ein recht guter Anzeiger für dasselbe, und da er an seinen Wohnorten ziemlich häufig zu sein pflegt und deshalb leicht zu erfassen ist, ist er ein brauchbarer „Gehilfe" für diese Art der Wattbonitierung. — Die gleichen Befunde hinsichtlich der Bodenansprüche konnten auf dem Wesselburener Watt gemacht werden. Dort ließ ebenfalls der Boden bei einer gefühlsmäßig erkennbaren Beschaffenheit das Vorhandensein von *Bathyporeia* vermuten, genau so wie das von *Scoloplos* und *Magelona*.

Im Wesselburener Watt wurde übrigens am gleichen reinsandigen Standort noch ein anderer Amphipode, *Urothoë poseidonis* Reib., gefunden, ein hell lachsfarbenes, rundliches Tier, kenntlich an den außergewöhnlich verbreiterten Abschnitten des 5. Beinpaares. Diese Art konnte im Dammbaugebiet nicht festgestellt werden.

Corophium volutator (Pall.), Schlickkrebs. (Karte 6.)

Der Schlickkrebs fehlt 1935 im Dammbaugebiet vollständig; er kommt in diesem Jahr erst weit draußen auf der Marner Plate an einigen Stellen häufig vor. Um so überraschender ist das verhältnismäßig starke Auftreten im darauffolgenden Jahre gerade im Dammbaubereich. Besonders auf dem Südabschnitt ist er bis zur 900 m-Buhne, mit Ausnahme der — zuerst bei fallendem Wasser frei werdenden — ersten 60 m vor dem Deich sowie des reinen Sandes im Bereich des Schalenpflasters am Südpriel, überall anzutreffen. Am Abbruchrande der kleinen Wasserrinne westlich entlang der 900 m-Buhne war übrigens zu beobachten, daß er seine U-Röhren waagerecht in die Schichtflächen des ziemlich festen, sandigen Sediments eingegraben hatte. Die Dichte wechselt innerhalb größerer Flächen auch bei ziemlich gleichbleibendem Boden sehr. Höchstzahlen, die bei den Probenentnahmen gefunden wurden, sind 200 bis 250 auf $^1/_{20}$ qm. Recht dicht, so daß man das charakteristische knisternde Wattgeräusch (Wohlenberg 1931) hören kann, wohnt *Corophium* in Dammnähe im neuen Schlick, wenn derselbe nicht mächtiger als 10—12 cm ist. In noch tieferem Schlamm dagegen finden sich nur noch einzelne Exemplare. Im übrigen besteht der Boden, den *Corophium* in unserm Gebiete bewohnt, aus mehr oder weniger festem, schlickhaltigem Sand, wie Abb. 15 vom Watt bei 850/S 300 darstellt. Das Tier zeigte bei der Bestandsaufnahme keine deutliche Bindung an eine bestimmte Zusammensetzung. Nur in dem reinen, zu lockeren Sand wurde er nicht angetroffen. — Auf dem entsprechenden Abschnitt nördlich des Dammes hat der Schlickkrebs nur eine kleine Fläche besiedelt, nämlich einen ca. 100 m breiten Streifen vom Dammfuß bei — 50 nach dem Baggerloch nördlich von 200 bis 300 hin. Er ist hier ebenfalls mehr im sandigen Boden anzutreffen, dort wo etwas Schlickgehalt oder die Wasserverhältnisse eine genügende Festigkeit des Bodens bewirken. An den stärker überschlickten Stellen am Priel bei 200 ist die Dichte bedeutend geringer. Im übrigen tritt *Corophium* in dem Raum bis 4000 nur noch an einigen Flecken in dem zum Altfelder Priel führenden Rinnen auf; doch sind diese Stellen engbegrenzt. Sie halten sich durchweg an einen Boden von derselben Beschaffenheit wie an den anderen von dem Krebs bevorzugten Stellen: fester, etwas schlickhaltiger Sand. — Diese Bodenbedingungen sind aber noch an vielen größeren Flächen gegeben, auf denen *Corophium* fehlt. Ein im Gelände offensichtlicher Grund dafür war bei den Begehungen nicht zu finden. 1936 konnte man zur Erklärung an die Möglich-

keit denken, daß die Besiedelung ziemlich neu sei, und daß der Krebs sich von den ersten Besiedelungsstellen aus, welche mit den jetzigen zusammenfallen würden, noch nicht über das ganze bewohnbare Gebiet ausgebreitet habe. Die im Sieb ausgezählten Tiere waren z. T. erwachsen (die Weibchen trugen oft Eier). Zu 50 v. H. oder auch noch mehr bestanden sie aus jüngeren Tieren, die kleinsten derselben vermochten sich fast durch die Siebmaschen mit ¾ mm Weite hindurchzuzwängen. Es hatte also den Anschein, als ob der Bestand zur Erhaltung an dem neu besiedelten Ort geeignet sei. 1937 war er an den Stellen der dichtesten Besiedelung wirklich im gleichen Maße erhalten geblieben. — Bei der Aufnahme 1939 jedoch, bei welcher gerade auf dieses Tier besonderes Augenmerk gerichtet wurde, war im gesamten Dammbaubereich nicht ein einziger Schlickkrebs mehr zu finden. Die Ursachen dafür sind unbekannt geblieben.

Vielfach wird *Corophium volutator* als ein Tier der oberen Gezeitenzone angegeben. Doch kommt die Art auch im tieferen Watt vor (LINKE 1939). Ich selbst kenne besonders auf Trischen, seit einer Exkursion mit Herrn Dr. WOHLENBERG 1936, und nach Begehungen in allen folgenden Jahren, sehr dichte Siedlungen auf Sandboden bis ganz nahe unter der MThw-Grenze. Dasselbe ist im Königshafen der Fall, wie WOHLENBERG (1937) bekannt gibt, und wie man sich auch Ende 1938 noch überzeugen konnte. Nach den Beobachtungen vor der Friedrichskoogspitze, welche, wie das vollständige Wiederverschwinden zeigt, nicht in einem typischen Wohngebiet gemacht wurden, kann *Corophium volutator* wegen seines Vorkommens auf ganz verschiedenartigen Sedimenten als bodenanzeigendes Tier nicht verwertet werden.

Eriocheir sinensis M. Edw., Wollhandkrabbe.

Von den dekapoden Krebsen, welche das Watt bewohnen, aber keine in dem hier gemeinten Sinne an den Boden gebundenen Tiere sind, soll hier nur die Wollhandkrabbe erwähnt werden, weil 1936 einige Wechselwirkungen zwischen ihrem Vorkommen und dem Dammbau beobachtet wurden. Durch den Dammbau wurden dem Tiere, wenn es im Frühjahr zur Fortpflanzung in das Wattenmeer kam (alle gefundenen Tiere waren erwachsen), günstige Aufenthaltsmöglichkeiten geboten, z. T. an den Steinschüttungen am Dammfuß, z. T. an den Steilrändern der neu entstandenen Baggerlöcher. An diesen beiden Oertlichkeiten waren die Wollhandkrabben geradezu auffallende Bewohner. Sie gruben sich in den Schlick unter den großen Schüttsteinen ein und wurden im Juni allenthalben getroffen, besonders bei der Ladebrücke am Altfelder Priel. In die Steilränder der Baggerlöcher, vornehmlich am Ostende des großen nördlich von 600, gruben sie ihre Wohnhöhlen (Abb. 19). 40 bis 60 cm tief führten diese in den Boden hinein; sie waren so geräumig, daß man bequem mit dem Arm hineinreichen konnte. Eine Wasseransammlung

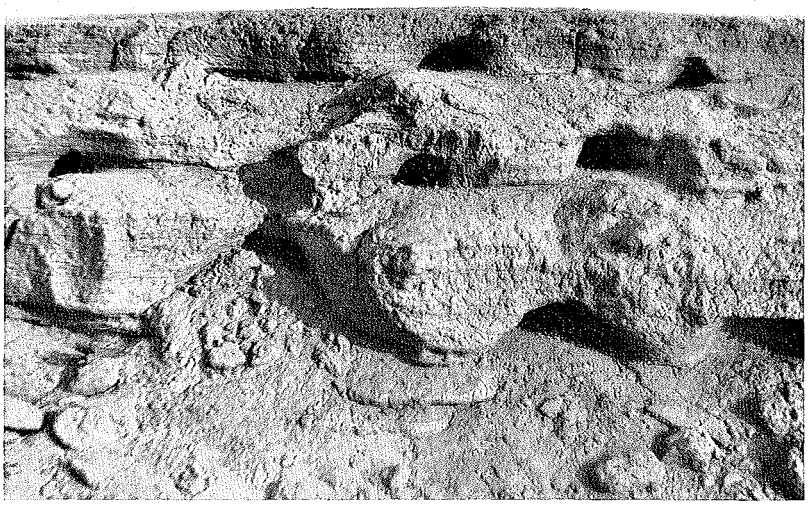


Abb. 19. Wohnhöhlen von *Eriocheir sinensis* in mehreren Stockwerken am Baggerloch N von 600. Abbruchtendenz der Steilkante erkennbar.

im hinteren Teile pflegte nicht vorhanden zu sein. Das Wasser würde sich in dem Wattsand nicht gehalten haben, auch wenn das Röhrenende niedriger als der Eingang gelegen hätte. Stellenweise lagen diese Bauten, wie auf der Abbildung, stockwerkweise übereinander, angelegt von kleinen Schichtstufen aus, welche sich in dem verschieden widerständigen Boden durch die Wirkung der anklatschenden Wellen gebildet hatten (ähnliche Abbildungen finden sich bei PETERS (1933) aus dem Jadebusen). In den meisten Höhlen war ein Bewohner zu finden. Oftmals saßen die Tiere vor dem Eingang, flohen bei Annäherung eines verdächtigen Wesens aber schnell ins Innere. Das Wasser hatte an den durchlöcherten Stellen dann natürlich besonders gute Angriffsmöglichkeiten, und die Höhlen waren infolgedessen schon wenige Wochen nach dem Absterben der Tiere im Juli viel kürzer, da inzwischen von den Eingängen nach der Seite hin Stück für Stück vom Boden abbrach. So hat die Wollhandkrabbe vielleicht an manchen Stellen (vgl. PETERS' Angaben 1933 vom Elbufer) einige Bedeutung für Uferabbrüche. Hier im freien Watt ist diese Auswirkung jedoch ohne Belang. Sind die Baggerlöcher auch an geringen Stellen dadurch etwas erweitert worden, so wurden sie andrerseits durch Sinkstoffe bald wieder aufgefüllt. Wie früher erwähnt, waren sie 1939 großenteils wieder versandet und verschlickt; die Steilränder waren vollkommen verschwunden, und damit war diesen Krabben hier die Wohnmöglichkeiten genommen. 1939 erschienen sie längst nicht so auffällig wie 1936.

6. Zusammenstellung der Tierarten im Hinblick auf die Veränderung ihres Wohngebietes.

A. Bestandsänderungen durch den Dammbau.

Wie aus den vorstehenden Ausführungen ersichtlich ist, haben sich die einzelnen Tierarten ganz verschieden verhalten zu den Veränderungen, welche durch den Bau des Sicherungsdammes im Watt vor der Friedrichskoogspitze hervorgerufen wurden. Je nachdem, ob es langlebige oder kurzlebige, sandliebende oder schlickliebende Arten sind, ist ihr Wohngebiet unverändert geblieben, erweitert oder verkleinert worden. Bei manchen Arten sind infolge ihres vereinzelten oder kurzdauernden Vorkommens keine deutlichen Beeinflussungen zu erkennen gewesen. Diese Unterschiede waren nach zwei Beobachtungsjahren noch nicht einwandfrei zu erkennen, sondern konnten nur vermutet werden. Erst die Kontrolle über fünf Jahre hinweg ermöglichte bessere Einblicke.

Fassen wir die einzelnen Arten der Uebersichtlichkeit wegen nach diesen Gesichtspunkten zusammen.

1. Wohngebiet unverändert.

Bei einigen Arten erlitt das Wohngebiet über alle Beobachtungsjahre hinweg keine bemerkenswerten Veränderungen.

Nephthys Hombergii ist stets gleich häufig, sowohl in den einzelnen Jahren auf den verschiedenen Wattabschnitten als auch auf den einzelnen Flächen im Laufe der verschiedenen Jahre. Dies kann so erklärt werden, daß sie keine festen Bindungen an bestimmte Bodenarten hat und infolgedessen von den Veränderungen, welche besonders hinsichtlich der Standortseigenschaften „Korngröße" und „Bodenkonsistenz" eingetreten sind, nicht in Mitleidenschaft gezogen wurde.

Ganz ähnlich ist es mit der Muschel *Macoma baltica*. Die größeren Exemplare ebenso wie die kleinen der Null-Gruppe zeigen eine ähnliche allgemeine Verbreitung auf den verschiedensten Böden vom Schlick bis zum reinen Sand. Das Junggut dieser Muschel ist starken Vernichtungen ausgesetzt, vielleicht weil es wegen seiner zarten Schalen besonders viel von größeren Tieren gefressen wird.

Bei *Mya arenaria* scheint nach den Befunden zwar eine gewisse Bevorzugung festgelagerter Wattstellen (z. B. von Prielgebieten) vorhanden zu sein, aber das Tier ist nach den Befunden nicht sehr eng an bestimmte Bodenbedingungen gebunden, so daß ihm die wesentlichste Umgestaltung des besprochenen Watts, die Ueberlagerung mit Schlick, keinen Abbruch getan hat. Dagegen hat dieselbe Art — in einem unbedeutenden Flächenanteil — durch unmittelbaren Wattabtrag Einbußen erlitten. Als recht seßhaftes Lebewesen vermag sie mit einer raschen Oberflächenerniedrigung (so am Hoogen und

am Südpriel) meist nicht durch Eingraben Schritt zu halten und wird deshalb an solchen Stellen vernichtet, wenn der Abtrag bis zur Tiefe ihres beschalten Körpers reicht.

2. Wohngebiet verkleinert.

Scoloplos armiger, der noch 1935 im größten Teil des Südabschnittes sowie auf sandigen Stellen des Nordbezirkes zu finden war, ist seit dem Dammbau ganz systematisch zurückgegangen, und zwar überall dort, wo der lockere reine Sand von schlickigem Material überdeckt wurde. Als ein kurzlebiges Tier ist er durch diese Veränderungen sehr plötzlich beeinflußt worden. Er ist dagegen erhalten geblieben in allen denjenigen früheren Wohngebieten, wo sich die sandige Bodenart nicht veränderte.

Arenicola marina wurde 1935/36 ebenfalls als ein Bewohner des Sandes festgestellt. Das Vorkommen in dem neuen Schlick ändert grundsätzlich an dieser Feststellung nichts. Es dauerte wegen der längeren Lebensdauer und einer gewissen Anpassungsfähigkeit länger, bis diese Aufschlickung zu einer Einengung des Siedlungsgebietes führte. Sie dürfte kaum das Leben des Einzeltieres verkürzt, wohl aber die Neuansiedlung von Jungtieren verhindert haben. Erst 1939 ist im großen und ganzen das Verbreitungsgebiet von *Arenicola* um die neuaufgeschlickte Fläche verkleinert.

3. Wohngebiet vergrößert.

Einige Arten haben in ganz auffallender Weise im gleichen Maße, wie die Veränderungen durch den Dammbau vor sich gingen, ihr Wohngebiet vergrößert.

Heteromastus filiformis, der 1935 auf bestimmte schmale Schlickstreifen beschränkt ist, hat sich mit der Schlickauflagerung im Dammbaubereich weit ausgebreitet. Das geschah bei ihm im wesentlichen schon innerhalb des einen Jahres, in dessen Verlauf sich die Hauptmasse des schlickigen Materials ablagerte. In den folgenden Jahren, 1937 bis 1939, vollzog sich eine weitere Ausbreitung in dem Umfange der weiteren, nun langsameren Verschlickung, die allmählich auch die letzten noch sandigen Flächen im engeren Dammbaubereich einzubeziehen scheint.

Ein ganz ähnliches Bild bietet sich bei *Nereis diversicolor,* welche 1935 ebenfalls auf ganz bestimmte schlickige Stellen beschränkt war, noch 1936 sich in dem neuen Schlick nicht weiter ausgebreitet hatte, aber 1939 für den gesamten Dammbaubereich zum Charaktertier geworden ist. Es erscheint bei dieser Entwicklung als sicher, daß diese Veränderungen des Siedlungsbildes durch die Umänderungen der Bodenzusammensetzung bewirkt wurden.

Bei einer dritten Art, *Scrobicularia plana,* ist nach den Bodenveränderungen eine Gebietserweiterung zu erwarten. Diese ist aber noch nicht in nennenswerter Weise eingetreten, was aus der nur in größeren Zeitabschnitten reichlich stattfindenden Nachkommenproduktion erklärt werden kann.

Für *Petricola pholadiformis,* die neuerdings im Dammbaugebiet festgestellt wurde, ist ein Einfluß des Dammbaues nur sehr mittelbar wahrscheinlich. Durch die Entstehung des Südpriels hat sich auf dessen Uferzone das Schalenpflaster gebildet. Anfangs war dort noch reiner Sandboden, wie in früheren Jahren. Später aber wurde er schlickiger und bekam zwischen den Schalen eine mehr kleiartige Konsistenz, welche wohl den Bohrmuscheln die Ansiedlung ermöglichte. Ob freilich dieses Vorkommen von Dauer sein wird, ist eine andere Frage.

B. Bestandsänderungen durch andere Einflüsse.

Cardium edule hat sich in den beiden ersten Beobachtungsjahren im großen und ganzen in gleicher Weise gehalten, und zwar in einer Besiedelungsdichte, welche im Vergleich mit anderen Gebieten nicht für optimale Lebensbedingungen im hier behandelten Watt spricht. Seit 1937 ist auch dieser spärliche Bestand vollkommen verschwunden, so daß noch 1939 kein Stück im engeren Dammbereich wiedergefunden wurde. Diese Vernichtung geschah durch eine einzige winterliche Frostperiode.

C. Bestandsänderungen ohne erkennbare Ursachen.

Außer diesen Arten, bei welchen eine Beeinflussung durch den Dammbau oder durch andere Vorgänge erkennbar ist, gibt es zwei andere, welche eine unvermittelte Bestandsveränderung zeigten, ohne daß die Gründe dafür zu erkennen waren. Das sind *Polydora ligni* und *Corophium volutator.* Beide Arten wurden 1936 in beträchtlichen Mengen gefunden, und zwar im weichen neuen Material und in älterem sandigem Boden. 1939 dagegen waren beide Arten wieder vollkommen verschwunden.

7. Zusammenstellung der bodenanzeigenden Tiere.

Betrachten wir noch einmal die hier behandelten Tiere unter dem Gesichtspunkte, welche von ihnen für bestimmte Wattböden als charakteristisch zu erkennen waren.

A. Sandiger Schlick und Schlick.

Für schlickhaltigen Boden von schwärzlicher Farbe und nur geringer oder ganz fehlender oberflächlicher Oxydationsschicht, sind in gleicher Weise die drei folgenden Arten als typisch erkannt worden:

Nereis diversicolor
Heteromastus filiformis
Scrobicularia plana.

B. Sehr feiner Sand (Mehlsand, Schluff).

Für den ganz feinen Sand (vorwiegend Mehlsand, auch Schluff genannt), der ein gewisses Uebergangsgebiet darstellt zwischen dem etwas gröberen reinen Sand (vorwiegend Feinsand) und dem schlickigen Boden (mit mehr oder weniger großen Anteilen von Ton und Staub), lassen sich im Watt vor der Friedrichskoogspitze nicht so sicher kennzeichnende Tiere finden. *Lanice conchilega* wird etwas gehäuft darin angetroffen. Bei *Cardium edule* hat es anfänglich den Anschein, als ob auch bei dieser Muschel eine Vorliebe für diese Bodenart vorhanden sei. Doch sind die Beobachtungen an ihr nicht als allgemein gültig anzusehen, da die Siedlungsdichte gering war und der ge-

samte Bestand durch eine Frostkatastrophe vernichtet wurde. — Aehnliches gilt für *Hydrobia ulvae*. Diese kleine Wattschnecke ist nicht weit verbreitet. Nur ein einziges, allerdings sehr dicht und ständig besiedeltes Wohngebiet westlich des Hoogens gibt Veranlassung, die mehlsandreiche Bodenart als geeignetes Wohnsediment der Schnecke zu weiterer Untersuchung im Auge zu behalten.

C. Feinsand und gröberer Sand.

Diese Sandgruppe ist wiederum durch eine Reihe von sehr charakteristischen Arten gekennzeichnet, welche noch feinere Unterteilung in Bezug auf Konsistenz erlauben.

Arenicola marina hat im nassen Sand von ziemlich ruhiger Lagerung die größte Dichte.

Für den recht lockeren, reinen, gut durchlüfteten und nicht zu feinen Sand sind folgende Arten in gleicher Weise bezeichnend:

Scoloplos armiger
Bathyporeia robertsoni
Magelona papillicornis

Die übrigen Arten können nicht als bodengebunden erkannt werden, sie zeigen entweder nur geringe Bindung an Bodenarten — z. B. *Eteone, Phyllodoce* und *Pygospio* an sandige Watten; oder es lassen sich nicht einmal diese auffinden — so sind *Macoma baltica* und *Nephthys Hombergii* in allen Bodenarten gleich häufig.

Zusammenfassend kann man feststellen, daß sich also auch nach den Beobachtungen im Watt vor der Friedrichskoogspitze und in benachbarten Wattgebieten von ähnlichem Typus aus der gesamten Fauna immerhin eine Reihe von Tieren herausstellen lassen, welche für sandige oder schlickige Böden kennzeichnend sind und z. T. auch noch nähere Angaben über deren Lagerungsweise erlauben. Andere Bodenfaktoren als Korngröße sind in dem hier betrachteten Wattgebiet nicht einwandfrei als für die Ansiedlung ausschlaggebend erkennbar. Am ehesten ist das noch für die Bodenkonsistenz zu sagen. *Mya arenaria* erscheint z. B. gehäuft auf festgelagerten Böden — seien sie mehr sandig oder mehr schlickig — in Prielgebieten, welche offenbar auch während der Bedeckung mit Wasser viel Festigkeit haben, um die Atemröhre im Boden leicht offen halten zu können. Jedoch wird die Muschel auch in sandigem Boden von lockerer Beschaffenheit gefunden.

Die eingangs gestellte Forderung, Anhaltspunkte zu finden für Rückschlüsse vom Tierbestand auf die Bodenbeschaffenheit des Watts, ist also als erfüllt anzusehen. Wenn auch nicht alle Arten für diesen diagnostischen Zweck geeignet sind, so ist das doch bei einer Reihe von ihnen der Fall, die sehr eindeutige Hinweise geben. Einige andere können wenigstens zur Ergänzung des Bildes dienen, das sich aus der Betrachtung ihrer Mitbewohner im selben Raum andeutet.

8. Die Bedeutung des Sedimentfaktors gegenüber den übrigen Umweltfaktoren im Dammbaugebiet.

In den vorstehenden Ausführungen ist, der praktischen Seite der Aufgabe entsprechend, vor allem der Faktor „Sedimentart" zur Beachtung gekommen und als ausschlaggebend bezeichnet worden. Es soll hier vergleichend und abwägend auf die Bedeutung der übrigen einzelnen Umweltfaktoren eingegangen werden, um noch einmal im gesamten zu zeigen, ob das Sediment mit Recht so stark gegenüber den übrigen Faktoren hervorgehoben werden konnte.

Vom Sediment des Watts ist hier — im Hinblick auf die Landgewinnung — in erster Linie die Korngrößenzusammensetzung berücksichtigt worden, dann das damit eng zusammenhängende innere Gefüge. Der Chemismus und der Wassergehalt, zwei Teilfaktoren, welche sich bei einer Landfestwerdung und landwirtschaftlichen Bearbeitung sofort ganz und gar verändern würden, spielen natürlich für die Lebewesen des Watts ebenfalls eine wesentliche Rolle. Sie sind ihrerseits weitgehend von Korngröße und Gefüge abhängig. In den vorliegenden Untersuchungen konnte der Wassergehalt quantitativ, der Chemismus nur qualitativ, dem Augenschein nach, berücksichtigt werden.

Ein vielfach als wichtig angesehener Faktor ist die Höhenlage des Watts oder, anders ausgedrückt, das Verhältnis zwischen Trockenlage und Ueberflutungslage des Watts (THAMDRUP 1937). Es erfordert ja eine bestimmte Anpassungsfähigkeit der einzelnen Tiere, alle die Nebenerscheinungen der Trockenlage (starke Temperaturunterschiede, Salzgehaltsunterschiede, Austrocknungsgefahr des Bodens (vergl. WOHLENBERG 1937, LINKE 1939) zu ertragen. Diese Auswirkungen sind wiederum bei den verschiedenen Bodenarten verschieden, wie es kürzlich LINKE (1939) an manchem Beispiel aufgezeigt hat. Wahrscheinlich werden sich aber diese Gefährdungserscheinungen der Trockenlage besonders bemerkbar machen bei ganz hoch liegendem Watt, das bis an die Hochwassergrenze hinauf reicht und deshalb nur kurze Zeit täglich vom Wasser bedeckt ist; dagegen weniger auf dem tiefer liegenden Watt, wo wenigstens die Austrocknungsgefahr der obersten Bodenschicht wohl immer ausgeschaltet ist. In unserem Untersuchungsgebiet nun ist die Höhenlage im großen und ganzen ziemlich gleich, wie schon der Augenschein bei aufkommendem Wasser zeigt, und wie besonders die Vermessungsergebnisse der Forschungsstelle in Büsum dartun. Die tiefstgelegenen untersuchten Wattflächen liegen am Nordrand des Untersuchungsgebietes am Altfelder Priel (s. Karte 1), bis — 1,0 m NN, die obersten bei wenig über ± 0,0 m NN; der Höhenunterschied beträgt also im ganzen Gebiet nicht viel mehr als 1 m. Dabei ist der Streifen zwischen — 1,0 m und — 0,50 m NN durchweg nur schmal, entlang dem Priel und seinen Nebenästen, so daß die größte Fläche sogar nur zwischen — 0,50 m und etwas mehr als ± 0,0 m liegt. Nur direkt vor dem Deich steht das Watt bis zu ca. + 0,75 m NN an. (Es gibt hier kein Verlandungsgebiet, sondern der Deich ist wegen der Tiefenlage des Watts durch eine Steinböschung geschützt.) Das ergibt bei Einsetzen der mittleren Hochwasserhöhe (MThw) für das dortige Gebiet mit NN + 1,40 m größtenteils eine Tiefenlage etwa zwischen 1,90 m und 1,30 m unter MThw. Auf die Trockenlage und Ueberflutungslage übertragen, heißt das (nach gemittelten Pegelkurven) 7¾ bis 6½ Std. Ueberflutungslage und 4¾ bis 6 Std. Trockenlage. Das ist ein relativ geringer Unterschied. Es ergab sich tatsächlich keine Erscheinung der Tierbesiedelung, die man folgerichtig, so wie z. B. THAMDRUP (1937) angeben konnte, auf die Wasserbedeckungszeit als Ursache hätte zurückführen können. — In den späteren Untersuchungsjahren, nach dem Dammbau, wurden, wie hier noch gesagt werden kann, die Höhenunterschiede des Watts durch lokale Auflagerung neuen Sediments noch mehr ausgeglichen.

Ueber die Salzgehaltsverhältnisse liegen einige Angaben der Forschungsstelle Büsum vor. Sie dürften nach allen Erfahrungen so einheitlich auf allen untersuchten Standorten sein, daß sie keine begrenzende Wirkung auf die Besiedelung haben können. Das freie Wasser des Wattenmeeres hat in dieser Gegend, wie überhaupt im ganzen benachbarten Bereich vor der dithmarscher Küste, nicht sehr hohe Salzwerte. Sie schwanken etwa zwischen

26 ‰ und 29 ‰ Salzgehalt. Doch ist infolge der Kleinheit des Untersuchungsgebietes und des starken Wasseraustausches der Salzgehalt zu einer bestimmten Zeit mit Sicherheit als praktisch überall gleich anzunehmen. Die stark schwankenden Salzwerte des Watts bei Trockenlage spielen ebensowenig eine beträchtliche Rolle bei der biologischen Abgrenzung einzelner Wattabschnitte, da eben wegen der geringen Höhenunterschiede die Außenfaktoren, wie Verdunstung, Regenfall, Vereisung, an allen Stellen weitgehend gleich lange einwirken können.

Ganz ähnlich wie mit dem Salzgehalt verhält es sich mit der Temperatur des Watts. Bei Trockenlage tritt überall fast gleich lange etwa im heißen Sommer die starke Erwärmung auf, die wiederum in allen Wattgebieten durch geringfügige Pfützenbildung usw. verändert und gemäßigt werden kann. Das bei Ueberflutung des Watts heranströmende Wasser hat im Sommer allerdings z. T. beträchtlich verschiedene Temperaturen. Je nachdem, ob die flache, ankommende Wasserschicht schon eine zeitlang über den relativ warmen Wattboden floß, an dem sie sich erwärmte, oder ob sie direkt aus einem tiefen Priel herauskam, ist sie entweder lauwarm oder kühl. Doch auch diese Unterschiede, die übrigens an den einzelnen Stellen nicht immer gleich sein werden (infolge von wechselnder Außentemperatur, Wind- und Strömungsverhältnissen), dürften keine entscheidende Rolle spielen.

Ferner fanden sich keine Anhaltspunkte dafür, daß eine Konkurrenz zwischen den einzelnen Tierarten — sei es als Nahrungskonkurrenz (vgl. Austernbänke, HAGMEIER-KÄNDLER 1927), sei es hinsichtlich des Ausschlusses bestimmter Arten durch räuberische andere Tiere (PETERSEN 1913) — in Frage gekommen wäre, Tiere von bestimmten Standorten fernzuhalten.

Wichtig für die Besiedelung sind noch die Voraussetzungen für die Ernährung, wie öfter erwähnt wurde. Bei den sedimentfressenden Tieren ist diese Bedingung engstens mit der Bodenzusammensetzung gekoppelt, bei manchen anderen, z. B. filtrierenden Arten, wie Herzmuschel und Klaffmuschel, oder diatomeenfressenden, wie *Hydrobia*, ist sie unabhängiger davon. Diese Frage mußte jedenfalls bei der Beurteilung des Vorkommens einer Art mit beachtet werden.

Das Verschwinden von Besiedelungen infolge von Wattabtrag kann hier nicht mit in Betracht gezogen werden, da es sich nicht um die Wirkung eines Umweltfaktors im hier gemeinten Sinne handelt, sondern nur um eine mechanische, gewaltsame Entfernung der Tiere vom Standort.

9. Die Besiedelung des 1935/36 abgelagerten Schlicks.

Es wurde oben gesagt, daß hier die Darstellung der einzelnen Tierarten den Vorrang haben sollte. Eine kurze soziologische Uebersicht sei nur für das im Dammbaugebiet am meisten auffallende Sediment gegeben, nämlich den neuabgelagerten Schlick von 1936, der seiner Art und Entstehung nach eine wohl sonst kaum beobachtete Erscheinung darstellt. Ueber seine Korngrößenzusammensetzung (vgl. Probe 20 der Tabelle S. 126) und seine breiartige Konsistenz ist im Abschnitt über Bodenverhältnisse berichtet worden. Welche größeren Tiere finden sich in diesem noch kaum richtig abgelagerten, in seiner obersten Schicht bei Wasserbedeckung noch fast flottierenden Material? Zur Beantwortung dieser Frage seien als Beispiele die Ergebnisse einiger Siebungen wiedergegeben, welche von solchen Gebieten 1936 gemacht wurden.

1. Serie, vom 13. 8. 36. Die Angaben sind nur qualitativ, da sie sich nicht auf eine genaue Fläche beziehen. Die beiden ersten Proben stammen aus dem verschlickten Priel N von 200, in welchem nicht nur Schlick, sondern auch Sand in Zwischenschichten abgelagert ist. Das ist wohl eine Folge der verschieden starken Wasserbewegung bei ruhiger und bei stürmischer Wetter-

lage. Im Herbst 1936 zeigte sich nach einer Sturmflut sogar eine Schicht von *Pygospio*-Röhren, welche von der öfter erwähnten benachbarten Sandfläche stammten. Die einzelnen jeweils vorgefundenen Schichten wurden gesondert abgetragen und gesiebt.

a) Im Priel 200/N 15

7 cm Schlick	*Macoma* (6—13 mm). *Nephthys* klein — mittel, *Polydora* wenig
8 cm Sand	*Heteromastus* groß
Schlick, fett schwärzlich	nichts

b) Im Priel 200/N 40

10 cm Schlick	*Macoma* (5—10 mm), *Nephthys* mittel, *Polydora*
5 cm Sand	*Scrobicularia* (10 mm), *Heteromastus* groß
33 cm Schlick	*Heteromastus* einzeln, sonst nichts
Sand	nichts

c) Aufgeschlicktes Watt bei 260/S 25. Auf 1 qm 33 *Arenicola. (Mya* nicht gefunden.)

18 cm Schlick	*Macoma*-Brut viel, *Corophium*, *Nephthys* mittel, *Polydora*
Sand	nur *Arenicola*

2. Serie, vom 6. 10. 36. 2 quantitative Profile mit Flächeninhalt $^1/_{20}$ qm quer durch den Priel nördlich von 200

	Profil I: 70 m. nördlich der Standlinie				Profil II: 130 m. nördlich der Standlinie		
Nr.	a	b	c	d	a	b	c
Boden	Schlick 35 cm ziemlich fest Ox.-Z. 2 mm	Schlick 35 cm sehr weich	Schlick 60 cm sehr weich Ox.-Z. 2 mm	Schlick 35 cm sehr weich Ox.-Z. 1 mm	Schlick 50 cm zäh	Schlick 35 cm weich	Schlick 35 cm weich
Eunoë					1		
Phyllodoce				1			
Nereis					1		1 groß
Nephthys	30 (kl.-gr.)	19 (kl.-gr.)	9	20 (kl.-gr.)	4	9	17
Pygospio	900						
Polydora			1			5	
Heteromastus	10	7	11	15	auf 1/400 qm 23	7	26
Arenicola					1		
Macoma	1 (8 m/m)	2 (2 u. 5 m/m)	4 (4·7 m/m)	1 (9 m/m)	1 (6 m/m)	1 (4 m/m)	
Scrobicularia			2 (8 m/m)		3 (5-20 m/m)		

Es zeigt sich bei beiden Serien — wie auch bei den sonstigen Nachgrabungen — ein auffälliges Hervorragen der 3 Arten *Nephthys, Heteromastus* und *Macoma,* welche in allen Stationen vorkommen. Das sind 2 Arten *(Nephthys, Macoma),* welche als Ubiquisten festgestellt wurden, und

1 Art *(Heteromastus)*, welche als Bewohner von Schlickboden gefunden wurde. Die übrigen Schlicktiere *(Nereis, Scrobicularia)* kommen dagegen noch nicht in beträchtlichen Mengen und in geschlossener Siedlung vor. Der neue Schlick im Zustand von 1936 ist demnach wohl noch kein geeigneter Untergrund für die Ansiedlung der hierher gehörigen Benthosformen. Eigenartig ist das ziemlich zahlreiche Auftreten von *Polydora ligni* und stellenweise von *Corophium volutator* im Sommer 1936. — 1939 hat der Schlick schon so feste Konsistenz angenommen, daß die eigentlichen Schlickbewohner das Siedlungsbild beherrschen.

10. Zusammenfassung.

Durch den Bau des 2 km langen Sicherungsdammes vor der Friedrichskoogspitze in Süderdithmarschen ist in ein organisch gegliedertes Wattgebiet ein bedeutsamer Eingriff vorgenommen worden, welcher Aenderungen der Topographie des Gebietes und der Sedimentarten verursachte. An Stelle eines vormals fast rein sandigen Watts trat auf großen Flächen ein durch Neuablagerung hervorgerufenes mehr oder weniger schlickiges Watt, dessen anfänglich sehr weiches Oberflächensediment sich im Laufe mehrerer Jahre fester ablagerte.

Parallel mit diesen Veränderungen des Bodens ging eine Veränderung der Tierwelt vor sich. Die einzelnen im Boden lebenden, makroskopisch feststellbaren Tierarten werden an Hand des Verbreitungsgebietes auf die Einflüsse untersucht, welchen sie durch die Wattveränderungen unterworfen wurden. Es werden 26 Tierarten erwähnt, dazu 2 Arten aus benachbarten Wattgebieten.

Die einzelnen Arten reagieren, nach den Beobachtungen von 1935 bis 1939 zu urteilen, je nach der Lebensart ganz verschieden auf die Veränderungen. Manche haben ihr Wohngebiet im Maße der Neuauflagerung erweitert: *Heteromastus filiformis* schnell, *Nereis diversicolor* langsam, bei *Scrobicularia piperata* sind Anzeichen für künftige Erweiterung vorhanden. — Bei manchen Arten ist es verkleinert worden: *Scoloplos armiger* schnell, *Arenicola marina* langsam. — Bei manchen Arten ist es unverändert geblieben: *Nephthys Hombergii, Macoma baltica, Mya arenaria.*

Bei *Cardium* verschwand der Bestand vollständig. Es war erkennbar, daß dies nicht durch Einwirkung des Dammbaues geschah, sondern durch eine winterliche Frostperiode. Es wird bei dieser Art wie bei manchen anderen die Bedeutung der maximalen Siedlungsdichte als Maßstab für optimale Lebensbedingungen deutlich.

Bei *Corophium volutator* und *Polydora ligni* war ein plötzliches großräumiges Auftreten und Wiederverschwinden zu beobachten, dessen Ursachen ungeklärt blieben.

Es werden unter der Gesamtheit der erwähnten Arten einige als typisch für bestimmte Bodenarten erkannt. Es sind dies: *Arenicola marina, Scoloplos armiger, Bathyporeia robertsoni, Magelona papillicornis* für reinen Sand verschiedener Konsistenz; *Nereis diversicolor, Heteromastus filiformis, Scrobicularia plana* für Schlickboden. Unsicher, aber wahrscheinlich ist eine Bindung an mehr oder weniger sandige Böden bei *Phyllodoce maculata, Eteone longa, Scolocolepsis foliosa, Pygospio elegans, Lanice conchilega, Hydrobia ulvae;* die meisten dieser Arten kommen nicht häufig genug vor, um Befunde über ihr Vorkommen verallgemeinern zu können, und zeigen außerdem eine weit größere Streuung über verschiedene Korngrößengruppen als die vorher erwähnten Arten. — *Macoma baltica* (Jungtiere) und *Nephthys Hombergii* wurden in gleicher Häufigkeit in allen Bodenarten gefunden.

Es wird die Besiedelung des neuen Schlicks im Jahre 1936 besprochen.

Aus der Tierbesiedelung können manche Erscheinungen der Wattveränderung unmittelbar abgelesen werden (Schnelligkeit der Ueberschlickung aus der Anwesenheit von *Arenicola;* Schnelligkeit und Mächtigkeit des Wattabtrages an einzelnen Stellen aus dem Vorhandensein von *Mya*-Schalenpflaster).

Auf Grund der Kenntnisse des Tierbestandes, welcher aus den Oberflächenspuren und durch Aufgrabungen leicht feststellbar ist, können eine Reihe von Angaben über die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Wattsedimente gemacht werden.

Die biologische Bestandsaufnahme erweist sich damit als eine brauchbare Methode zur Wattbonitierung. Sie kann der Landgewinnung wertvolle Unterlagen für ihre Planungen zur Schaffung von Kulturboden geben.

Schriftenverzeichnis.

DAVIS, F. M.: Quantitative Studies on the Fauna of the Sea Bottom. Fish. Investig. Ser. 2, 6, 1923. 8, 1925.

FRIEDRICH, H.: Polychaeta. In: Grimpe-Wagler, Tierwelt der Nord- und Ostsee. Leipzig, 1938.

HAGMEIER, A. u. KÄNDLER, R.: Neue Untersuchungen im nordfriesischen Wattenmeer und auf den fiskalischen Austernbänken. Wiss. Meeresuntersuch. Abt. Helgoland, N. F. 16, 6. 1927.

LINKE, O.: Die Biota des Jadebusenwatts. Helgoländer wiss. Meeresuntersuchungen 2. 1939.

PLATH, M.: Die biologische Bestandsaufnahme als Verfahren zur Kennzeichnung der Wattsedimente und der Kartierung der nordfriesischen Watten. Vergl. dieses Heft, Seite 7.

PETERS, N. u. PANNING, A.: Die chinesische Wollhandkrabbe. Leipzig 1933.

PETERSEN, C. G. J.: Valuation of the Sea II. The animal communities of the sea-botton and their importance for marine zoogeography. Reports from the Danish Biological Station. XXI. S. 1—43 + 63 S. App. Kopenhagen 1913.

REMANE, A.: Verteilung und Organisation der benthonischen Mikrofauna der Kieler Bucht. Wiss. Meeresunters. Abt. Kiel. N. F. Heft 2, 1933. S. 161—221.

REMANE, A.: Einführung in die Zoolog. Oekologie der Nord- und Ostsee. In: Grimpe u. Wagler, Tierwelt der Nord- und Ostsee, Teil I a, Leipzig 1940.

RÖHRS, W.: Der Dammbau zur Sicherung des Seedeiches an der Friedrichskoogspitze in Süderdithmarschen. „Westküste" 1, H. 2, 1938. S. 1—15.

STEPHENSEN, K.: Amphipoda. In: Grimpe u. Wagler, Tierwelt der Nord- und Ostsee, X. f.

THAMDRUP, H. M.: Beiträge zur Ökologie der Wattfauna auf experimenteller Grundlage. Medd. fra Komm. f. Danm. Fisk. og Havunders. Serie: Fiskeri. 10. 2. 1935.

WOHLENBERG, E.: Die Grüne Insel in der Eidermündung. A. d. Archiv d. dtsch. Seewarte, 50, 2. 1931.

WOHLENBERG, E.: Die Wattenmeerlebensgemeinschaften im Königshafen von Sylt. Helgoländer wiss. Meeresuntersuchungen. 1, H. 1, 1937. S. 1—92.

WRAGE, W.: Das Wattenmeer zwischen Trischen und Friedrichskoog. A. d. Archiv d. dtsch. Seewarte, 48, 5, 1930.

Arbeitsbücher 1935 des Biologiestudenten L. BOHMANN. Aufbewahrt bei der Forsch.-Stelle Westküste.

Verzeichnis der Abbildungen aus dem Bildarchiv WESTKÜSTE und der Karten.

Nr. d. Abb.	Archiv-Nr.	Datum	Aufgenommen von:
1	898	10. 8. 36	Dr. D. König
2	870	10. 6. 36	„
3	906	6. 10. 36	„
4	871	12. 6. 36	„
5	877	25. 6. 36	„
6	908	7. 10. 36	„
7	751	25. 6. 35	Dr. E. Wohlenberg
8	902	12. 8. 36	Dr. D. König
9	—	6. 39	„
10	883	26. 7. 36	„
11	881	26. 7. 36	„
12	886	21. 7. 36	„
13	891	3. 8. 36	„
14	882	26. 7. 36	„
15	888	2. 8. 36	„
16	894	5. 8. 36	„
17	885	26. 7. 36	„
18	889	3. 8. 36	„
19	875	5. 6. 36	„

Karte 1 Seite 123 Uebersichtsplan mit Lageangabe der quantitativen Aufnahmen 1936.

Karte 2 Seite 125 Bodenverhältnisse 1935.

Karte 3 Seite 127 Bodenverhältnisse 1936.

Karte 4 Seite 135 Verbreitung von *Nereis* und *Scoloplos* 1935—39.

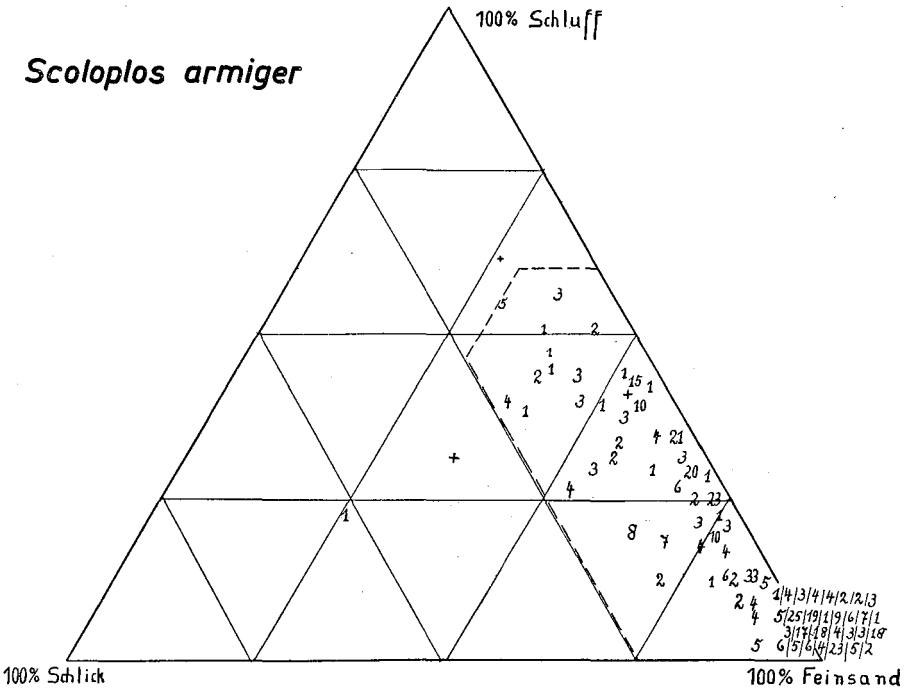
Karte 5 Seite 140 Verbreitung von *Heteromastus* 1936—39.

Karte 6 Seite 142 Verbreitung von *Cardium* 1936, *Corophium* 1936, *Hydrobia* 1936, *Magelona* 1936, *Bathyporeia* 1936, *Petricola* 1939, Muschelpflaster seit 1936.

Tafel I—X. Darstellung der Beziehung einiger Wattiere zur Korngrößenzusammensetzung ihrer Wohnsedimente. Die Zahlen bedeuten die Anzahl Tiere pro $^1/_{20}$ m², bei Arenicola pro m². Die gestrichelte Linie umreißt die Grenzen der Korngrößenzusammensetzung, innerhalb derer die Art gute Lebensbedingungen findet. Ein + zeigt an, daß die Anzahl Tiere pro Einheit weniger als 1 beträgt.

Zeitschrift „WESTKÜSTE" — Kriegsheft 1943.
Anlage zum Aufsatz Plath: Die biologische Bestandsaufnahme als Verfahren zur Kennzeichnung der Wattsedimente und die Kartierung der nordfriesischen Watten.

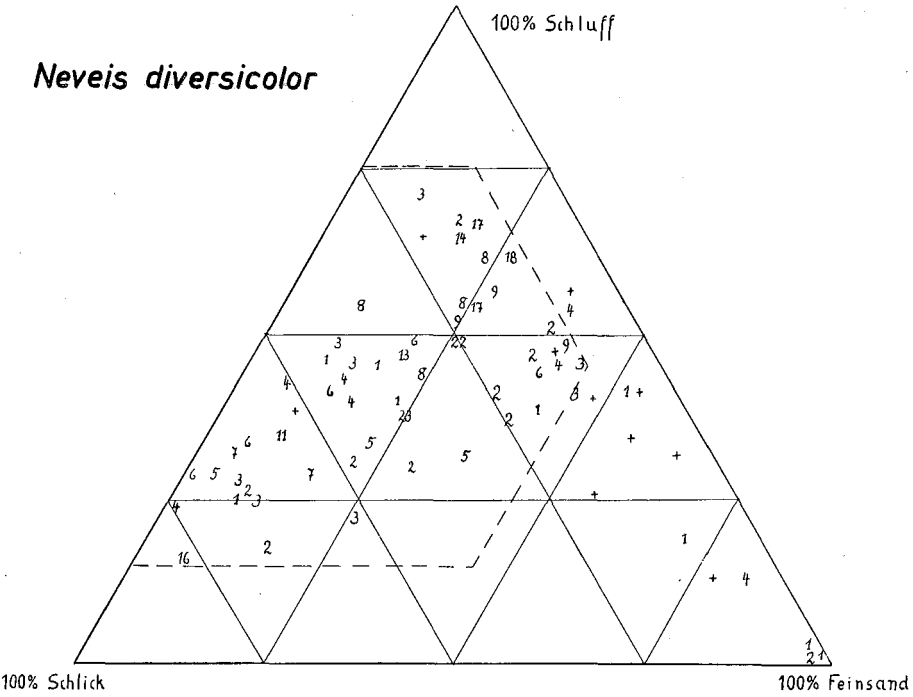
Tafel I.



Tafel I—X. Darstellung der Beziehung einiger Wattiere zur Korngrößenzusammensetzung ihrer Wohnsedimente. Die Zahlen bedeuten die Anzahl Tiere pro $^1/_{20}$ m², bei Arenicola pro m². Die gestrichelte Linie umreißt die Grenzen der Korngrößenzusammensetzung, innerhalb derer die Art gute Lebensbedingungen findet. Ein + zeigt an, daß die Anzahl Tiere pro Einheit weniger als 1 beträgt.

Zeitschrift „WESTKÜSTE" — Kriegsheft 1943.
Anlage zum Aufsatz Plath: Die biologische Bestandsaufnahme als Verfahren zur Kennzeichnung der Wattsedimente und die Kartierung der nordfriesischen Watten.

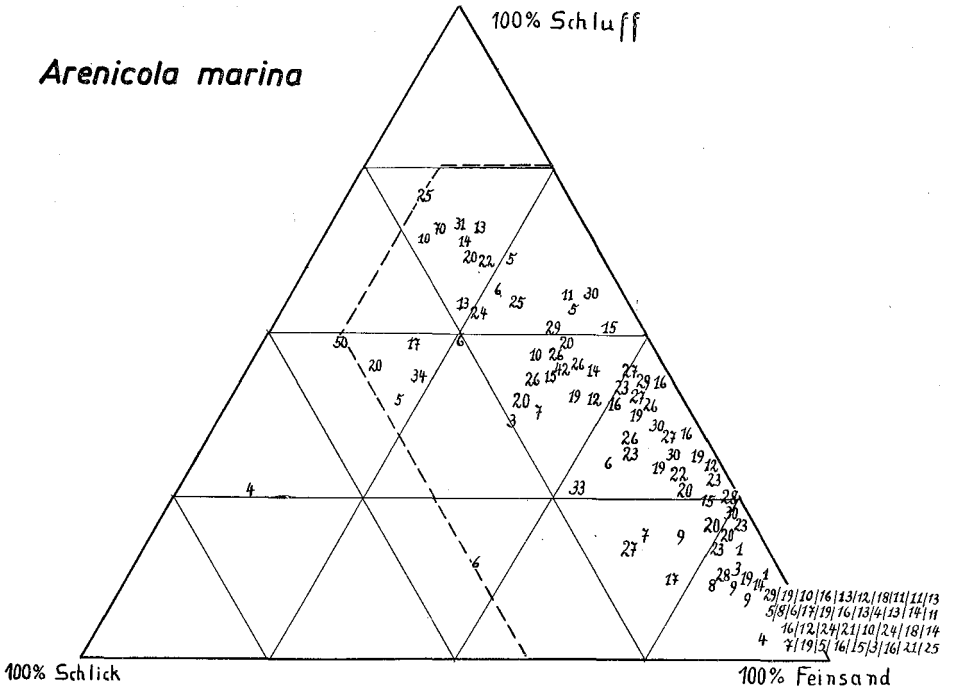
Tafel II.



Tafel I—X. Darstellung der Beziehung einiger Wattiere zur Korngrößenzusammensetzung ihrer Wohnsedimente. Die Zahlen bedeuten die Anzahl Tiere pro $^1/_{20}$ m², bei Arenicola pro m². Die gestrichelte Linie umreißt die Grenzen der Korngrößenzusammensetzung, innerhalb derer die Art gute Lebensbedingungen findet. Ein + zeigt an, daß die Anzahl Tiere pro Einheit weniger als 1 beträgt.

Zeitschrift „WESTKÜSTE" — Kriegsheft 1943.
Anlage zum Aufsatz Plath: Die biologische Bestandsaufnahme als Verfahren zur Kennzeichnung der Wattsedimente und die Kartierung der nordfriesischen Watten.

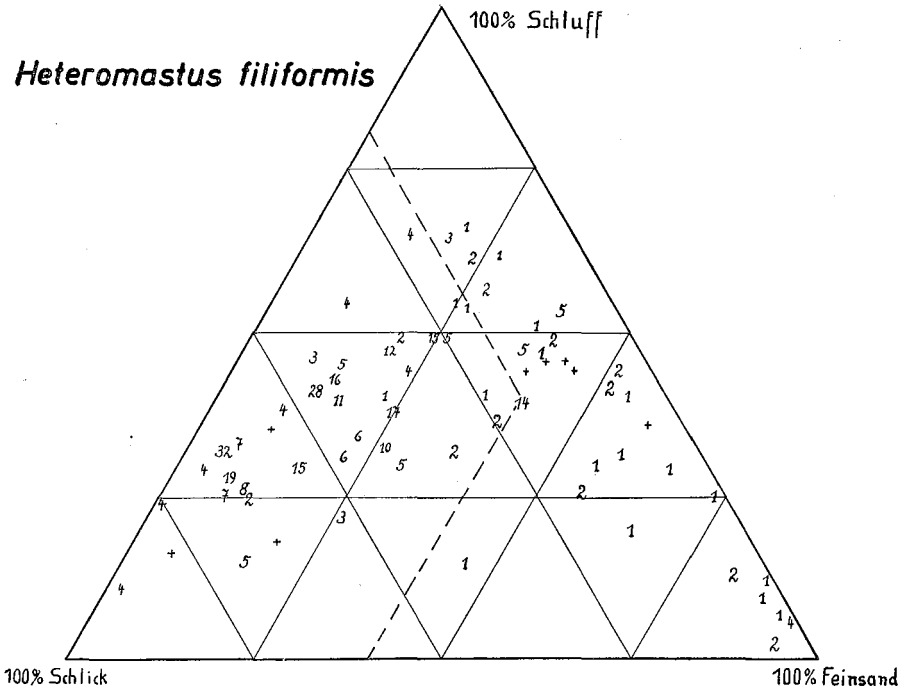
Tafel III.



Tafel I—X. Darstellung der Beziehung einiger Wattiere zur Korngrößenzusammensetzung ihrer Wohnsedimente. Die Zahlen bedeuten die Anzahl Tiere pro $^1/_{20}$ m², bei Arenicola pro m². Die gestrichelte Linie umreißt die Grenzen der Korngrößenzusammensetzung, innerhalb derer die Art gute Lebensbedingungen findet. Ein + zeigt an, daß die Anzahl Tiere pro Einheit weniger als 1 beträgt.

Zeitschrift „WESTKÜSTE" — Kriegsheft 1943.
Anlage zum Aufsatz Plath: Die biologische Bestandsaufnahme als Verfahren zur Kennzeichnung der Wattsedimente und die Kartierung der nordfriesischen Watten.

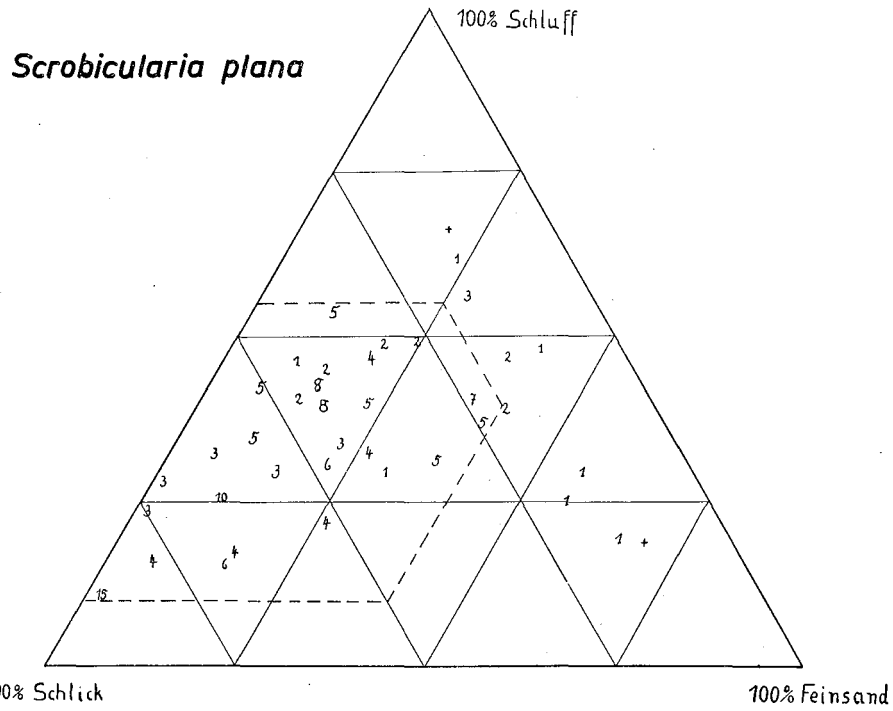
Tafel IV.



Tafel I—X. Darstellung der Beziehung einiger Wattiere zur Korngrößenzusammensetzung ihrer Wohnsedimente. Die Zahlen bedeuten die Anzahl Tiere pro $^1/_{20}$ m², bei Arenicola pro m². Die gestrichelte Linie umreißt die Grenzen der Korngrößenzusammensetzung, innerhalb derer die Art gute Lebensbedingungen findet. Ein + zeigt an, daß die Anzahl Tiere pro Einheit weniger als 1 beträgt.

Zeitschrift „WESTKÜSTE" — Kriegsheft 1943.
Anlage zum Aufsatz Plath: Die biologische Bestandsaufnahme als Verfahren zur Kennzeichnung der Wattsedimente und die Kartierung der nordfriesischen Watten.

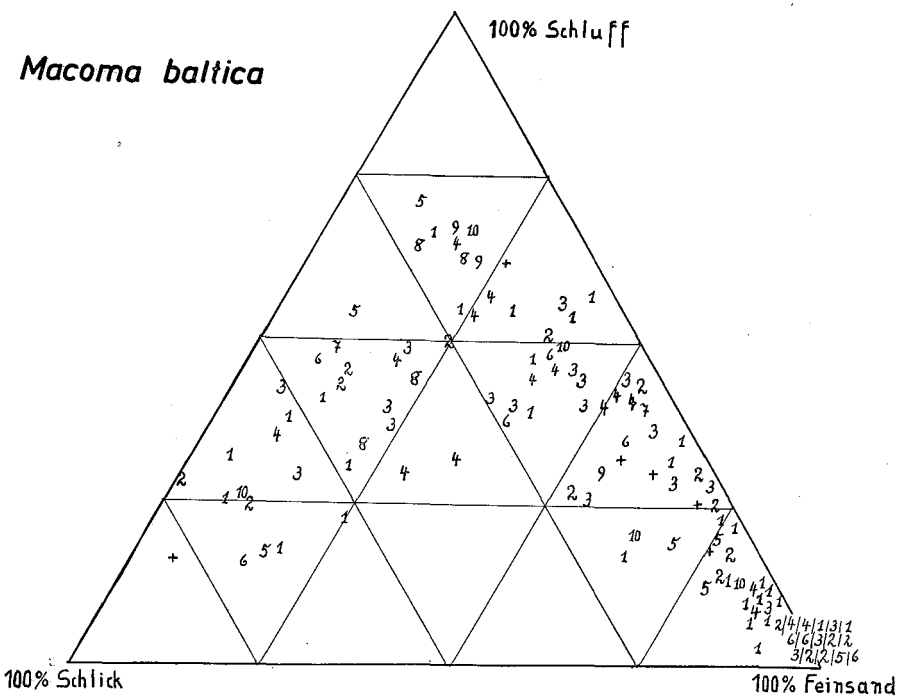
Tafel V.



Tafel I—X. Darstellung der Beziehung einiger Wattiere zur Korngrößenzusammensetzung ihrer Wohnsedimente. Die Zahlen bedeuten die Anzahl Tiere pro $^1/_{20}$ m², bei Arenicola pro m². Die gestrichelte Linie umreißt die Grenzen der Korngrößenzusammensetzung, innerhalb derer die Art gute Lebensbedingungen findet. Ein + zeigt an, daß die Anzahl Tiere pro Einheit weniger als 1 beträgt.

Zeitschrift „WESTKÜSTE" — Kriegsheft 1943.
Anlage zum Aufsatz Plath: Die biologische Bestandsaufnahme als Verfahren zur Kennzeichnung der Wattsedimente und die Kartierung der nordfriesischen Watten.

Tafel VI.

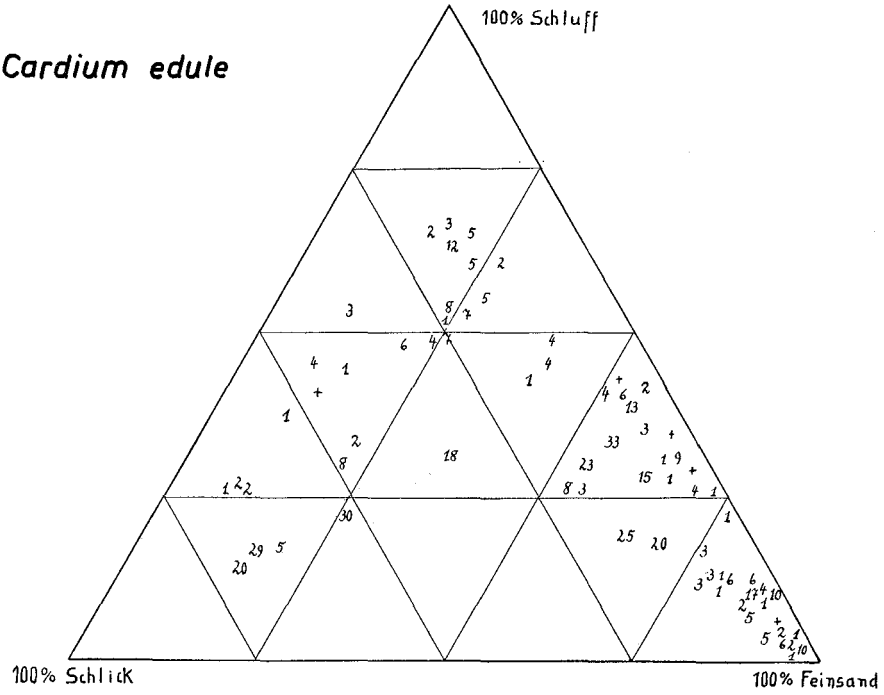


Tafel I—X. Darstellung der Beziehung einiger Wattiere zur Korngrößenzusammensetzung ihrer Wohnsedimente. Die Zahlen bedeuten die Anzahl Tiere pro $^1/_{20}$ m², bei Arenicola pro m². Die gestrichelte Linie umreißt die Grenzen der Korngrößenzusammensetzung, innerhalb derer die Art gute Lebensbedingungen findet. Ein + zeigt an, daß die Anzahl Tiere pro Einheit weniger als 1 beträgt.

Zeitschrift „WESTKÜSTE" — Kriegsheft 1943.
Anlage zum Aufsatz Plath: Die biologische Bestandsaufnahme als Verfahren zur Kennzeichnung der Wattsedimente und die Kartierung der nordfriesischen Watten.

Tafel VII.

Cardium edule

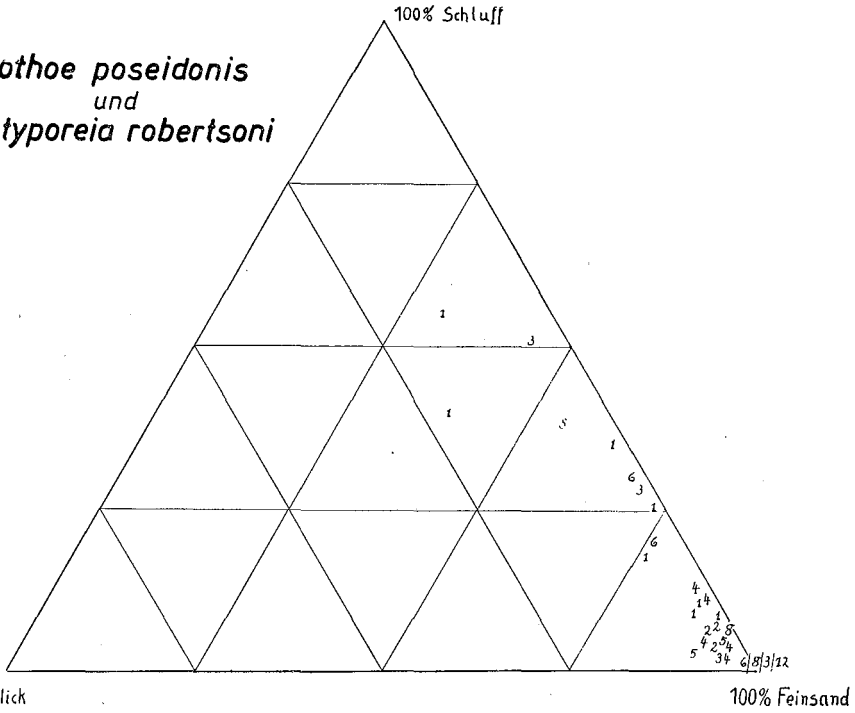


Tafel I—X. Darstellung der Beziehung einiger Wattiere zur Korngrößenzusammensetzung ihrer Wohnsedimente. Die Zahlen bedeuten die Anzahl Tiere pro $^1/_{20}$ m², bei Arenicola pro m². Die gestrichelte Linie umreißt die Grenzen der Korngrößenzusammensetzung, innerhalb derer die Art gute Lebensbedingungen findet. Ein + zeigt an, daß die Anzahl Tiere pro Einheit weniger als 1 beträgt.

Zeitschrift „WESTKÜSTE" — Kriegsheft 1943.
Anlage zum Aufsatz Plath: Die biologische Bestandsaufnahme als Verfahren zur Kennzeichnung der Wattsedimente und die Kartierung der nordfriesischen Watten.

Tafel VIII.

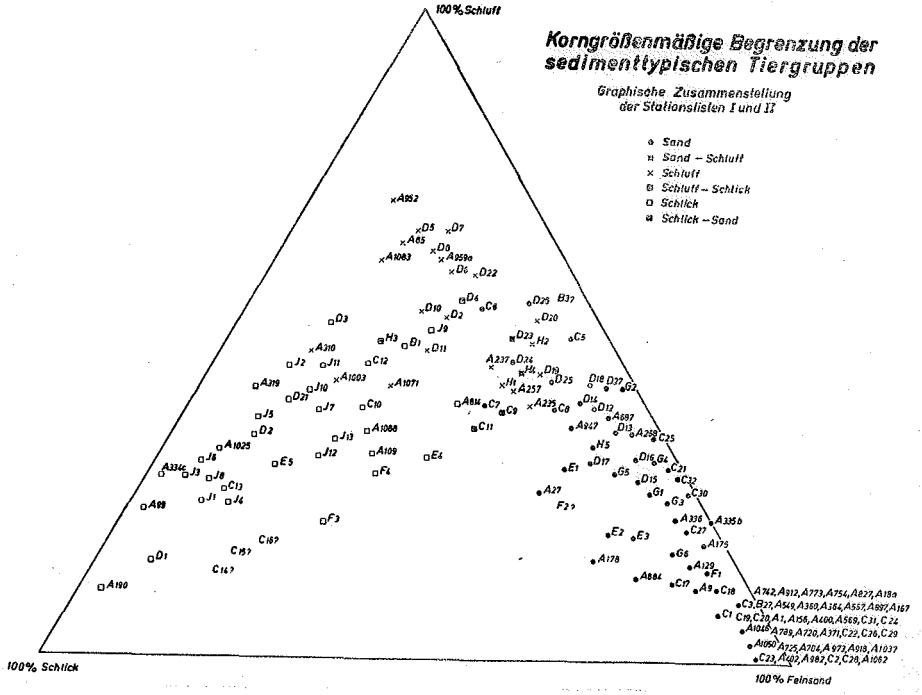
Urothoe poseidonis
und
Batyporeia robertsoni



Tafel I—X. Darstellung der Beziehung einiger Wattiere zur Korngrößenzusammensetzung ihrer Wohnsedimente. Die Zahlen bedeuten die Anzahl Tiere pro $^1/_{20}$ m², bei Arenicola pro m². Die gestrichelte Linie umreißt die Grenzen der Korngrößenzusammensetzung, innerhalb derer die Art gute Lebensbedingungen findet. Ein + zeigt an, daß die Anzahl Tiere pro Einheit weniger als 1 beträgt.

Zeitschrift „WESTKÜSTE" — Kriegsheft 1943.
Anlage zum Aufsatz Plath: Die biologische Bestandsaufnahme als Verfahren zur Kennzeichnung der Wattsedimente und die Kartierung der nordfriesischen Watten.

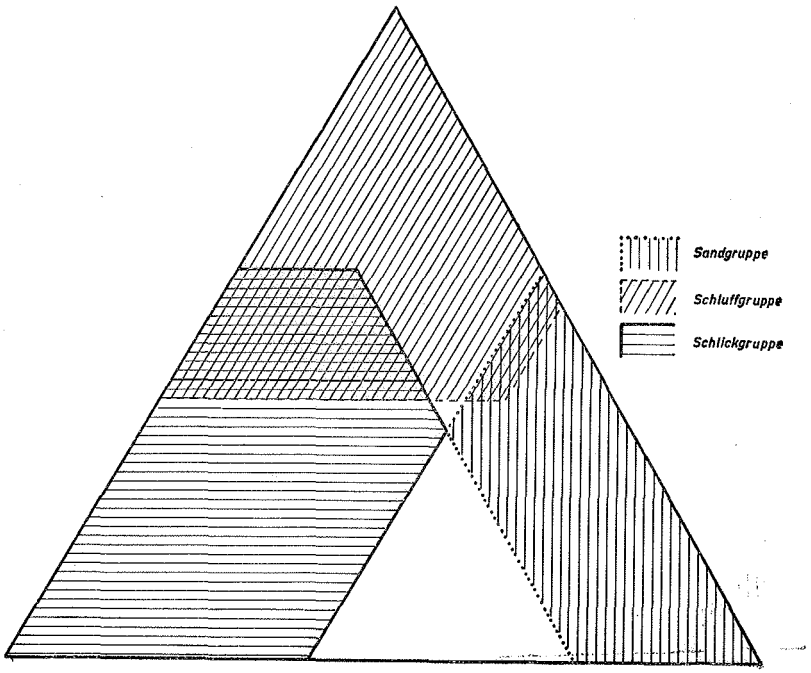
Tafel IX.



Tafel I—X. Darstellung der Beziehung einiger Wattiere zur Korngrößenzusammensetzung ihrer Wohnsedimente. Die Zahlen bedeuten die Anzahl Tiere pro $^1/_{20}$ m², bei Arenicola pro m². Die gestrichelte Linie umreißt die Grenzen der Korngrößenzusammensetzung, innerhalb derer die Art gute Lebensbedingungen findet. Ein + zeigt an, daß die Anzahl Tiere pro Einheit weniger als 1 beträgt.

Zeitschrift „WESTKÜSTE" — Kriegsheft 1943.
Anlage zum Aufsatz Plath: Die biologische Bestandsaufnahme als Verfahren zur Kennzeichnung der Wattsedimente und die Kartierung der nordfriesischen Watten.

Tafel X.



Zeitschrift „WESTKÜSTE" — Kriegsheft 1945
Anlage zum Aufsatz Herrmann: Ueber den physikalischen und chemischen Aufbau von Marschböden und Watten verschiedenen Alters.

TAFEL I

Bodenquerschnitt I

Abb. 2

Korngrößenverteilung

(Größe der Fraktion: < 0,02mm)

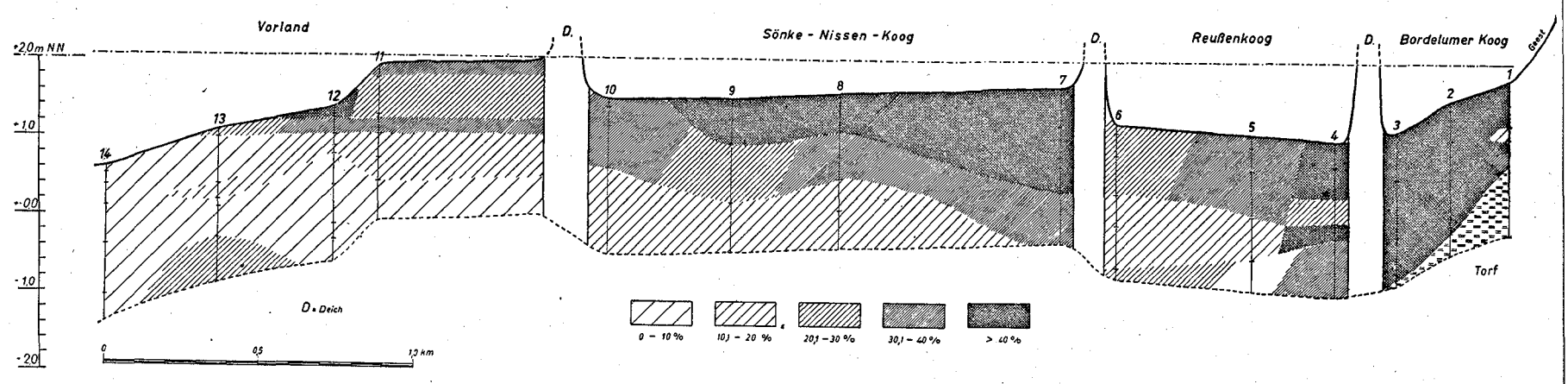


Abb. 3

Gehalt an organischer Substanz

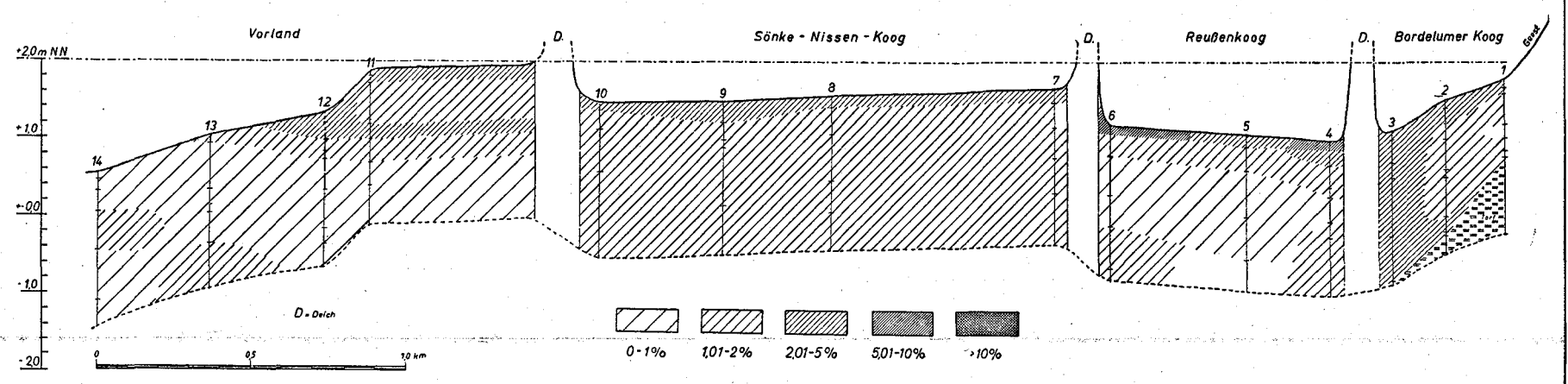


Abb. 4

Kalkgehalt

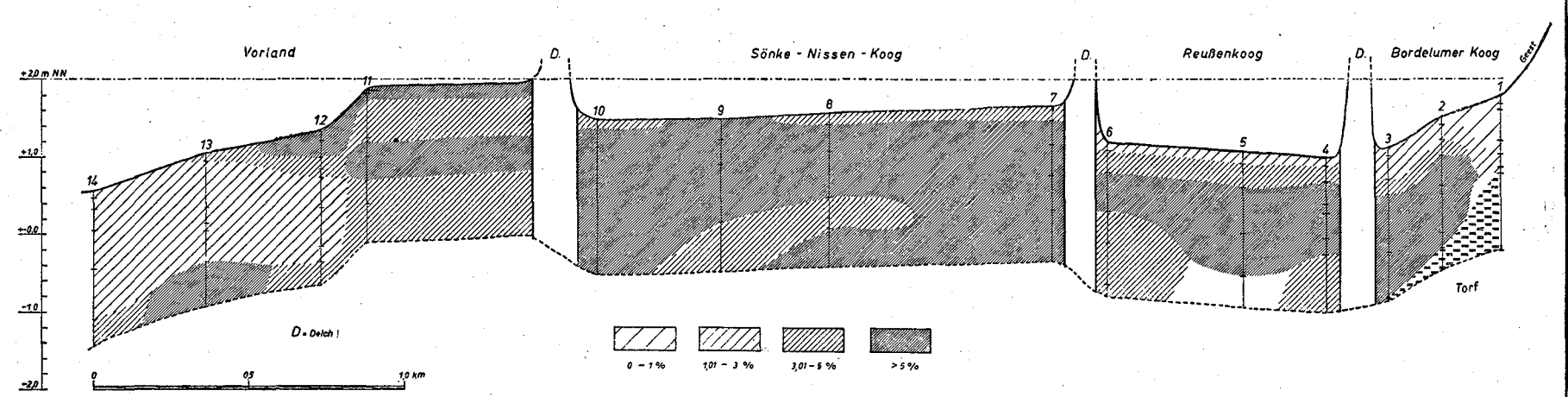


Abb. 5

Phosphorsäuregehalt

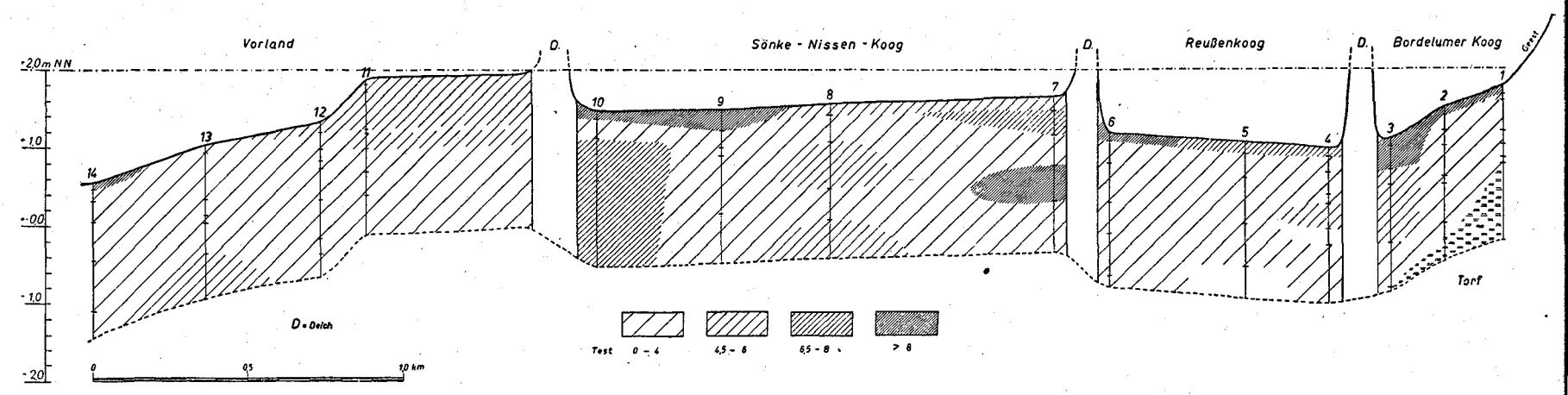


Abb. 6

Kaligehalt

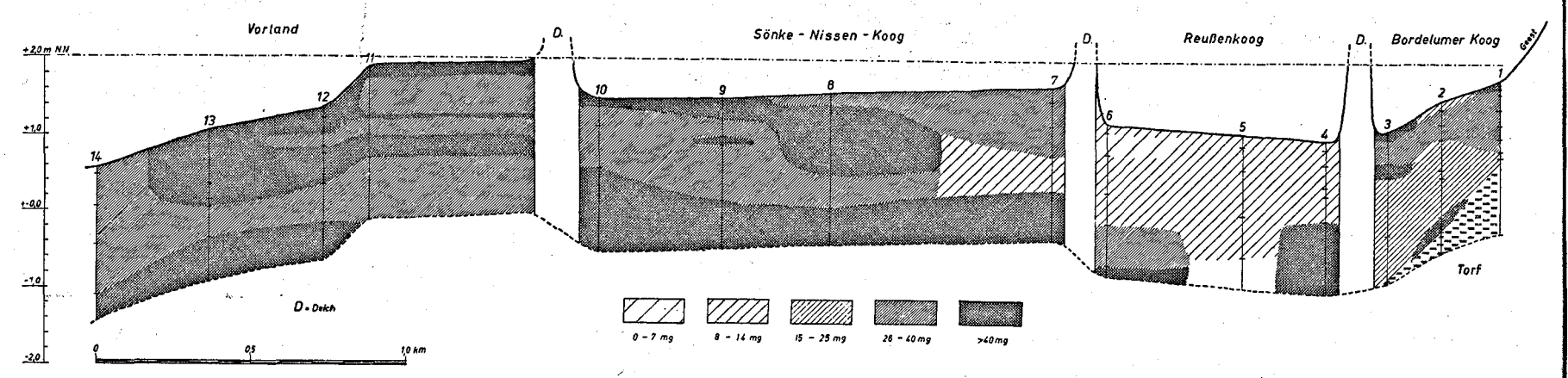
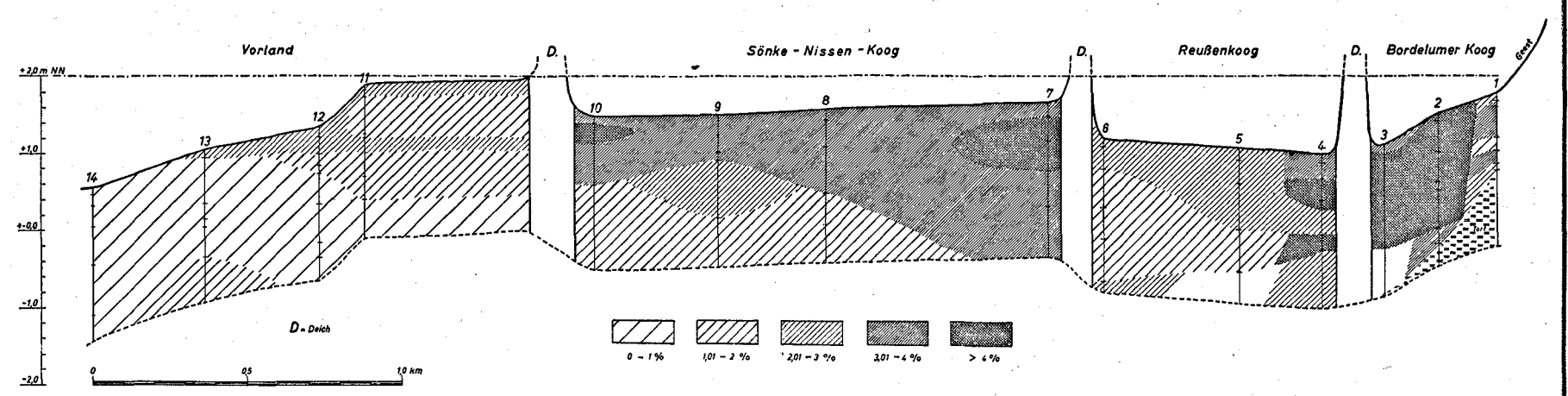


Abb. 7

Eisengehalt



Zeitschrift „WESTKÜSTE" — Kriegsheft 1943
Anlage zum Aufsatz Herrmann: Ueber den physikalischen und chemischen Aufbau von Marschböden und Watten verschiedenon Alters.

Bodenquerschnitt II

TAFEL II

Abb 8

Korngrößenverteilung

(Größe der Fraktion: < 0,02 mm)

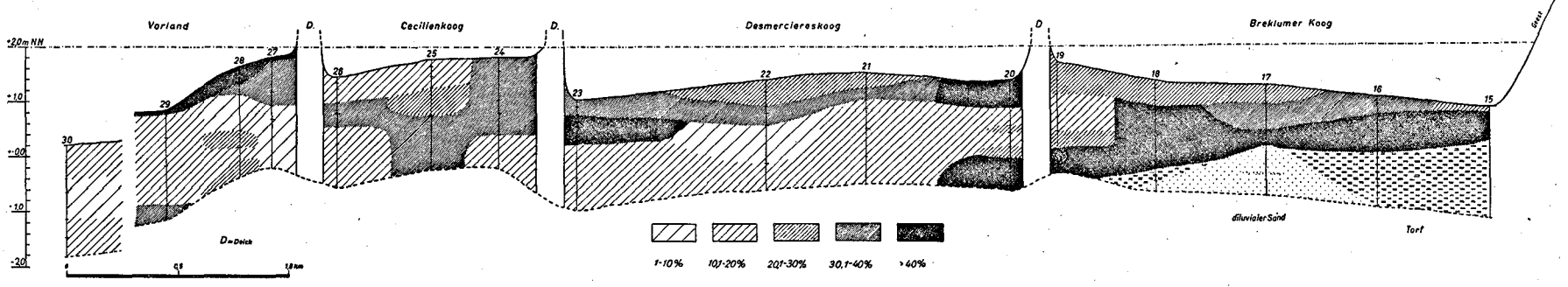


Abb. 9

Gehalt an organischer Substanz

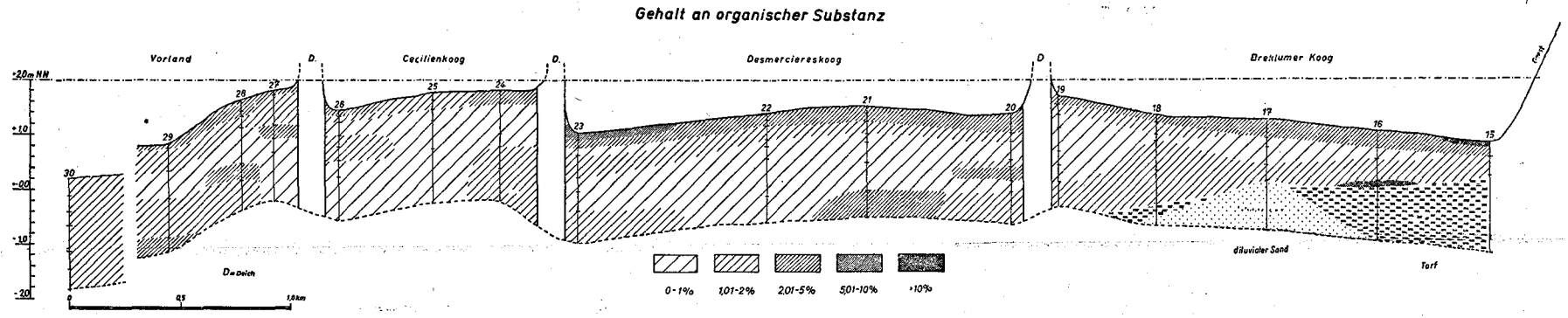


Abb. 10

Kalkgehalt

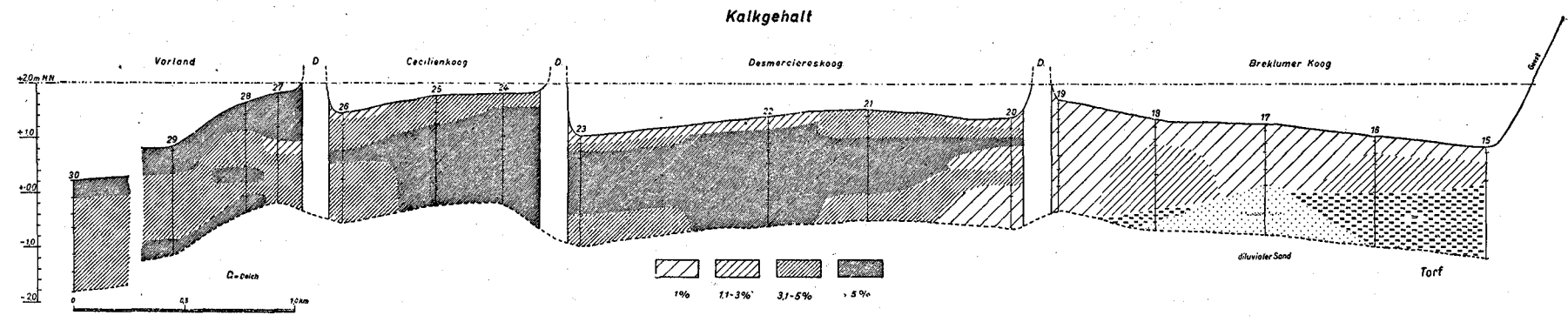


Abb. 11

Phosphorsäuregehalt

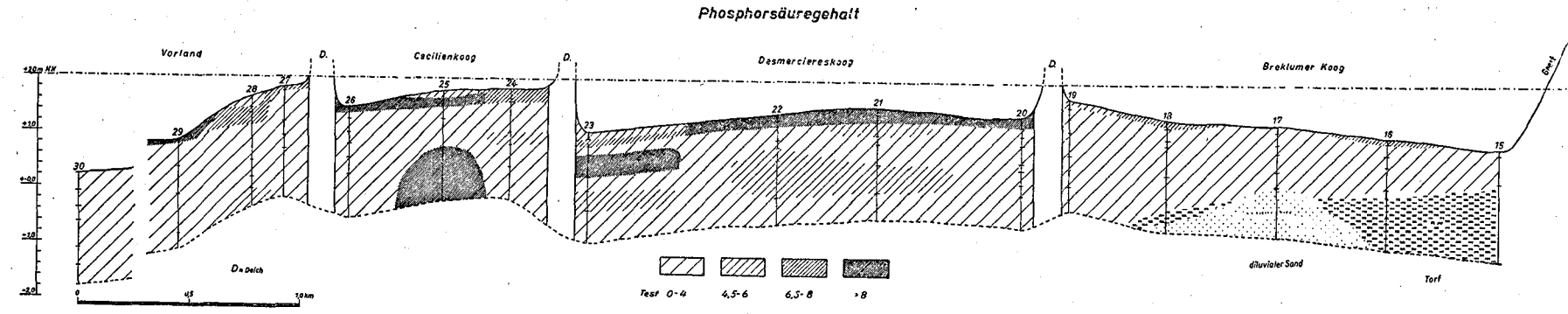


Abb 12

Kaligehalt

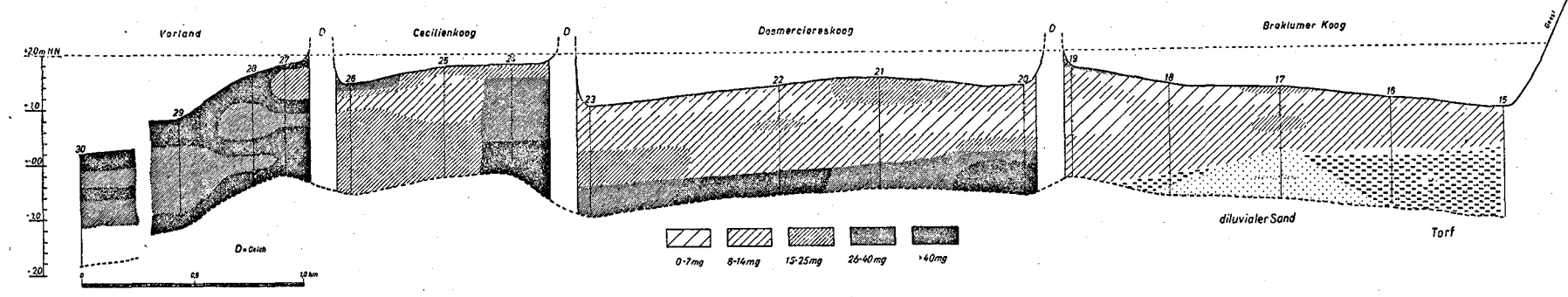
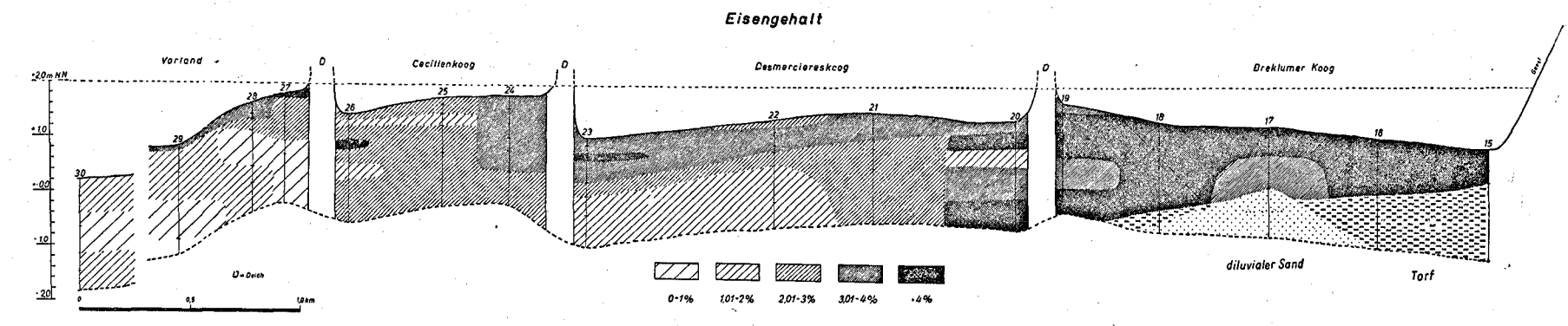


Abb 13

Eisengehalt