

Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab.

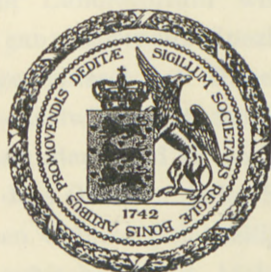
Biologiske Meddelelser. **XII**, 4.

EINE METHODE ZUR
EXAKTEN SEDIMENTATIONSMESSUNG
STUDIEN ÜBER DIE MARSCHBILDUNG AUF DER
HALBINSEL SKALLING

VON

NIELS NIELSEN

MIT 16 TAFELN



KØBENHAVN

LEVIN & MUNKSGAARD

EJNAR MUNKSGAARD

1935

Det Kgl. Danske Videnskabs Selskab.
Biologisk Meddelelse. XXI. 4

EINE METHODE FÜR
EXAKTE SEDIMENTATIONSMESSUNG
STUDIEN ÜBER DIE MARSCHEILDUNG AUF DER
HALBINSEL SKALLING

NIELS NIELSEN

UDGIVET



KØBENHAVN
LEJN & MUNKSGAARD

Printed in Denmark.
Bianco Lunos Bogtrykkeri A/S.

VORWORT

Seit dem Jahre 1930 sind die Naturverhältnisse der Halbinsel Skallingen im westlichen Jütland zum Gegenstand einer Reihe von Untersuchungen gemacht worden. Aus ganz bescheidenen Anfängen, die in »Geografisk Tidsskrift 1933« in einem kurzen Artikel beschrieben sind, ist die Arbeit allmählich so weit gediehen, dass sie heute eine Reihe von Untersuchungen umfasst, von Fachgelehrten getan in der gemeinsamen Absicht, die leblose und die lebende Natur in Sandstrand, Düne, Marsch und Watt zu erforschen, wobei man bemüht war, auf allen Studiengebieten, biologischen wie physiographischen, die grösste zu erreichende Exaktheit der Methodik zu erzielen.

In den Jahren von 1931—34 sind fünfzehn Dänen und Ausländer an dem Laboratorium wissenschaftlich tätig gewesen, einige mit ganz begrenzten Spezialaufgaben, andere mit Problemen allgemeinerer Art. Dabei hat eine lebhafte und fruchtbare Wechselwirkung zwischen diesen verschiedenen Arbeiten bestanden, und es war von ausserordentlicher Wichtigkeit, dass Gelehrte, jeder Spezialist in seinem Fach, auf demselben Gebiete gleichzeitig am Werk waren, weil die physiographischen und biologischen Probleme ständig ineinander eingreifen und ohne ein wissenschaftliches und untersuchungstechnisches Zusammenarbeiten schwer zu lösen sind. Auch für die vorliegende Abhandlung ist diese Wechselwirkung wertvoll gewesen, und ich bitte

alle meine Mitarbeiter am Skalling-Laboratorium meinen besten Dank dafür entgegenzunehmen.

Vom Carlsberg-Fond wurden alljährlich die erforderlichen Mittel zur Deckung der Betriebskosten beigestellt und durch besondere Bewilligungen sind die Kosten zur Ausführung eines Laboratoriums aufgebracht worden. Zur Bearbeitung des gesammelten Materiales hat Carlsen-Langes Legat-Stiftung einen Beitrag bewilligt und Japetus Steenstrups Legat ermöglichte das eine Jahr eine Vergrößerung der Mitarbeiterschaft. Die Karten I und II sind mit Genehmigung des Geodätischen Instituts wiedergegeben und die Fliegeraufnahmen sind von »Hærens Flyverkorps« zur Verfügung gestellt. Ich erlaube mir im Namen der Untersuchungen diesen Institutionen meinen wärmsten Dank auszusprechen.

Meine Frau cand. pharm. JUTTA NIELSEN hat mir bei der vorliegenden Abhandlung wertvollen Beistand geleistet, sowohl was die Ausarbeitung der Methodik, wie die Arbeit im Felde anbelangt.

Skalling Laboratoriet 24. August 1934.

A. Die Entstehung der Skalling und ihre gegenwärtigen Naturverhältnisse.

1. Das Studienobjekt: Die Skalling.

Die Halbinsel Skalling hat eine Längenausdehnung von ungefähr 13 km und misst an ihrer breitesten Stelle von der Nordseeküste bis zur Küste an der Ho-Bugt ungefähr 2,5 km.

Die Halbinsel ist stets unbesiedelt gewesen, eine kurze Periode von 1901—09 ausgenommen, wo einige Aufseher bei dem damals existierenden Azetylenleuchtfeuer am Skalling Ende wohnten; der Boden ist niemals bestellt worden und der Eingriff der Kultur in die natürliche Entwicklung der Landschaft ist bis 1933 gering und bedeutungslos gewesen.

Nur an ganz wenigen Stellen in Dänemark trifft man eine so grosse zusammenhängende Landstrecke, die wirklich im Naturzustand daliegt und darum nimmt die Skalling als naturwissenschaftliches Studienobjekt in vieler Beziehung einen ganz besonderen Platz unter den Landschaftstypen Dänemarks ein.

In geologischer Beziehung Neuland, befinden sich die Landschaftsformen der Skalling in voller Entwicklung und sie haben noch nicht jene »Reife« erlangt, wie sie sonst den grössten Teil unseres Landes auszeichnet. Es kommen starke Verschiebungen im Verlauf der Küstenlinien vor, sowohl an der Nordseeküste wie an der Ho-Bugt, die Ab-

grenzung der Landschaftsformen ist ständigen Veränderungen unterworfen, indem an gewissen Stellen und zu gewissen Zeiten Anlandungen stattfinden, während wieder andere Gebiete der Zerstörung ausgesetzt sind. Eine ähnliche Labilität kennzeichnet die biologischen Verhältnisse. In gewissen Gebieten der Halbinsel sind neue Pflanzen- und Tiergemeinschaften am Einwandern und an gewissen Lokalitäten ist es möglich diese Veränderungen von Jahr zu Jahr durch direkte Messungen zu verfolgen.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit einigen der morphologischen Veränderungen im oberen Drittel der Gezeitenzone, in erster Linie mit der Aufschlickung in den Marschen und den Sandablagerungen in den Algen-Salicorniaflächen, beleuchtet durch exakte Messungen, die durch eine für diesen Zweck besonders ausgearbeitete Methode ermöglicht wurden.

2. Die Entstehung der Skalling.

Über den Untergrund der Skalling ist nichts bekannt. Vermutlich werden sich in einer bestimmten Tiefe tertiäre Ablagerungen finden, denn solche sind von den Steilküsten bei Hjerting und Sælborg und sonst noch von zahlreichen Lokalitäten in der Geest um die Ho-Bugt herum bekannt. Weiter besteht die Möglichkeit, dass unter der Skalling Eem-Ablagerungen vorkommen, da man bei Bohrungen im Jahre 1879 bei Blaavandshuk aus einer Tiefe von 28,4 m u. M. Schalenfragmente aufnahm, die auf Bildungen aus dieser Zeit schliessen lassen¹. Moränen sind nirgends nachgewiesen und von der Skalling sind nur ganz junge alluviale, marine und äolische Ablagerungen bekannt.

¹ VICTOR MADSEN, V. NORDMANN og N. HARTZ: Eem-Zonerne. Danmarks Geologiske Undersøgelse II. R., Nr. 17. København 1908, S. 193—194.

Ausgehend von dem, was über die jüngste geologische Entwicklung aus dem südwestlichen Winkel von Nordjütland vorliegt, ist man ungeachtet des Mangels an Untersuchungsmaterial im Stand, aus den unter der Skalling liegenden Schichten gewisse Schlüsse über die Entstehung der Halbinsel zu ziehen. AXEL JESSEN¹ gibt davon folgende Darstellung: »Zu Ende der späteiszeitlichen Bodensenkung dürfte das Meer bis zu der Hügelinsel südlich des Filso gereicht und den steilen Abfall zwischen dem Børsmose und Grærup gebildet haben; bei Grærup bog die Küste scharf nach Südost, so dass hier ein stark markierter Küstenvorsprung entstand, das »Blaavandshuk« von damals. Als niedriges »Kliff«, heute an manchen Stellen vom Flugsand ausgebnet, setzte sich die Küste von Grærup nach Südost zum Gjedbjerg im Südwesten von Oxbøl fort. Vom Blaabjerg und gegen Süden begann sich gleichzeitig ein breiter Gürtel von steinigen Strandwällen abzulagern, wodurch die Küstenlinie, die während der Landsenkung beständig nach Osten vorgeschoben worden war, ohne dabei jedoch ganz an den Filso heranzukommen, jetzt wieder gegen Westen hinausgerückt wurde. Der Küstenstrom, der das Material für die Strandwälle in der Richtung N-S herbeiführte, folgte nicht der damaligen Küste, dort wo sie in süd-östlicher Richtung zum Varde-Aa einbog, sondern er lief vom Küstenvorsprung bei Grærup in südlicher Richtung nach dem Horns Rev hinaus. Dadurch bildete sich südlich eine Halbinsel in der Richtung des Küstenstromes, ähnlich der Skalling von heute. Die steinigen Strandwälle lassen sich gegen Süd ein Stückchen bis hinter Vejrs verfolgen; weiter südlich nimmt dann die Menge der Steine ab, und auf Blaavandshuk

¹ AXEL JESSEN: Kortbladet Blaavandshuk. Danmarks Geologiske Undersøgelse I. R., Nr. 16. København 1925, S. 35—38.

zu gibt es nur Sand. Einen Begriff von der Menge des zum Aufbau des neuen Landes herbeizuschaffenden Sandes und Gerölles erhält man aus den vorhin erwähnten Bohrungen, bei welchen Strandsand mit unserer heutigen Fauna bis zu mehr als 20 m unter dem Meeresniveau gefunden wurde. Die Bucht innerhalb der neugebildeten Halbinsel wurde allmählich mit Sand ausgefüllt und es bildete sich die grosse Fläche der Kalsmærsk-Heide.

Als die Anlandung gegen Süden bis in das innere östliche Ende des Horns-Rev vorgeschritten war, wurde hier ein weiteres Vordringen in dieser Richtung unmöglich. Die Küste drehte also nach Ost-Süd-Ost zuerst längs einer Linie von Blaavandshuk über Oxby hinaus Süd von Ho, dann etwas südlicher in der Richtung Fanø, wodurch sich die Halbinsel Skalling bildete.«

Weiter gegen Süd-Westen lassen sich Spuren einer zweiten Küstenlinie, jünger als die Grærup-Linie, nachweisen.

AXEL JESSEN¹ erwähnt das Vorkommen von Strandwällen Süd von Oxby mit nussgrossen Geröll ca. 4 m ü. M. und er sagt von ihnen: »Es ist sehr wahrscheinlich, dass die isolierten Geröllbänke bei Oxby, die nicht in ein grösseres System von Strandwällen eingefügt werden können, zum wesentlichen Teil unter ungewöhnlichen, selten eintreffenden Naturereignissen (Sturmfluten) entstanden sind«.

Einige Strandwälle südlich von Oxby gehören zwar zu einem grösseren System, das allerdings was Ausdehnung und landschaftliche Bedeutung anbelangt weit geringer ist, als die entsprechenden Formationen nördlich von Blaavandshuk.

¹ AXEL JESSEN: Kortbladet Blaavandshuk. Danmarks Geologiske Undersøgelse I. R., Nr. 16. København 1925, S. 38.

Das Geröll lässt sich nämlich als eine ununterbrochene Reihe von einem Punkt bei Oxby bis an den Südsaum der Halbinsel Nyeng, also auf einer ca. 7 km langen Linie verfolgen. Eine ähnliche Bildung finden wir an dem südlichen Eck von Langli, wo die Strandwälle eine Höhe von ca. 2,3—2,5 m über Normalhochwasser erreichen. Es ist kaum in Frage zu stellen, dass diese Kiesbänke ein zusammenhängendes System von beiläufig gleichem Alter bilden.

Wichtiges Material zum Verständnis der landschaftlichen Entwicklung dieses Teiles von Dänemark ist die Ausbreitung der Marschen und ihr Höhenverhältnis. Die Grundzüge derselben sind in Arbeiten von AXEL JESSEN aus den Jahren 1916 und 1925 niedergelegt. In der ersten Arbeit, »Marsken ved Ribe«¹ heisst es, »dass die alte, mit ihrer Bildung fertige Marsch überall innerhalb des nordjütländischen Marschgebietes (Manø ausgenommen, wo die Marschbildung vielleicht auch jünger ist) ungefähr die gleiche Höhe ü. M., und zwar 2 m erreicht. Dies gilt sowohl gegen Norden in der Hjerting-Bugt, wie gegen Süden bis zur schleswigschen Grenze, als auch gegen Osten entlang des Geestrandes und drinnen in den »Fjorde« und Buchten, die gegen Westen frei enden, mehrere km von der Geest und auf Fanø. Diese erhöhte und gleichartige Lage kann nur so erklärt werden, dass das Land sich hob, nachdem die Aufschlickung zum grössten Teil beendet war«. Man muss darum mit einer Landhebung von 1,2—1,4 m seit der Bildung der Hohen Marsch rechnen.

Längs der Nord- und Westküste der Ho-Bugt vom Varde-Aa bis Nyeng, südöstlich von Ho, findet man diese alte Marschbildung als fast ununterbrochenen Gürtel. Auch an

¹ AXEL JESSEN: Marsken ved Ribe. Danmarks Geologiske Undersøgelse II. R., Nr. 27. København 1916, S. 46.

der Nordseite von Langli und ferner auf Fanø trifft man sie.

Hingegen fehlt diese Hochmarsch auf der Skalling, denn wir finden hier Schlick nicht höher als bis zu dem Niveau des heutigen Springfluthochwassers.

AXEL JESSEN nimmt mit SOPHUS MÜLLER an, dass die Hochmarsch recht spät, am frühesten in der nordischen Bronzezeit entstanden ist, möglicherweise zu einem etwas späteren Zeitpunkte derselben.

Das Fehlen der alten Hochmarsch auf der Skalling muss in Zusammenhang mit folgenden Umständen betrachtet werden. Die früher erwähnte Strandlinie Oxby-Langli muss zu einer Zeit gebildet worden sein, wo das offene Meer freien Zugang zu dieser Linie hatte. Das beweist das nussgrosse Geröll und das reiche Vorkommen von solchen Mollusken, wie sie von den Wellen an den offenen Strand geworfen werden, und zwar *Buccinum*, *Ostrea*, *Nassa*, *Mytilus* (grosse Formen), *Cardium* (grosse Formen).

Aus der eingehenden morphologischen und biologischen Untersuchung ist hervorgegangen, dass der mittlere Teil der Halbinsel, nämlich die Landschaft um den Svenske Knolde, älter als die nördlich und südlich davon gelegenen Örtlichkeiten ist, und zweifellos war es dieser Teil, der sich zuerst aus dem Meere hob, als Land von ähnlicher Beschaffenheit wie der Sören Jensen Sand der Gegenwart, südlich von Graadyb. Durch Sandzufuhr und Landhebung bildete sich hier eine ausgedehnte Sandfläche, wo die Dünenbildung sich allmählich durchsetzte, Dünenpflanzen einwanderten und das Meer zu Land wurde. Nach und nach wurde die Verbindung mit dem Festland hergestellt und die Skalling war zur Halbinsel geworden.

Die durchlaufene Entwicklung dürfte also in Kürze die folgende sein:

Zur Bronzezeit lag die Landschaft um die Ho-Bugt ca. 1,2 m tiefer als heute. Die Strandlinie lief längs der Linie Oxby—Langli. Auf Langli, »die Skalling der Bronzezeit« entstand eine Dünenlandschaft; in der innerhalb derselben liegenden Bucht fand eine lebhafte Marschbildung statt. Später wurden die um den Svenske Knolde auftauchenden Hochsande allmählich festes Land, das an Ausdehnung zunahm und zu der Skalling der Gegenwart wurde. Die letzte Phase dieser Entwicklung lässt sich an der Hand von älteren und neueren Karten über die Skalling verfolgen.

Zu dem Zeitpunkt, da die Küstenlinie Oxby—Langli sich bildete, dürfte die Skalling also kaum existiert haben.

Das geht noch aus einem andern Umstand hervor: lange Zeit hindurch war mir die Dünenbildung auf Langli ein Rätsel, insofern als die gegenwärtigen Naturverhältnisse auf der Insel nichts darbieten, was auf eine Zufuhr von Sand schliessen liesse. Gegenwärtig findet keine neue Dünenbildung auf dieser Insel statt und dessen ungeachtet ist ungefähr die Hälfte der Insel von hohen, gut ausgebildeten Dünen erfüllt, die ein gewisses Alter haben. Es liegt dann nahe, die Dünenbildung auf Langli und die Entstehung der Strandwälle als gleichzeitig vor sich gehend anzunehmen, und zu vermuten, dass diese beiden Ereignisse stattfanden, zu einer Zeit, wo die Skalling nicht existierte, wahrscheinlich jenem Zeitpunkt, wo die Hochmarsch sich bildete.

Diese übereinstimmenden Verhältnisse bringen uns also zu der Annahme, dass die Skalling jünger als die Hochmarsch, das heisst somit jünger als die Bronzezeit sein muss.

3. Küstenveränderungen in den letzten 200 Jahren.

Skalling Krog. Den ältesten topographischen Bericht über die Skalling gibt uns JENS SØRENSEN in seinen Beobachtungen auf seiner grossen Fahrt mit dem Meilenwagen (Milevogns-Rejse) im Jahre 1695. Vom 30. Juli bis 1. August arbeitete er in der Gegend von Blaavand, Oxby und Ho¹.

Aus seinen sorgfältigen Aufzeichnungen und Vermessungen und den auf dieser Grundlage ausgearbeiteten Karten geht hervor, dass der Verlauf der damaligen Küstenlinie recht wesentlich von der heutigen abweicht.

Die Karte belehrt uns, dass die Ho-Dyb damals eine tiefe Einbuchtung — den Skalling-Krog — zwischen Ho und die Skalling einschob an jener Stelle, wo heute die Grønning liegt. Allerdings ist es schwierig aus einer Karte mit einem so kleinen Masstab wie Jens Sørensens mit Sicherheit festzustellen, wo das Ende der Bucht zu jenem Zeitpunkt, nämlich 1695, lag, hier kommen uns seine Tagebuchaufzeichnungen zu Hilfe. Aus seinen Karten, Rutenangaben und Peilungen geht nämlich hervor:

- 1) Dass das Ende des Skalling-Krog ungefähr südlich von Øster Oxby gelegen hatte.
- 2) Dass die Breite der Bucht Süd von Ho ca. $\frac{1}{2}$ Quartmeile bei Flut (Tagebuch v. 31. Juli) und ca. 80 Klafter bei Ebbe betrug. Die Tiefe der Rinne war in letzterem Fall $1\frac{1}{2}$ —2 Klafter (Tagebuch v. 1. August).
- 3) Dass i. J. 1695 Süd von Ho, an der Ho-Dyb ein Fischerdorf lag, und hier die Boote an Land gezogen wurden.

Die Karte der Gesellschaft der Wissenschaften (1804) zeigt, dass sich das Areal des Skalling-Krog schon 100 Jahre

¹ JOHANNES KNUDSEN: Søkortdirektør JENS SØRENSEN. København 1913. S. 136—39.

später etwas vermindert hatte. Selbst wenn man mit einer gewissen Unsicherheit in Jens Sørensens kartographischer Darstellung des Skalling-Krog rechnet, so ist der innerste Teil desselben doch so auffallend anders gezeichnet, dass in den verflossenen hundert Jahren eine namhafte Anlandung im westlichen und südlichen Teil der Bucht stattgefunden haben muss. In der Länge ist sie um ca. 1 km reduziert und auch an Breite hat sie stark verloren, wenngleich es nicht möglich ist aus dem vorliegenden Material einen zuverlässigen zahlenmässigen Ausdruck für die Grösse der Landgewinnung zu geben.

In dem Zeitraum von 1804—1870 sind die Veränderungen besonders auffallend, insofern der Skalling-Krog sich mit grossen Sandmassen ausfüllte, so dass die Bucht in der Tat ganz verschwand. Die Verschiebung der Küstenlinie in diesen 66 Jahren beträgt ca. 4 km. Ein Teil der früheren Bucht trennte sich ab, und bildete einen Süsswassersee, der allmählich mit Rohr zuwuchs und zu der heutigen Grønning wurde.

Von 1870—1910 hat sich die Küstenlinie noch weiter gegen Ost verschoben. Es bildete sich aus der abgesperrten Grønning ein Ablauf, die Havnegrøft, die ungefähr der alten Küstenlinie Süd von Ho folgte und die Mündung dieses Bachlaufes wurde ständig aussenwärts verrückt. In den 40 Jahren von 1870—1910 betrug die Verschiebung ca. 1 km und diese Entwicklung hat sich auch seit 1910 weiter fortgesetzt. Die Anlandung der letzten 20 Jahre ist an der breitesten Stelle 100 m.

Die Entwicklung der letzten 235 Jahre hat also zu dem Ergebnis geführt, dass heute der Skalling-Krog, eine ca. 7 km lange und 1 km breite Bucht

aufgefüllt und in Sandflächen, Wiesen und Rohrfelder verwandelt ist.

Die Ursache dieses bedeutenden Landzuwuchses ist in folgendem Umstand zu suchen: Der Wind trägt alljährlich grosse Sandmassen von den Strandflächen längs der Meeresküste über die Skomagerslette hinein, und hier bleibt er vorläufig als niedrige Dünenketten liegen. Diese werden vom Meer in grösseren oder kleineren Zwischenräumen ausgeebnet und das Material wird quer durch die Halbinsel getragen und dann dort abgelagert, wo das überschwemmende Wasser die Flutwelle von der Ho-Bugt trifft.

Küstenveränderungen an der Innenseite der Skalling. Ungeachtet der Schwierigkeit infolge der Breite der Gezeitenzone heute die Küstenlinie festzulegen, welche Schwierigkeit natürlich mit Rücksicht auf die in älteren Karten angegebene Küstenlinie noch erheblich grösser ist, lässt sich dennoch feststellen, dass die erwähnte Anlandung bei Skalling-Krog ein Stück gegen Süden ausgedehnt war. Bei einem Vergleich der Vermessungen des Generalstabes von 1910 mit den von uns durchgeführten Messungen ergibt sich, dass der Landzuwuchs der letzten 20 Jahre ca. 1400 m längs der Küste gegen Süd-Ost zu konstatieren ist. Ebenso ist ein recht starker Landverlust am Skalling-Ende, der nördlich bis zu der 1905 errichteten Pfahlabspernung reicht, vermerkt worden. Der Verlust war in der Richtung Süd am stärksten und beträgt hier ca. 250 m. Der Prozess hat sich auch in den allerletzten Jahren mit grosser Kraft fortgesetzt, indem vom $^{20}/_{10}$ 1930— $^{15}/_{7}$ 1933 ein Streifen von ca. 25 m Breite weggespült worden ist.

Die Veränderungen der Küstenlinie bei Graadyb und entlang der Nordseeküste sind für diese Arbeit ohne Be-

deutung und sollen daher ausser Acht gelassen werden. Hingegen könnte es zweckmässig sein, auf die an anderer Stelle S. 30 in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Veränderungen des Pflanzenwuchses auf den, den Gezeiten ausgesetzten Strecken entlang der Ho-Bugt, hinzuweisen.

4. Die Landschaftstypen der Skalling.

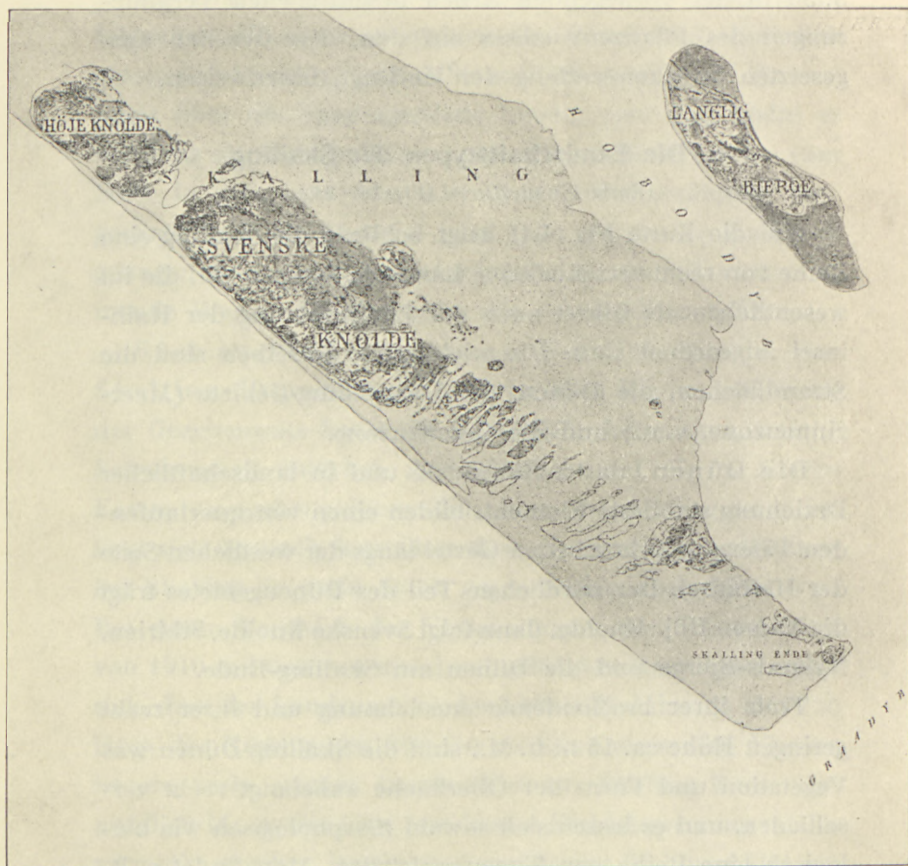
(Karte I und II). — (Fig. 16—24.)

Wie die Karte Fig. I-II zeigt, schliesst die Skalling eine Reihe von recht verschiedenen Landschaftstypen ein, die im wesentlichen als Gürtel nach der Längsrichtung der Halbinsel angeordnet sind. Die wichtigsten derselben sind die Strandflächen, die Dünen, die Havrending-Gebiete (Meerrinnenzone, s. u.) und die Gezeitenzone.

Die Dünen, das auffallendste und in landschaftlicher Beziehung stabileste Element, bilden einen von querlaufenden Tälern unterbrochenen Gürtel längs der westlichen Seite der Halbinsel. Der nördlichste Teil des Dünengebietes trägt die Namen Høje Knolde, dann folgt Svenske Knolde, Sibirien, Nylands-Bjerge und die Dünen am Skalling-Ende.

Trotz ihrer bescheidenen Ausdehnung und ihrer recht geringen Höhe ca. 15 m ü. M., sind die Skalling-Dünen was Vegetation und Form der Oberfläche anbelangt recht verschieden, und es lassen sich sowohl morphologisch wie biologisch eine Reihe von Typen aufstellen. Man findet z. B. die ganz junge, weisse Düne und die alte, graue Düne neben zahlreichen Zwischenstadien und ausserdem Sonderformen wie Heide und Flächen mit Weidengesträuch. Man trifft Gebiete, wo Aufbau und Anlandung zur Zeit die vorherrschenden morphologischen Faktoren sind, und andere wo wieder die destruktiven Faktoren dominieren. Eine beson-

dere morphologische Einheit bilden einige hochliegende ebene Dünenplatten der Høje Knolde und Svenske Knolde,



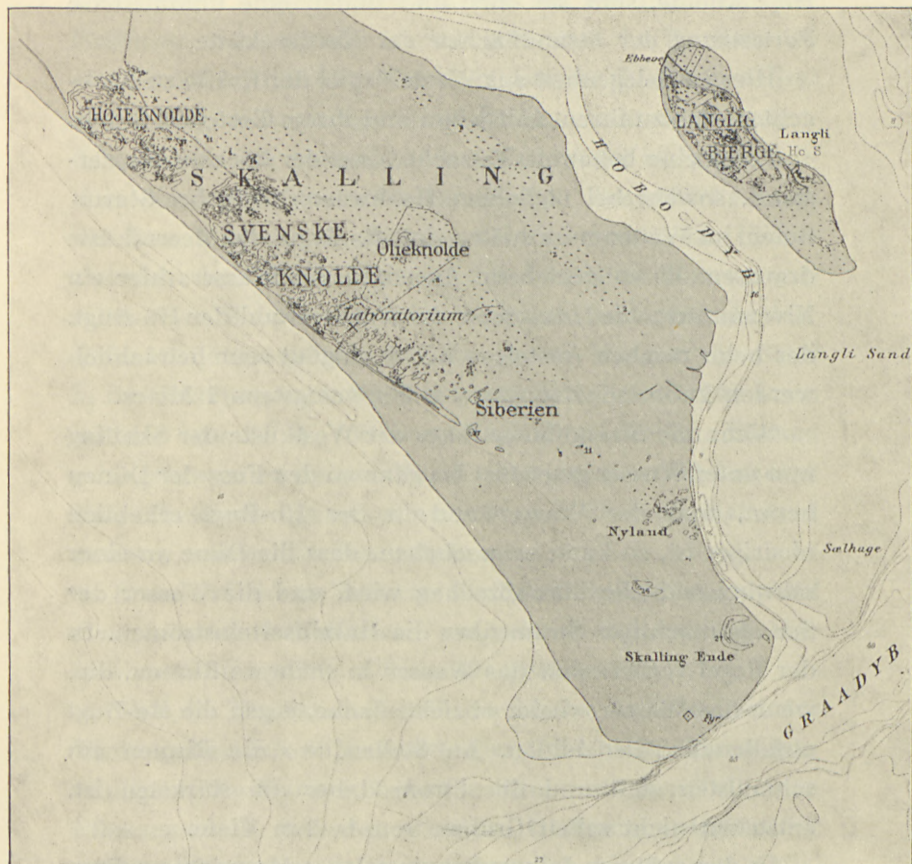
Karte I.

Die Skalling 1870. 1:70000.

eine andere entsteht durch das Zusammenspiel des Sandtreibens mit der nivellierenden Tätigkeit der Sturmfluten.

Die Havrendinger. (Fig. 21). In landschaftlicher Beziehung charakteristisch für einen grossen Teil der Halbinsel sind einige Niederungen, die beiläufig winkelrecht zur

Längsrichtung der Halbinsel verlaufen, getrennt von einander durch niedrige Sandrücken, die stellenweise zu etwas höheren



Karte II.

Die Skalling 1910. 1:70000.

Dünen sich erheben. Der Boden der Niederungen fällt von der Innenseite der äusseren Stranddüne gleichmässig gegen das flache tiefe Land an der Ho-Bugt ab, in dasselbe ohne irgendwelche Hindernisse übergehend. Die meisten der Niederungen (Slunner oder Slunder, wie sie hierorts genannt

werden) sind gegen Westen von Stranddünen abgeschlossen, nur an zwei Stellen, nämlich bei Sibirien und Nord von Høje Knolde, sind sie offen und bilden eine unmittelbare Fortsetzung der Strandflächen der Nordseeküste.

Hier ist Gelegenheit das Wechselspiel der Kräfte zu beobachten, das zu ihrem Entstehen und ihrem Bestehen führte.

Es ist eine bekannte Tatsache, dass der höchste Wasserstand, sowohl bei täglichem Hochwasser, wie bei Sturmfluten, im Wattenmeer später eintritt, als an der Meeresküste draussen. Es entsteht beim Ansteigen des Wassers hier ein Niveauunterschied zwischen der Nordsee und der Ho-Bugt, der beim raschen Ansteigen der Springflut sehr beträchtlich werden kann, schätzungsweise bis wenigstens 2 Meter.

Wenn die Strandfläche längs der Westküste der Skalling nun unter Wasser gesetzt ist bis ganz an den Fuss der Dünen heran, und der Wasserstand in der Ho-Bugt erheblich niedriger ist, so kann es geschehen, dass die Düne an einer schwachen Stelle durchbrochen wird, und die Wasser der See als mächtiger Strom über die Halbinsel einströmen. In der Regel verteilt sich das Wasser in mehrere Rinnen, die, wenn das Wasser wieder abzieht, flache, gegen die Ho-Bugt abfallende Täler bilden. An Stellen, wo die Rinnen am schmälsten sind und der Strom daher am stärksten ist, entstehen nicht selten Gräben von 1—2 m Tiefe.

In den späteren Jahren hat ein solches Meerrinnen »Havrendinger« nur an diesen beiden Örtlichkeiten stattgefunden, bei Sibirien und an der Skomagarslette, doch hat ein Studium der Landschaftsformen längs der Ostseite des Dünen-gürtels in Verbindung mit einer Untersuchung der Bodenverhältnisse ergeben, dass derartige Durchbrüche früher längs der ganzen Halbinsel stattgefunden haben.

Das Entstehen der »Havrendinger« verursacht mächtige

Materialwanderungen quer über die Halbinsel und sie waren ein stark mitwirkender Faktor bei der Bildung der schwach abfallenden, ausgedehnten Flächen auf der Innenseite der Halbinsel, dort, wo die Marsch jetzt stark im Wachsen ist.

Die Strandfläche. Westlich von der Dünenzone liegt eine nackte und sandige Strandfläche, die an ihrem nördlichen Ende nur wenige hundert Meter breit ist, gegen Süd aber zu einer kilometerbreiten, ebenen Strandfläche wird. Der Strand ist so gut wie ganz steinfrei und da die Fläche zwischen dem Meeresufer und den Dünen im Sommer nur selten vom Wasser überspült wird, geht hier ein sehr lebhaftes Sandtreiben vor sich, das grosse Mengen von Sand in der Richtung nach Ost fortschafft. Wo diese Sandmassen zu den durch die »Havrenderiger« gebildeten Ebenen gelangen, werden sie vom Wind weitergetragen und wandern ohne Hindernis irgendwelcher Art quer über die Halbinsel in ihrer ganzen Breitenausdehnung.

Etwas östlich von dem eigentlichen Dünengebiet, getrennt von diesem durch niedere, ausgeebnete Dünen liegt eine isolierte Dünenpartie, Olieknolde genannt.

Was die Vegetation betrifft, so ist der östliche Teil der Skalling ziemlich differenziert. Das Gebiet der alten »Havrenderiger«, die Slunnen, haben in ihrem östlichen Teil einen Pflanzenwuchs, den man als einen Übergang zwischen der grauen Düne und der Süsswasserwiese bezeichnen muss, der aber nach der Ho-Bugt zu immer mehr den Charakter der Salzwasserflora annimmt. Der östliche Teil dieses Gebietes liegt noch oberhalb jener Zone, die bei Springfluten unter Wasser gesetzt wird, doch die ausserordentlichen Hochwässer überschwemmen kleinere oder grössere Teile des Bodens. Selbst diese nur gelegentlichen Hochwässer sind im Stande sowohl morphologisch wie biologisch die

Landschaft bis zu einem gewissen Grad zu prägen. Die Dünen zeigen hier alle eine ganz charakteristische Nivelierung, die besonders auffällt, wenn die Heumahd beendet ist.

Die Binnenmarsch. Die äusserste Zone festen Landes oberhalb der Springflutgrenze. Die Binnenmarsch zeigt eine üppige Marschvegetation zierlich gesondert in scharf abgegrenzten Streifen, wie sie Boden und Feuchtigkeit bedingen. Dieser Teil der Halbinsel bietet ganz gute Voraussetzungen für Graswirtschaft und Schafweide und er hat darum einiges erwerbsmässiges Interesse.

Die Gezeitenzone. Sie umfasst den östlichsten und am tiefsten gelegenen Teil der Skalling und geht von den Havrendering Sibiriens im Süden bis zur Havnegrøft im Norden. Der Gürtel ist ungefähr 1 km breit und ungefähr 8 km lang. Südlich der Pfahlspernung von 1905 ist die Gezeitenzone ganz schmal, weil sich hier die Hobo-Dyb ins Land einschneidet, und hier eine so tiefe Rinne mit so steilen Wänden bildet, dass man selbst von ziemlich grossen Booten an Land springen kann.

Der Abstand zwischen Flut- und Ebbelinie bei Springflut ist in der Mitte der Halbinsel etwas mehr als 2 km, doch nur die innerste Hälfte des Gebietes ist von einer solchen Beschaffenheit, dass man es als Land bezeichnen kann. Die äussere Hälfte ist Arenicola-Watt, das aber an manchen Stellen andere Tiergemeinschaften, in welchen *Corophium* und Mollusken vorherrschen, aufweist.

Sowohl terrainmässig wie biologisch ist zwischen dem Arenicola-Watt und dem Landteil der Gezeitenzone eine scharfe Grenze. Von 1931—33 wurde von HARALD THAMDRUP unter Mitarbeit mehrerer anderer an der Skalling-Untersuchung teilnehmenden Gelehrten, eine sehr genaue Untersuchung über das Sandwurm watt vorgenommen, und da

die Veröffentlichung des hier zuwege geschafften Materiales nahe bevorsteht, soll diese Landschaftstypen hier nicht behandelt werden.

Hingegen wird im speziellen Teil der vorliegenden Arbeit ein detaillierter Bericht über die Naturverhältnisse im Landteil der Gezeitenzone gebracht, dem Schauplatz dieser Untersuchungen.

B. Exakte Sedimentationsmessung.

1. Gefärbter Sand als Hilfsmittel zum Studium der Sandflucht.

Anlässlich einiger Studien über die Sandflucht und die durch diesen Prozess entstandenen Landschaftstypen, war ich 1928—29 auf gewisse Mängel unserer Kenntnis über den Charakter und die Wirkungen dieses Prozesses aufmerksam geworden, die auf den Umstand zurückzuführen sind, dass man das primäre Phänomen nicht genügend studiert hatte; nämlich das Wegtragen des Sandkornes durch den Wind, die Art und Weise der Fortbewegung, den Vorgang der Ablagerung und die notwendigen und zureichenden Bedingungen für das Auftreten der Sandflucht und die Ablagerung des Sandes.

Dadurch begann ich mit dem Gedanken zu arbeiten, ob es sich nicht tun liesse, auf direktem Wege die Flucht des einzelnen Sandkornes zu bestimmen, wenn es vom Wind in Bewegung gesetzt wird. Dies konnte jedoch nur geschehen unter der Voraussetzung, dass die einzelnen Partikeln oder die Partikelmengen auf irgend eine Weise kenntlich gemacht würden, so dass ihre Bewegung verfolgt und das Sandkorn vor und nach dem Flug verifiziert werden konnte. Das ein-

fachste Verfahren, dies zu erreichen, musste sein, den Sandkörnern irgend eine Farbe beizubringen, die leicht kennbar war, ohne dass dadurch die physischen Eigenschaften des Sandes verändert würden.

Um die Möglichkeiten für ein solches Verfahren zu prüfen, wurden im Frühjahr 1930 eine Reihe von Laboratoriumsversuchen mit Färben von Dünensand angestellt, die später durch einige Experimente im Dünengebiet von Tisvilde (Seeland) ergänzt wurden. Die Schwierigkeit, ein brauchbares Verfahren zu finden, lag unter anderm darin, ein so augenfälliges Färbemittel zu bekommen, dass die gefärbten Körner leicht von den ungefärbten zu unterscheiden waren, und das sich dazu mit hinreichender Festigkeit an die Oberfläche der Quarzkörner band. Nach Beratung mit mehreren Chemikern wurden folgende Farbstoffe geprüft:

- 1) Fuchsin in 5 % alkoholischer Lösung.
- 2) Pikrinsäure in 1 % wässriger Lösung.
- 3) Rote Fruchtfarbe in wässriger Lösung.
- 4) Methylviolett in wässriger und alkoholischer Lösung von verschiedener Stärke von 0,1 %—1 %.
- 5) Sudanrot, gelöst in einer Mischung von gleichen Teilen Benzin und Benzol. Der Ausgangspunkt war eine 1 % Lösung in Benzol, die mit einem entsprechenden Volumen Benzin verdünnt wurde; ab und zu erhöhte man das Quantum, so dass die Lösungen zwischen 0,1—1 % variierten. Die Verdünnung geschah aus ökonomischen Gründen, da Benzin leichter und billiger zu beschaffen ist als Benzol.

Die Versuche ergaben folgendes Resultat: Die angewandte Standardlösung von Fuchsin liess sich bis zu 4 mal mit

Wasser verdünnen, ehe ein Ausfallen des Farbstoffes eintrat und selbst diese verdünnten Lösungen gaben unmittelbar nach der Anbringung ein sehr günstiges Resultat in Form einer starken tiefroten Farbe, die jedoch beim Trocknen matt und dann dunkelgrünlich wurde, und in dieser Form wenig kenntlich und darum für unsern Zweck ungeeignet war. Die Pikrinsäure gab eine grellgelbe Farbe, zeigte aber Tendenz zur Auskristallisierung, wodurch sich der Farbstoff konzentrierte, statt sich gleichmässig über die Sandkörner zu verteilen, und da er infolge seiner Giftigkeit sich schwer in grösserem Ausmass in der Natur verwenden liess, musste auch dieser als weniger geeignet ausgeschaltet werden und ebenso verhielt es sich mit der roten Fruchtfarbe, deren Färbekapazität wesentlich geringer war, als die der beiden nächsten Stoffe. Hingegen hatten sowohl Methylviolett wie Sudanrot die gewünschten Eigenschaften und die eigentlichen Versuche sind darum mit diesen beiden Stoffen ausgeführt.

Methylviolett lässt sich leicht in Alkohol auflösen und schwer in Wasser. Es verleiht den Sandkörnern eine leicht kenntliche violette Färbung, die sich beim Eintrocknen hält, und im Übrigen keine von den Nachteilen hat, die den anderen Stoffen anhaften. Das Färben gelingt am besten mit alkoholischen Lösungen, da die wässerigen Lösungen recht langsam trocknen und etwas die Tendenz haben die Sandkörner zusammen zu kleben, und diese beiden Eigenschaften schliessen in einer Reihe von Fällen ihre Anwendung aus.

Sudanrot gehört zu den sogenannten fettlöslichen Anilinfarbstoffen. Es ist in Wasser unlöslich, löslich aber in Benzol und in etwas geringerem Grad in anderen flüssigen Kohlenwasserstoffen wie Benzin. Es gibt den Sandkörnern eine

sehr starke klare, rote Färbung, die sehr auffallend ist und gleichzeitig stark an den Körnern haftet. Die Vorteile bei der Anwendung von Sudanrot sind zahlreiche: Es verursacht keine Krustenbildung und die Beweglichkeit der Sandkörner wird, soweit es sich konstatieren lässt, von der Färbung nicht beeinflusst. Bei Versuchen mit Sand, der in Bewegung ist, ist es ein grosser Vorteil, dass der Färbungsprozess in möglichst kurzer Zeit die physisch-mechanischen Veränderungen durchläuft, und bei Fällen wie dem vorliegenden muss darum absolut die Anwendung von Sudanrot angeraten werden, da sowohl Wasser wie Alkohol langsamer verdampfen als Benzol und Benzin, und es mit diesen Lösungen also bedeutend länger dauern würde, ehe die gefärbte Fläche in mechanischer Beziehung wieder normal wäre.

Bei Versuchen von kurzer Dauer kann man in gewissen Fällen mit ebenso guter Wirkung Methylviolett verwenden, bei länger währenden muss Sudanrot vorgezogen werden, da ersterer Stoff etwas in Wasser löslich ist. Die mit Methylviolett gefärbte Sandschicht kann darum bei Durchsickerung mit Wasser möglicherweise ausgewaschen werden, sodass ein Teil des Farbstoffes sich den darunter liegenden Schichten mitteilt, wodurch eine Abgrenzung nach unten zu schwierig wird. Die Abgabe des Farbstoffes geht jedoch ziemlich langsam vor sich und selbst ein so gründliches Auswaschen wie mit einer 4—5 fachen Wassermenge 5—6 mal wiederholt, bringt keine vollständige Entfärbung des Stoffes zustande; es ist möglich selbst mit dem blossen Auge nach einem solchen Prozess die Farbe zu unterscheiden, und bei der nachstehend beschriebenen Reaktion ist das erhaltene Resultat ein ausserordentlich günstiges. Ein vollkommenes Auswaschen einer gefärbten Sandschicht wird in der Natur kaum je stattfinden, auf keinen Fall in den Versuchszeiten

von wenigen Jahren, wie sie vorläufig in Frage kommen; doch auch ein partielles Auswaschen kann gewisse Übelstände mit sich bringen und darum muss die Anwendung von Methylviolett für Experimente dieser Art eine einigermaßen begrenzte bleiben.

Die Vorteile bei Anwendung von Sudanrot erwiesen sich als so grosse, dass man trotz praktischer Nachteile wie Kostspieligkeit, Transportschwierigkeiten, Feuergefährlichkeit etc., bei Verwendung des Stoffes in grösserem Ausmass, diesen dem Methylviolett vorzog, ausgenommen zu speziellen Zwecken, während die anderen durchgeprobten Farbstoffe bei Vornahme der eigentlichen Versuche überhaupt nicht in Betracht kamen.

Das Verfahren bei Anbringung der Farblösung musste sich natürlich nach der Beschaffenheit des zu Färbenden und nach der Versuchsordnung überhaupt richten.

Inwiefern eine gegebene Sandprobe gefärbte Sandkörner enthält oder nicht, kann in gewissen Fällen aus einer direkten Beobachtung der Sandkörner entschieden werden. Wenn es sich um grössere Mengen gefärbter Körner handelt, so lassen sie sich mit freiem Auge wahrnehmen, sonst muss Lupe oder Mikroskop zu Hilfe genommen werden und bei einem solchen Verfahren geht man ganz sicher, da selbst einzelne Körner auffallen und scharf von den ungefärbten hervorstechen. Sollte dennoch irgendwelche Unsicherheit bestehen, so kann folgende Methode in Anwendung gebracht werden: Man schüttelt ein Quantum von ca. 10 cm^3 Sand in einer reinen Flasche, die $20\text{--}30 \text{ cm}^3$ einer Flüssigkeit enthält, in der der angewendete Farbstoff löslich ist, und es werden dann, dadurch dass sich die Flüssigkeit färbt, selbst ganz minimale Mengen kenntlich werden. Die beiden bei der Untersuchung angewendeten Farbstoffe wurden auf diese

Art durch Auswaschen in 96 % Alkohol, resp. reinem Benzol nachgewiesen. Da Sudanrot in Alkohol nicht löslich ist, kann man bei zweifacher Färbung, die in manchen Fällen von Wert sein kann, die Probe zuerst mit Alkohol auf Methylviolett machen und dann nachdem die Probe getrocknet ist, dieselbe mit Benzol ausziehen, wodurch man die Probe auf Sudanrot erhält.

Bei der Arbeit auf der Skalling i. J. 1930, wo die Bedingungen für die Schaffung von Versuchsfeldern ausserordentlich günstige waren, wurde eine Reihe von Versuchsordnungen zur Beobachtung und Messung der unter der Sandflucht stattfindenden Prozesse ausgearbeitet. Eine derselben ist folgende:

Auf Flächen, wo sich Flugsand abgelagerte, wurde die Mächtigkeit der Anlagerung dadurch gemessen, dass man die Oberflächenschicht einfach färbte. Dadurch war es möglich, zu jedem beliebigen Zeitpunkt des Sommers die Stärke der seit dem Färben angelagerten Sandschicht zu messen.

Das Färben selbst ging so vor sich, dass man die Farblösung mit Hilfe einer Spritze auftrug, die durch verschiedene Zerstäuber für eine geeignete und gleichmässige Verteilung der Sudanrotlösung auf die zur Beobachtung ausersehene Fläche sorgte.

Durch Oberflächenfärbungen auf Geländen, wo der Sand in Bewegung war, stellte man eine Reihe von Versuchen über die Wanderungsprozesse des Sandes an, die zusammen mit späteren Messungen und Beobachtungen ein ganz ansehnliches Material zur Beleuchtung des Charakters und der quantitativen Verhältnisse dieser Prozesse gaben. Besonders beachtenswert sind Messungen aus den sogenannten Rippelmarken, die Sandwanderungen darstellend, doch sind diese Messungen noch nicht beendet und gelangen darum erst zu

einem späteren Zeitpunkt zur Veröffentlichung. Die ganz dünne rote Sandschicht behielt ihre Farbe ungeschwächt den ganzen Winter hindurch und alle Umstände liessen darauf schliessen, dass die Methode eine längere Reihe von Jahren zweckdienlich bleiben würde, was sich auch durch die späteren Beobachtungen bestätigt hat.

2. Die Anwendung von gefärbtem Sand bei Marschstudien.

In der Folge der allgemeinen Untersuchungen über die Skalling kartierte ich im Juli 1931 die Bodenbeschaffenheit eines bedeutenden Teiles der Halbinsel. Dabei ergab sich, dass längs der Ho-Bugt ein Gürtel läuft, der eine dünne auf Sand gelagerte Schlickschicht (bis ca. 10 cm Mächtigkeit) enthält, und dass innerhalb derselben wieder ein Streifen mit sandiger Oberfläche liegt; innerhalb dieses Gürtels waren die Bodenverhältnisse recht verworren und von stark wechselnder Art.

Bei täglicher Beobachtung dieses Gebietes kam mir der Gedanke, dass in der äusseren Schlickzone beständig eine Ablagerung stattfände. Die Möglichkeit war auf alle Fälle da, insofern als grosse Teile des Uferrandes selbst bei Nippfluten unter Wasser kamen.

Es lag denn nahe, die Idee der Messung von Anlagerungen im Sandfluchtgebiet auf die Marsch zu übertragen, doch sollte hier erst die Versuchsordnung den speziellen Verhältnissen, wie sie sich in der Zone der Gezeiten geltend machen, angepasst werden.

Während sich kahle oder schwach bewachsene Sandflächen durch direkte Übertragung der Farblösung färben lassen, muss auf bewachsenen Gebieten ein anderes Verfahren benützt werden. Hier würde nämlich die aufgetragene

Flüssigkeit an den Pflanzen hängen bleiben und nur in geringerem Grad in den Boden eindringen, und man läuft auch weiter Gefahr, dass eine Bespritzung mit Alkohol oder Benzol dem Pflanzenwuchs schaden könnte. Dies muss um jeden Preis vermieden werden, wenn die Ergebnisse der Versuche ein auch nur annähernd richtiges Bild von den Prozessen, wie sie frei in der Natur vor sich gehen, geben sollen.

Ich änderte also das Verfahren dahin, dass ich der Oberfläche, die ich kenntlich zu machen wünschte, eine dünne Lage vorher gefärbten Sandes auftrug, der so lange gefärbt worden war, dass das Lösungsmittel vollständig verdampft war. Da Sudanrot in Wasser unlöslich ist, so kann diese Bestreuung keinen Einfluss auf den Pflanzenwuchs haben, und keine Veränderung der natürlichen Bedingungen nach sich ziehen.

Für die Versuche im August 1931 wurden 5 Lokalitäten ausgewählt, die auf der Karte mit Nr. 1—5/31 bezeichnet sind. Auf den Probeflächen Nr. 1/31 und Nr. 5/31 wurde gefärbter Sand über ein Areal von ca. 10 m² ausgelegt, gegen die Probeflächen Nr. 2, 3, 4/31 ca. 100 m² betruhen. Der gefärbte Sand wurde in einer möglichst gleichmässigen Lage von ca. 2 mm Dicke aufgetragen.

Die Frage war nun, ob der Sand seine Farbe einen so langen Zeitraum hindurch bewahren würde, wie es für ein positives Ergebnis der Versuche von Notwendigkeit war, weiters ob im Versuchsgebiet eine Anlagerung stattfände, und ob diese so gross war, dass sich ihre Mächtigkeit innerhalb einer bestimmten Versuchszeit messen liess.

Gross war darum meine Freude, als ich am 2. Februar 1932, also nach Verlauf eines halben Jahres bei einer Grabung in Probefläche Nr. 2/31 die gefärbte Sandschicht wieder-

fand, rot und ganz unbeschadet sich darbietend, aber überlagert von einer frischen Schlickschicht von ca. 5 mm Mächtigkeit.

Die Haltbarkeit der Farbe auch in der Marsch und die überraschend grosse Aufschlickung berechtigten zu der Annahme, dass die Methodik brauchbar sei und eine Weiterführung und Erweiterung der Versuche aller Wahrscheinlichkeit nach zu Ergebnissen führen müsse. Ich beschloss, das Versuchsgebiet so weit auszudehnen, dass die ganze von Ebbe und Flut überspülte Fläche zwischen Olieknolde und Havnegrøft unter Beobachtung stand.

Dass ich den nördlichen Teil der Skalling Marsch für meine Versuche wählte und es unterliess im südlichen Teil der Halbinsel solche vorzunehmen, ist folgendem Umstand zuzuschreiben:

Wie in einer früheren Veröffentlichung¹ bemerkt, wird der südliche Teil der Skalling den ganzen Sommer hindurch als Schafweide benützt, während der nördliche Teil nur vom 24. August bis hinein in den Oktober für diese Zwecke gebraucht wird. Da die Schafe einen wesentlichen Teil ihrer Nahrung in der Aussenmarsch suchen, so ist die Vegetation in diesem ganzen südlichen Teil stark von der Abweidung geprägt, und die Oberfläche trägt überhaupt Spuren ihres Vorhandenseins. Ihre scharfen Hufe zerschneiden die Algenschicht der Oberfläche, und jeder Schaftritt steht scharf abgegrenzt in dem von den Hochfluten aufgeweichten Boden; über die ganze Marsch geht ein System von »Pfadern«, die täglich von so vielen Schafen begangen werden, dass die Vegetation vollständig zertreten ist; und dieser Umstand in Verbindung mit der intensiven Abweidung macht dieses

¹ NIELS NIELSEN: Jordfællesskabet paa Skallingen. Geografisk Tidsskrift, Bd. 36. København 1933, p. 100.

Gebiet für eine Messung der Marschbildung unter ungestörten Bedingungen wenig geeignet.

In dem ausgewählten Versuchsfeld sind keine dieser Nachteile vorhanden und da auch sonst keine anderen »künstlichen Einwirkungen« auf diesem Areal zu vermerken sind, keine Gräben, keine Pfahleinrammungen, kurz gesagt nichts, was den natürlichen Verlauf der biologischen und morphologischen Prozesse stören könnte, so ist es in hervorragender Weise für Experimente der vorhin skizzierten Art geeignet.

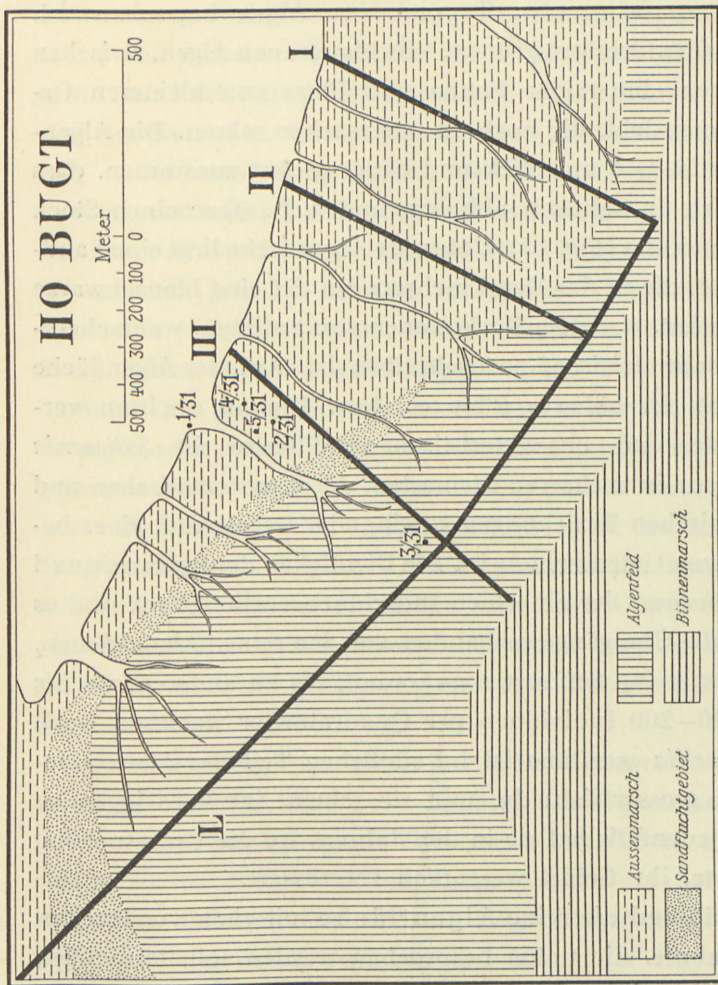
3. Das Versuchsgebiet.

(Karte III.)

Das Versuchsgebiet ist ungefähr 3 km lang und 1 km breit. Es umfasst mehrere Landschaftstypen, die sich in drei Hauptgruppen einteilen lassen und zwar:

- 1) Die Aussenmarsch,
- 2) Das Salicornia-Algenfeld (das Binnenwatt),
- 3) Das Sandfluchtgebiet.

Die Aussenmarsch (Fig. 1) hat in ihrem südlichen Teil eine Breite von ca. 1 km und erstreckt sich von der Fenne bis zum Rand der Ho-Bugt. Die ganze Bucht entlang zeichnet sich die Grenze zwischen dem Sandwatt und der äusseren Marschwiese ganz scharf ab, indem letztere als Steilrand von ungefähr 25 cm Höhe anhebt. Die Marschwiese ist gegen Süd am breitesten und sie setzt sich bis ganz hinunter zu den grossen Havrenderinger Sibiriens als kilometerbreite Fläche fort. Gegen Nord zu ist sie bedeutend schmaler, 100—200 m, läuft jedoch als zusammenhängender Streifen bis ganz zu den Wiesenstrecken an der Havnegroft Süd von Ho weiter.



Karte III. Das Versuchsareal an der Ho-Bugt. I, II und III bezeichnen die drei Querlinien, entlang welcher 8, 12 resp. 23 Probeflächen angelegt sind. Die Längslinie L hat im Ganzen 18 Probeflächen. Die Probeflächen 1—5/1931 sind besonders angezeichnet.

Das Binnenwatt. Diese zweite Hauptform im Terrain stellt eine ebene Fläche dar, die mit einem dichten und zusammenhängenden Teppich von Algen bewachsen ist, teils fadenförmigen grünen, teils blaugrünen Algen, zwischen welchen eine reiche Fauna und Flora von kleineren Organismen lebt, die noch zu untersuchen wären. Die Algendecke ist 1—2 mm dick und hängt so fest zusammen, dass man sie in Schollen abheben und z. B. über einen Stock hängen kann (Fig. 15). Unter der Algendecke liegt eine Sandschicht, die in der Regel mehrere cm tief eine blauschwarze Farbe hat, was dem Vorkommen von Sulfiden, wahrscheinlich Schwefeleisen, zuzuschreiben ist. Auf der Algenfläche besteht ein höheres Pflanzenleben. Die am meisten verbreitete und charakteristischste Pflanze ist *Salicornia herbacea* in mehreren Kleinarten, deren systematischen und biologischen Beziehungen zu einander Gegenstand einer besonderen Untersuchung ist. Die Dichtigkeit der *Salicornia* und der Zustand der einzelnen Individuen variiert stark und es sind alle Übergänge vorhanden, von den reinen Algenflächen, wo fast keine *Salicornia* vorkommt, bis zu anderen, wo bis zu 100—200 Individuen per Quadratmeter wachsen. Auch *Puccinellia maritima* ist im südlichen Teil des Algengebietes in grosser Zahl da, und sie scheint im Vordringen zu sein, jedenfalls hat sie in den Jahren, wo die Untersuchung dauerte, ihr Gebiet wesentlich vergrössert.

Während die reine Algenfläche mit einer vereinzelt Ausnahme, die unten besprochen werden soll, tatsächlich ganz eben ist, so trifft dies keineswegs bei jenen Flächen zu, die, mehr oder weniger reich, mit *Puccinellia* bestanden sind. Die mehrjährigen Büschelchen dieser Pflanze heben sich hier fast immer als kleine Bodenschwellungen über das Terrain und das Auge nimmt sie schon auf recht

grosse Entfernung wahr. Hingegen scheint die Form der Oberfläche nur wenig von der Intensität der *Salicornia*-Bewachsung beeinflusst; hier sind die Zwischenräume zwischen den einzelnen Büscheln der Pflanze mit Algen ausgefüllt, als Fortsetzung der Algendecke vom *Salicornia*-freien Teil des Geländes. Unregelmässig über dieses Terrain verteilt findet man einige kleine Vertiefungen, ganz flache Becken, mit einer horizontalen Ausdehnung von 5—50 m und einer Tiefe, die stets zwischen 10—12 cm wechselt. Die Algenschicht geht bis an den Saum dieser Becken heran, ohne sich jedoch auf dem Boden derselben fortzusetzen. Meist fehlen dem Boden Gefässpflanzen, trotzdem jeden Sommer eine ganze Anzahl von *Salicornia* austreiben; ihre Keimpflanzen halten bald in der Entwicklung inne und gelangen nicht dazu, zu blühen und Samen anzusetzen. Diese Becken sind sehr beständige Bildungen, die man von Jahr zu Jahr an derselben Stelle wiederfinden kann. Sie scheinen die Tendenz zu haben, sich nach Osten zu verschieben, indem sie die Sandschicht unter der Algenfläche zerstören, während gleichzeitig eine Auffüllung von Westen her stattfindet.

Als dritte Haupttype muss jene Oberflächenerscheinung aufgestellt werden, die einen schmalen Gürtel zwischen den beiden eben beschriebenen Gebieten bildet. Es ist ein ca. 100 m breiter und ca. 50 cm hoher Sandwall äolischen Ursprungs mit Dünenbewachsung (Fig. 3). Der Sandrücken lässt sich von der Gegend gerade südlich der Havnegröft bis zu einem Punkt zwischen Linie II und III verfolgen, an manchen Stellen seines Verlaufes von den grossen Prielen an der Ho-Bugt unterbrochen, jedoch sonst ein zusammenhängendes Ganzes bildend, das mit Rücksicht auf Höhe, Oberfläche, Boden und Vegetation einen ausgesprochenen

Gegensatz zu den Algenflächen innerhalb, wie zu der ausserhalb liegenden Aussenmarsch darstellt.

4. Das Auslegen von Probeflächen in der Marsch.

Unter diesen Voraussetzungen schritt man zu der Aufgabe, die umfassenden Messungen der Sedimentation in dem Teil der Skalling, der von Springfluthochwassern erreicht wird, zu verwirklichen. Im Juli und August 1932 wurde ein System von Probeflächen angelegt, durch Bestreuen von je ca. 2 m² Bodenfläche mit in Sudanrot gefärbtem Sand. Die Felder wurden längs vierer, ungefähr gerader Linien angelegt, die auf der Karte S. 31 die Nummern I, II, III und L tragen.

Die drei querlaufenden Linien I—III sind so angelegt, dass sie das ganze heutige durch die Gezeiten gekennzeichnete Gebiet von der Ho-Bugt bis zu der Zone, wo nur die ausserordentlichen Hochwasser hingelangen, durchschneiden. Ihr Zweck ist, die Mächtigkeit der Sedimentation innerhalb des Versuchsgebietes, ihre Variation und Relation zu den verschiedenen landschaftlichen Elementen daselbst, darzulegen. Die der Länge nach laufende Linie L dient dem Studium der Anlagerungsverhältnisse längs der eigentümlichen Algen-Salicornia-Fläche (das Binnenwatt), einer auf der Skalling ganz ausgeprägten Zone mit Naturverhältnissen, die in wesentlichem Grad von der Marsch ausserhalb und innerhalb abweichen. Die Probeflächen sind mit Holzpflocken abgegrenzt und die Endpunkte der Linien mit eingegrabenen Betonblöcken. Das Färben des Sandes fand auf der Leeseite der Stranddünen in Svenske Knolde statt, und der Transport zu den Versuchsfeldern wurde auf kleinen zweirädrigen Wagen bewerkstelligt.

Es wurde eine Beschreibung jeder einzelnen Fläche mit

Rücksicht auf Lage, Höhenverhältnisse, Vegetation und Boden ausgearbeitet und diese Beschreibung während der ganzen Dauer der Versuche laufend gehalten, so dass eventuelle Veränderungen aufgezeichnet sind.

Die Lage im Terrain. Die Lage der Flächen im Verhältnis zu den grösseren Wasserrinnen und anderen Terrain-eigentümlichkeiten geht aus der Karte hervor, besondere lokale Verhältnisse sind aber für jedes einzelne Feld im später mitgeteilten Versuchsbericht angeführt.

Die Höhenverhältnisse. Die Probeflächen in Linie I—III, Linie L, Nr. 1—10, sowie Nr. 2—5/31 wurden nivelliert. Hier stiess man auf die Schwierigkeit, einen Nullpunkt in Relation zu der allgemeinen Vermessung des Landes zu finden; da nun eine Reihe von Messungen zeigte, dass die untere Grenze der zusammenhängenden Vegetation gegen die Watten der Ho-Bugt einen sozusagen wagrechten Horizont bildet, vermutlich bestimmt durch die Dauer der täglichen Wasserbedeckung, wurde diese Linie gewählt und die Flächen nach ihr eingemessen. Alle Höhenangaben im folgenden bezeichnen also die Höhe der Fläche über der Unterkante der zusammenhängenden Puccinellia-Vegetation gegen die Ho-Bugt zu.

Die Vegetation auf den Probeflächen. Schon die vorläufigen Versuche von 1931—32 hatten es wahrscheinlich gemacht, dass man mit einer gewissen Beziehung zwischen dem Pflanzenwuchs und der Auflagerung zu rechnen hatte, und darum wurde bei der Auslegung der Probeflächen im Juli-August 1932 eine vegetationsmässige Beschreibung jeder einzelnen Lokalität ausgearbeitet.

Im Laufe der Arbeit stellte sich bei dieser rein habituellen Behandlung indessen eine gewisse Unzulänglichkeit heraus, namentlich als die Möglichkeit auftauchte, Ver-

gleichungen mit der Sedimentation an anderen Stellen des Wattenmeeres anzustellen, und um das Bild der Vegetation so exakt wie möglich zu gestalten, wurde dann 1933 eine formations-statistische Analyse jeder einzelnen Probefläche gemacht.

Auf spärlich bewachsenen Flächen mit einer oder zwei Arten von Gefässpflanzen wurde eine einfache Aufzählung der Individuen vorgenommen. Diese Zahl darf jedoch keinen besonderen Anspruch auf Genauigkeit erheben, weil die Abgrenzung nach der Auflagerung eines Jahres nicht immer mit voller Sicherheit festgestellt werden kann; eine zweite Schwierigkeit bieten die späten Keimpflanzen, besonders jene der *Salicornia*; da aber der grösste Teil derselben nicht zur Entwicklung kommt, so sind sie bei der Aufzählung nicht mitgenommen.

Die Vegetationstypen, die mehr zusammengesetzt sind, wurden nach Raunkiärs Kreismethode analysiert. Bei der Aufnahme, die innerhalb der Abgrenzung der Probeflächen vorgenommen ist, sind wir von dem Gesichtspunkt ausgegangen, dass von Interesse

Tabelle 1.

Nr. 7. Linie I. $\frac{1}{100}$ m². 3. August 1933.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
<i>Puccinellia maritima</i>	1	1	1	+	1	1	1	1	1	+	10
<i>Sueda maritima</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+	10
<i>Spergularia media</i>	1	1	..	..	1	1	1	..	1	1	7
<i>Obione pedunculata</i>	1	1	1	1	..	1	..	..	1	1	7
<i>Aster tripolium</i>.....	+	+	+	..	+	..	..	+	+	..	6
<i>Statice limonium</i>.....	..	..	..	..	1	+	1	1	+	+	6
<i>Plantago maritima</i>.....	..	..	..	1	..	1	1	..	..	..	3
<i>Salicornia herbacea</i>.....	..	..	..	1	..	1	..	1	..	..	3
<i>Triglochin maritima</i>.....	..	..	..	..	..	..	..	1	..	..	1

nur eine zahlenmässige Behandlung der Vegetation innerhalb der Probeflächen selbst sei, und nicht eine allgemeine Analyse des darumliegenden Pflanzengebietes. Um dies zu erreichen, musste Raunkiær's Methode ein wenig abgeändert werden. Tab. 1.

Die Kolonnen I—X (Tab. 1) bezeichnen die einzelnen Stiche. Die Ziffer 1, dass die Pflanze auf der betrachteten Fläche von $\frac{1}{100}$ m² vorkommt, das Zeichen +, dass sie dominiert. Die Ziffer der letzten Kolonne gibt die Anzahl der Stiche, in welchen die Pflanze vorkommt. Die bei der Beschreibung der einzelnen Flächen angeführten Vegetationsanalysen sind in dieser Weise ausgeführt.

RAUNKIÆR nimmt in der Regel $\frac{1}{10}$ m² als Masseinheit (Stich), da aber jede der Probeflächen nur einen Flächenraum von ca. 2 m² hat, musste man auf eine Masseinheit von $\frac{1}{100}$ m² hinuntergehen. Aus jeder Probefläche wurden 10 Stiche genommen, deren Gefässpflanzen auf einer Liste angeführt sind. Durch Zusammenlegung der Analyseresultate für die 10 Stiche bekommt man also einen zahlenmässigen Ausdruck für die Häufigkeit des Vorkommens der einzelnen Pflanze auf der Probefläche. Das in den späteren Vegetationsanalysen angegebene Zahlenmaterial gibt die Anzahl der Stiche an, in welchen die betreffende Art gefunden wurde; und jene Pflanzen, welche innerhalb des Gebietes der Probeflächen vorkamen, in der Aufnahme aber nicht mitgekommen sind, werden der eigentlichen Tabelle ohne Zahlenangabe angefügt.

Die Messung der Sedimentation.

Die Messung der Aufschlickung geht in der einfachen Weise vor sich, dass man von einer gegebenen Probe eine senkrechte Fläche abschneidet, und die Mächtigkeit der ab-

gelagerten Schicht direkte misst. Vorausgesetzt, dass die Probeflächen eine längere Anzahl von Jahren unter Beobachtung stehen, und in dieser Zeit so wenig als möglich gestört werden sollen, ist es zweckmässig, die Probe mit Hilfe eines Stechers zu machen. Der hiezu verwendete Apparat besteht aus einem Messingrohr, mit einem Durchschnitt von ca. 3 cm, das in die gewünschte Tiefe hineingestochen wird, worauf der drinnen im Rohr sitzende Pfropfen mit einem Stempel aus Holz ausgestochen wird.

Dieses Verfahren ist dem Graben bei weitem vorzuziehen, da man auf diese Art viel weniger zerstört und eine relativ viel grössere Anzahl von Proben auf verschiedenen Teilen einer und derselben Probefläche herausholen kann, ohne sie dadurch für spätere Beobachtungen untauglich zu machen.

In dieser zylindrischen Probe wird der gefärbte Sand in der Regel mit grosser Deutlichkeit hervortreten und wenn die Probe nicht aufbewahrt werden soll, so kann die Ablagerung sofort an Ort und Stelle gemessen werden.

In jenem Teil des Versuchsgebietes, wo eine zusammenhängende Algendecke vorkommt, allgemein gesprochen also in den feuchten Salicornia-Flächen ohne wesentlichen Bestand von anderen Gefässpflanzen, hat sich der sudanrot gefärbte Sand weniger gut gehalten, insofern man hier beinahe konstant eine Schicht von »schwarzem« Sand von verschiedener Mächtigkeit findet, mit einer fast ununterbrochenen horizontalen Ausbreitung. Es war hier oft schwierig den gefärbten Sand zu verifizieren.

Die Frage war denn, ob der Farbstoff zerstört sei, oder ob die rote Farbe nur von dem schwarzen Schwefeleisen gedeckt war. Bei einer Reihe von diesbezüglich angestellten Versuchen erwies sich der sudanrote Sand bei Auswaschen mit verdünnter Salzsäure sehr haltbar, indem z. B. eine

Probe sehr wohl eine Woche lang in 5 % Salzsäure stehen konnte, ohne zu verfärben, was also hiess, dass sich das Schwefeleisen mit Hilfe dieser Säure entfernen liess.

In einer Reihe von Fällen, wo die unmittelbare Betrachtung einer gehobenen Probe ein negatives Resultat ergab, gelang es die Aufschlickung durch folgendes Verfahren zu messen.

Der zu untersuchende Stich wurde ins Laboratorium gebracht und auf frisch abgeschnittene Platten einige Tropfen von 5 % Salzsäure geträufelt. Dadurch stellte sich eine Entfärbung der Fläche ein, weil sich das schwarze Schwefeleisen unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff auflöste. Betrachtete man eine derart behandelte Platte durch das Binokel-Mikroskop, so waren die gefärbten Sandkörner in den meisten Fällen zu erkennen. Häufig gewahrte man nur Reste der Farbschicht in den feinen Rissen der Quarzkörner, doch war es infolge des charakteristischen Tones des Farbstoffes möglich, ihn selbst in ganz kleinen Mengen mit Sicherheit zu erkennen. Zu weiterer Verifikation wurde folgende Methode gebraucht: Die betreffenden Körner wurden mit einer Pinzette aufgenommen und auf einem Objektglas in einem Tropfen Benzol angebracht und im Laufe von wenigen Minuten liess sich die Auflösung des Farbstoffes wahrnehmen.

Auf diese Weise wurde ein positives Resultat erreicht in einer Anzahl von Proben, die bei einer unmittelbaren Betrachtung keine Möglichkeit für eine Verifikation der gefärbten Schicht gegeben hatten.

5. Die Anzahl Probeflächen von 1931—1933.

Im Juli—August 1932 wurden im Ganzen 75 Probeflächen auf der Skalling-Marsch ausgelegt, und da gleichzeitig die

5 Probeflächen von 1931 weiter bis zum Sommer 1933 unter Beobachtung blieben, standen also in dem Zeitraum von 1932—1933 im Ganzen 80 Felder für Messungen der Sedimentation zur Verfügung.

Es gelang indessen nicht, alle die ausgelegten Flächen wiederzufinden, und nicht alle gefundenen Flächen gaben ein positives Resultat. In manchen Fällen war es unmöglich eine geringste Spur des gefärbten Sandes zu finden, und in anderen Fällen wieder waren die nachweisbaren Reste so spärlich, dass die Messung der Ablagerung unterbleiben musste.

Tabelle 2.

Anzahl der Probeflächen 1931—33 und 1932—33.

Liniennummer	Flächenanzahl	Wieder- gefundene Messpfähle	Sudanroter Sand vorgefunden	Auflagerung gemessen
I.....	18	18	18	18
II.....	16	12	12	12
III.....	23	22	21	14
L.....	18	18	15	15
Summa 1932/33 Flächen 1931/33	75 5	70 5	69 5	59 4
Im Ganzen...	80	75	74	63

Von den 5 ausgelegten Probeflächen von 1931 haben sich also 4 durch einen Zeitraum von 2 Jahren verfolgen und die Anlandung von Sand und Schlick nachmessen lassen; das 5. (Nr. 1) wurde bis zum August 1932 beobachtet, wahrscheinlich ist es durch Eisstauungen im Winter 1932—33 zerstört worden.

Die Anzahl der verloren gegangenen Flächen von 1932—33 ist nicht ganz gering, andererseits aber nicht so beträchtlich, dass damit der Gesamtwert der Messungen in wesent-

lichem Grad verringert würde und wenn alle Umstände in Betracht gezogen werden, so muss ein Gesamtergebnis von 63 Sedimentationsmessungen bei 80 ausgelegten Versuchsfeldern für immerhin zufriedenstellend angesehen werden.

6. Probeflächen zur Messung der Sedimentation 1931—33.

Im folgenden wird eine kurze Beschreibung der einzelnen Probefläche und der daselbst vorgenommenen Beobachtungen und Messungen gegeben.

Nr. 1/1931.

Ausgelegt am 1. August 1931. Kontrollmessungen: 15. Juli 1932 und 29. Juli 1933.

Lage: gerade Nord von der Einmündung der ersten der breiten Prielen, die in das Binnenwatt führen. Das Feld liegt an der Vegetationsgrenze gegen das Sandwurm watt an der Ho-Bugt.

Boden: Sand. Nivellement: 0 cm. Vegetation 1931: Eine dünne *Salicornia*-Bewachsung mit vereinzelt *Puccinellia*-Individuen, ausgefüllt von einer Algendecke, zumeist Grünalgen.

Kontrollmessung am 15. Juli 1932. Die Farbschicht ca. 1 mm hoch mit wohlbewahrter Farbe, die sich leicht sowohl makroskopisch wie mikroskopisch erkennen lässt. Die Sandschicht ist in der Probefläche fast ganz verschwunden, und an den Stellen, wo sie sich erhalten hat, zeigt sie eine Sandauflagerung mit einer durchschnittlichen Mächtigkeit von 10 mm (Durchschnitt aus 5 Proben).

Kontrollmessung am 29. Juli 1933. Das Probefeld zeigt ein Kissen, 50 × 100 cm, bewachsen mit *Puccinellia maritima* und *Salicornia herbacea*, umgeben von ca. 5 cm tiefen Prielen mit etwas Algenbewachsung und sonst nacktem, braunem

Sand. Scheinbar führen die Pflanzen einen harten Existenzkampf und gewisse Teile der Fläche sind der Erosion ausgesetzt. In dem Kissen war die Farbschicht mit 10 mm Sand überdeckt, in den tieferen Lagen war die Farbe verschwunden.

Nr. 2/1931.

Ausgelegt am 1. August 1931. Kontrollmessungen: 1. Februar 1932, 15. Juli 1932, 26. Juli 1933. (Fig. 1 und 10).

Lage: ca. 100 m Süd von der ersten grossen Priele, auf einer Landzunge zwischen zwei kleinen Prielen.

Boden: Schlick. Nivellement: 18 cm.

Vegetationsanalyse vom 6. August 1933:

<i>Puccinellia maritima</i>	10
<i>Salicornia herbacea</i>	10
<i>Sueda maritima</i>	10
<i>Aster tripolium</i>	8
<i>Obione pedunculata</i>	5
<i>Spergularia media</i>	3
<i>Plantago maritima</i>	1
<i>Triglochin maritima</i>	

Der gefärbte Sand hat sich in den zwei Jahren vortrefflich gehalten, er lässt sich leicht und sicher nachweisen.

Ablagerung am 7. Februar 1932: Nach 6 Monaten ca. 4 mm Schlick, am 15. Juli 1932 nach ca. 1 Jahr: 8, 15, 7, 8, 7, 7, 9, 10, 7, 8 mm, Durchschnitt 8,6 mm Schlick.

Am 26. Juli 1933 nach ca. 2 Jahren: 11, 10, 10, 12, 13, 10, 11, 10, 11, 10 mm. Durchschnitt 10,8 mm Schlick.

Nr. 3/1931.

Ausgelegt am 27. Juli 1931. Kontrollmessungen: 15. Juli 1932 und 24. Juli 1933.

Lage ungefähr in der Mitte des Binnenwatt auf seinem unberührten hochliegenden Teil. Schon am Tag nach der Auslegung kam die Fläche unter Wasser, wodurch der rote Sand teilweise fortgeschwemmt wurde. Der Rest bildete eine zusammenhängende Fläche, vom Wellenschlag schwach gerillt.

Boden: Sand. Nivellement: 35 cm. Bewachsung 1931: kärglicher Bestand von *Salicornia*, und nur eine *Puccinellia*. Die Fläche sonst eine zusammenhängende Algendecke.

Juli 1932: *Salicornia* bildet eine schöne Bewachsung, etwas 10 *Puccinellia*-Individuen.

Juli 1933: *Puccinellia* bildet Kissen, *Salicornia* schwächer entwickelt wie im Vorjahr. Zwischen den *Puccinellia*-Kissen sind niedrige, kahle Flächen mit einer kärglichen Algenbewachsung.

Ablagerung am 15. Juli 1932 nach 1 Jahr.

Die gefärbte Schicht tritt so deutlich hervor, dass sie auf einen Abstand von 1—2 m wahrgenommen wird, aber die einzelnen Quarzkörner sind ziemlich mitgenommen und man findet selten ein Quarzkörnchen, das die Farbe vollständig bewahrt hat. Die Ablagerung variiert zwischen 5 und 8 mm und kann im Durchschnitt auf 6 mm angesetzt werden; sie verteilt sich ziemlich gleichmässig über die ganze Fläche und lässt sich fast in allen Teilen derselben nachweisen.

Ablagerung am 24. Juli 1933 nach 2 Jahren.

Die gefärbte Schicht bildet jetzt keinen zusammenhängenden Horizont mehr, lässt sich aber noch an etlichen Stellen der Probefläche nachweisen. Auflagerung: 8, 14, 10, 25, 25, 10 mm. Durchschnitt: 15,3 mm Sand.

Nr. 4/1931.

Ausgelegt am 1. August 1931. Kontrollmessungen am 16. Juli 1932 und am 26. Juli 1933. (Fig. 14).

Lage: Das Versuchsfeld liegt auf dem höchsten Teil eines in der Richtung der Ho-Bugt verlaufenden Sandrücken.

Boden: Sand. Nivellement: 53 cm.

Vegetationsanalyse vom 6. August 1933.

<i>Festuca rubra</i>	10	<i>Glaux maritima</i>	3
<i>Plantago maritima</i>	9	<i>Artemisia maritima</i>	2
<i>Armeria vulgaris</i>	6		

Die Ablagerung in diesen zwei Jahren der Dauer des Versuches ist ausserordentlich gering gewesen, das angelandete Material besteht aus Pflanzenresten und Sand, vermutlich Flugsand und die Auflagerung ist geringer als 1 mm und muss gleich 0 gesetzt werden.

Nr. 5/1931.

Ausgelegt am 1. August 1931. Kontrollmessungen am 16. Juli 1932 und am 29. Juli 1933. (Fig. 1, 11 und 12).

Lage: unmittelbar vor der ersten der grossen, breiten Prielen, die von der Ho-Bugt in die Algen-Salicornia-Wiesen (Binnenwatt) führen.

Boden: Schlick 4 cm tief. Nivellement: 13 cm.

Vegetationsanalyse vom 6. August 1933.

<i>Puccinellia maritima</i> . . .	10	<i>Plantago maritima</i>	3
<i>Salicornia herbacea</i>	10	<i>Spergularia media</i>	1
<i>Aster tripolium</i>	10	<i>Triglochin maritima</i> . . .	1
<i>Sueda maritima</i>	10		

Ablagerung am 16. Juli 1932 nach 1 Jahr: 11, 9, 5, 8, 6, 12, 10, 8, 11, 10, 10, 9, 8 mm. Durchschnitt: 9,0 mm Schlick.

Am 29. Juli 1933 nach 2. Jahren: 13, 15, 17, 10, 15, 15, 16, 15, 15, 14 mm. Durchschnitt: 14,5 mm Schlick.

7. Probeflächen 1932—33.

Linie I.

Längs dieser Linie wurde am 7. August 1932 eine Anzahl von 18 Probeflächen auf einer Strecke von ca. 960 m angelegt, jedes Probefeld mit einem Areal von ca. 2 m². Die Linie geht von Saum der Fenne, an die Küste gegen die Ho-Bugt, d. h. durch jene ganze Zone, die bei Springfluthochwasser überschwemmt wird. Die Flächen sind von der Ho-Bugt landeinwärts nummeriert. Alle Flächen mit Ausnahme der drei innersten, liegen in dem Gürtel, der als Aussenmarsch bezeichnet wird, d. h. jenem Gürtel, der längs der Ho-Bugt verläuft und durch seine dicht zusammenhängende, relativ artenreiche Vegetation, sein gut ausgebildetes Prielsystem und mit Aufschlichung als der herrschenden Sedimentationsform gekennzeichnet ist.

Die drei inneren Felder liegen auf dem südlichsten Teil des Algen-Salicornia-Feldes (Binnenwatt), doch ist dieses zum grössten Teil atypisch, insofern als *Puccinellia* hier eine weit grössere Rolle spielt als auf dem nördlichen Teil der Fläche. Der Grund dafür ist anscheinend darin zu suchen, dass dieser Teil am Zuwachsen ist, und die Entwicklung dieser Flächen wird in den kommenden Jahren mit einem gewissen Interesse zu verfolgen sein.

Nr. 1.

Lage: am äussersten Ende der Marsch gegen die Ho-Bugt hinaus ca. 10 m von dem äussersten 25 cm hohen Erosionsabfall.

Boden: Sand mit feinem Material untermischt. Nivellament: 8 cm.

Vegetationsanalyse vom 3. August 1933.

Puccinellia maritima . . .	10	Sueda maritima	8
Salicornia herbacea	10	Aster tripolium	5

Ablagerung am 18. Juli 1933: 6, 8, 5, 5, 5 mm, Durchschnitt: 5,8 mm Sand.

Nr. 2.

Lage: flache Aster-Puccinellia-Marsch.

Boden: Schlick, 8 cm tief. Nivellement: 16 cm.

Vegetationsanalyse vom 3. August 1933.

Puccinellia maritima . . .	10	Spergularia media	2
Aster tripolium	10	Salicornia herbacea	2
Sueda maritima	9	Plantago maritima	
Obione pedunculata . . .	4	Statice limonium	

Ablagerung am 18. Juli 1933: 3, 3, 2, 1, 3 mm. Durchschnitt: 2,4 mm Schlick.

Nr. 3.

Lage: Höchster Teil des Sandrückens, der längs der Küste läuft.

Boden: Sand mit etwas Schlick. Nivellement: 48 cm.

Vegetationsanalyse vom 3. August 1933.

Festuca rubra	10	Juncus Gerardi	5
Plantago maritima	8	Glaux maritima	2

Ablagerung am 18. Juli 1932: ca. 1 mm Pflanzenreste und Sand.

Nr. 4.

Plantago-Marsch.

Boden: Schlick, 4,5 cm. Nivellement: 23 cm.

Vegetationsanalyse vom 3. August 1933.

Puccinellia maritima... 10	Plantago maritima..... 5
Aster tripolium..... 9	Obione pedunculata ... 4
Sueda maritima..... 9	Salicornia herbacea.... 1
Spergularia media..... 6	

Ablagerung am 18. Juli 1933: 1, 2, 3, 3, 3 mm. Durchschnitt: 2,4 mm Schlick.

Nr. 5.

Lage: Hochgelegene Festuca-Marsch.

Boden: Schlick, 5,5 cm. Nivellement: 29 cm.

Vegetationsanalyse vom 3. August 1933.

Festuca rubra..... 10	Artemisia maritima 4
Plantago maritima..... 10	Aster tripolium
Glaux maritima..... 7	

Ablagerung am 18. Juli 1933: 1, 2, 2, 1, 1 mm. Durchschnitt: 1,4 mm Schlick.

Nr. 6.

Lage: sehr dichte und kräftige Marschvegetation.

Boden: Schlick, 5 cm. Nivellement: 20 cm.

Vegetationsanalyse vom 3. August 1933.

Puccinellia maritima... 10	Obione pedunculata ... 10
Sueda maritima..... 10	Plantago maritima..... 5
Aster tripolium..... 10	Spergularia media..... 3

Ablagerung am 18. Juli 1933: 4, 3, 3, 3, 2 mm. Durchschnitt: 3,0 mm Schlick.

Nr. 7.

Sehr dichte und kräftige Marschvegetation.

Boden: Schlick, 6 cm. Nivellement: 20 cm.

Vegetationsanalyse vom 3. August 1933.

Puccinellia maritima... 10	Statice limonium 6
Sueda maritima 10	Plantago maritima 3
Spergularia media 7	Salicornia herbacea 3
Obione pedunculata 7	Triglochin maritima 1
Aster tripolium 6	

Ablagerung am 18. Juli 1933: 2, 3, 4, 3, 3 mm. Durchschnitt: 3,0 mm Schlick.

Nr. 8.

Lage: Üppige Plantago-Marsch.

Boden: Schlick, 4,5 cm. Nivellement: 15 cm.

Vegetationsanalyse vom 3. August 1933.

Puccinellia maritima... 10	Spergularia media 8
Sueda maritima 10	Salicornia herbacea 7
Aster tripolium 10	Plantago maritima 3
Obione pedunculata 9	

Ablagerung am 16. Juli 1933: 2, 4, 4, 5, 3 mm. Durchschnitt: 3,6 mm Schlick.

Nr. 9.

Lage: Am Rande einer ca. 10 m breiten Priele.

Boden: Sand mit einer geringen Beimischung von feinem Material. Nivellement: 3 cm.

Vegetationsanalyse vom 3. August 1933.

Salicornia herbacea . . . 10

Puccinellia maritima . . 10

Aster tripolium

Ablagerung am 18. Juli 1933: 10 mm Sand mit wenigem feinem Material.

Nr. 10.

Lage: eine kahle Fläche an der äussersten Verzweigung einer Priele. Algenfläche, fettig, aber nicht wie eine Decke. Pflanzen, vermerkt 1932: verstreute *Salicornia*.

Boden: Sand. Nivellement: 16 cm.

Vegetationsanalyse vom 3. August 1933.

Salicornia herbacea . . . 10

Puccinellia maritima . . 10

Obione pedunculata

Ablagerung am 16. Juli 1933: 3 mm Schlick.

Nr. 11.

Lage: Üppige *Plantago*-Marsch.

Boden: Schlick, 1 cm. Nivellement: 36 cm.

Vegetationsanalyse vom 3. August 1933.

Puccinellia maritima . . . 10 *Salicornia herbacea* 5

Plantago maritima 10 *Obione pedunculata* 5

Sueda maritima 10 *Aster tripolium* 3

Spergularia media 9

Ablagerung am 16. Juli 1933: 2, 2, 3, 4, 5 mm. Durchschnitt: 3,2 mm Schlick.

Nr. 12.

Lage: Tiefliegende Fläche, nahe an einer kleinen Priele.

Boden: Schlick, 1 cm. Nivellement: 10 cm.

Vegetationsanalyse vom 3. August 1933.

Puccinellia maritima . . . 10 *Aster tripolium* 2

Salicornia herbacea . . . 10 *Obione pedunculata*

Sueda maritima 6

Ablagerung am 16. Juli 1933: 5, 5, 3, 3, 5 mm. Durchschnitt: 4,1 mm Schlick.

Nr. 13.

Lage: Üppige Aster-Puccinellia-Marsch.

Boden: Schlick, 3 cm. Nivellement: 26 cm.

Vegetationsanalyse vom 3. August 1933.

Puccinellia maritima . . .	10	Obione pedunculata . . .	4
Salicornia herbacea	10	Spergularia media	
Sueda maritima	10	Plantago maritima	
Aster tripolium	8		

Ablagerung am 16. Juli 1933: 2, 3, 3, 4, 3 mm. Durchschnitt: 3 mm Schlick.

Nr. 14.

Lage: Üppige Aster-Plantago-Marsch.

Boden: Schlick, ca. 2 cm. Nivellement: 25 cm.

Vegetationsanalyse vom 3. August 1933.

Puccinellia maritima . . .	10	Aster tripolium	4
Salicornia herbacea	10	Plantago maritima	2
Sueda maritima	9	Statice limonium	
Obione pedunculata . . .	8	Spergularia media	

Ablagerung am 16. Juli 1933: 5, 4, 3, 3, 4 mm. Durchschnitt: 3,8 mm Schlick.

Nr. 15.

Lage: Tiefliegende, zusammenhängende Puccinellia-Fläche mit ziemlich viel *Salicornia*. Wahrscheinlich eine spätere Entwicklungsstufe der »kahlen« Flächen.

Boden: kein richtiger Schlick, sondern Sand mit schwacher Beimischung von feinkörnigem Material. Nivellement: 24 cm.

Vegetationsanalyse vom 3. August 1933.

Salicornia herbacea	10	Aster tripolium	2
Puccinellia maritima	10	Obione pedunculata	1
Sueda maritima	10	Spargularia media	

Ablagerung am 16. Juli 1933: 5, 1, 4, 3, 4 mm. Durchschnitt: 3,4 mm Schlick.

Nr. 16.

Lage: Auf einer der »kahlen« Flächen. Algenfläche mit zerstreuten *Salicornia* und einzelnen kleinen *Puccinellia*-Individuen.

Boden: Sand mit einer kleinen schwarzen Schicht darunter. Nivellement: 25 cm.

Vegetationsanalyse vom 3. August 1933.

Salicornia herbacea	10	Sueda maritima	1
Puccinellia maritima	10	Obione pedunculata	

Ablagerung am 16. Juli 1933: 4, 4, 3, 3, 3 mm. Durchschnitt: 3,4 mm Sand.

Nr. 17.

Lage: Am Saum einer der tiefliegenden Flächen mit Algendecke, *Salicornia* und *Puccinellia*.

Boden: Sand mit schwarzer Schicht unter der Algendecke. Nivellement: 33 cm.

Am 16. Juli 1933: Die tiefgelegene Fläche ist am Zuwachsen mit *Salicornia* und *Puccinellia*. Schwarzer Sand kommt weiter vor.

Vegetationsanalyse vom 3. August 1933.

Salicornia herbacea	10	Sueda maritima	1
Puccinellia maritima	10	Spargularia media	

Ablagerung am 29. Juli 1933: 3, 4, 3, 5, 3, 5, 5, 3 mm. Durchschnitt: 3,9 mm Sand.

Nr. 18.

Lage: Ca. 25 m vom Eck der Fenne entfernt. Lokalität: Neben der Kante der *Salicornia*-Algen-Fläche. Ziemlich ausgedehnte, ganz seichte Becken von ca. 5 cm Tiefe und ca. 10—50 m Ausdehnung. Wir befinden uns hier oberhalb des Gebietes, wo die Prielen vorkommen und gerade am Fuss jenes Dünenrückens, der die Grenze zwischen den Wiesen und dem Binnenwatt bildet; dieses Gebiet wird nicht selten von den Wassern, die aus den Prielen vom Norden kommen, überschwemmt.

Boden: Sand ohne Schlick. Nivellement: 34 cm.

Vegetationsanalyse vom 3. August 1933.

<i>Puccinellia maritima</i> . . .	10	<i>Triglochin maritima</i> . . .	1
<i>Salicornia herbacea</i>	10	<i>Obione pedunculata</i> . . .	1
<i>Sueda maritima</i>	2	<i>Spergularia media</i>	

Ablagerung am 16. Juli 1933: 5, 2, 3, 4, 3 mm. Durchschnitt: 3,4 mm Sand.

Linie II.

Auf dieser wurde am 10. August 1932 eine Anzahl von 16 Flächen von ca. 2 m² ausgelegt, längs einer Strecke von ca. 910 m. Die Linie geht von Fläche Nr. 3 der Längslinie bis zur Ho-Bugt. Die Markierung der 4 äusseren Flächen ging im Laufe des Winters 1932—33 verloren und es gelang darum nur, die 12 der ausgelegten Flächen zu finden, und in dem äussersten Teil des Gebietes, ca. 100 m von der Ho-Bugt, konnten Messungen nicht vorgenommen werden. Die Nummern beginnen also an den äussersten der aufgefundenen Flächen.

Die Linie durchschneidet die Aussenmarsch und das Binnenwatt an jener Stelle, wo diese beiden Landschafts-

formen sanft in einander übergehen. Der östliche Teil des Binnenwatt ist nämlich daran mit *Salicornia*, *Puccinellia*, die einen fast ganz zusammenhängenden Teppich bilden, zuzuwachsen. Die für den Typus des Binnenwatt so charakteristischen flachen Becken (S. 33. Fig.) sind auch hier vorhanden, haben aber einen etwas anderen Charakter wie sonst. Es sind scharf abgegrenzte Vertiefungen mit flachem Boden, in welchem Gefässpflanzen nur schwer Fuss fassen und wahrscheinlich aus diesem Grund sind dieselben stabiler und haben weniger Ablagerung als die eigentlichen, etwa 10 cm höher liegenden, mit Vegetation bedeckten Flächen, die sie umgeben. Erst wenn die Verzweigungen der Prielen sich so weit nach hinten erodiert haben, dass die Becken entwässert werden können, wandern die Gefässpflanzen ein und die Sedimentation beginnt. Die in anderen Teilen der Aussenmarsch so häufigen Sandrücken, die parallel zur Küste verlaufen, fehlen hier. Die Untersuchung der Ablagerung fand in den Tagen vom 20.—25. Juli 1933 statt.

Nr. 1.

Im äussersten Teil des *Plantago*-Gürtels. Ausserhalb liegt eine tiefere Zone, ca. 100 m breit, mit stark wechselndem Pflanzenwuchs.

Boden: Schlick, 8 cm tief. Nivellement: 31 cm.

Vegetationsanalyse vom 5. August 1933.

<i>Plantago maritima</i>	10	<i>Aster tripolium</i>	3
<i>Puccinellia maritima</i>	9	<i>Sueda maritima</i>	3
<i>Spergularia media</i>	3	<i>Salicornia herbacea</i>	1
<i>Glaux maritima</i>	3		

Ablagerung: 3, 2, 4, 3, 3 mm, Durchschnitt: 3,0 mm
Schlick.

Nr. 2.

Im Puccinellia-Sueda-Gürtel. Dichte, gleichartige Bewachsung. Oberfläche eben.

Boden: Schlick, 5 cm tief. Nivellement: 20 cm.

Vegetationsanalyse vom 5. August 1933.

Puccinellia maritima . . .	10	Aster tripolium	6
Sueda maritima	10	Obione pedunculata . . .	2
Salicornia herbacea . . .	10		

Ablagerung: 3, 4, 5, 5, 4 mm. Durchschnitt: 4,2 mm
Schlick.

Nr. 3.

Plantago-Marsch mit ausgesprochener physiognomischer Dominanz dieser Pflanze.

Boden: Schlick, 5 cm tief. Nivellement: 36 cm.

Vegetationsanalyse vom 5. August 1933.

Puccinellia maritima . . .	10	Aster tripolium	7
Sueda maritima	10	Spergularia media	6
Plantago maritima	9	Statice limonium	3
Obione pedunculata . . .	9	Salicornia herbacea	3

Ablagerung: 3, 3, 4, 2, 3 mm. Durchschnitt: 3,0 mm
Schlick.

Nr. 4.

Stark zugewachsene alte Priele mit ebenem Boden und gleichmässiger üppiger Bewachsung.

Boden: Schlick, 5 cm tief. Nivellement: 28 cm.

Vegetationsanalyse vom 5. August 1933.

Puccinellia maritima . . .	10	Obione pedunculata . . .	4
Salicornia herbacea	10	Spergularia media	2
Sueda maritima	10	Plantago maritima	1
Aster tripolium	6	Statice limonium	

Ablagerung: 4, 5, 5, 4, 4 mm. Durchschnitt: 4,4 mm
Schlick.

Nr. 5.

Priele am Zuwachsen (5 m breit), deren Umriss noch deutlich zu erkennen ist. Die Bewachsung ist schütter, dazwischen schwarzer Algenboden.

Boden: Schlick, 3 cm tief. Nivellement: 21 cm.

Vegetationsanalyse vom 5. August 1933.

Puccinellia maritima . . .	10	Aster tripolium	
Salicornia herbacea	10	Obione pedunculata	
Sueda maritima	4		

Ablagerung: 5, 5, 6, 5, 4 mm. Durchschnitt: 5,0 mm
Schlick.

Nr. 6.

Fläche mit schön zusammenhängender, homogener Bewachsung, ca. 150 m von einer Priele.

Boden: Schlick, 4 cm tief. Nivellement: 32 cm.

Vegetationsanalyse vom 5. August 1933.

Puccinellia maritima . . .	10	Sueda maritima	10
Salicornia herbacea	10	Aster tripolium	6

Ablagerung: 5, 4, 4, 5, 5 mm. Durchschnitt: 4,6 mm
Schlick.

Nr. 7.

Fläche mit kräftiger und zusammenhängender Bewachsung von gleichartigem Charakter, ca. 50 m von einer Priele.

Boden: Schlick, 3,5 cm tief. Nivellement: 30 cm.
Vegetationsanalyse vom 5. August 1933.

<i>Puccinellia maritima</i> . . .	10	<i>Spergularia media</i>	7
<i>Salicornia herbacea</i>	10	<i>Plantago maritima</i>	6
<i>Sueda maritima</i>	10	<i>Obione pedunculata</i> . . .	2
<i>Aster tripolium</i>	8		

Ablagerung: 5, 6, 4, 5, 5 mm. Durchschnitt: 5,0 mm
Schlick.

Nr. 8.

Puccinellia-Salicornia-Marsch, nahe einer grösseren Priele, die einen kleinen Nebenast in einer Entfernung von 7 m an unserer Lokalität vorbeisendet. Bewachsung gleichmässig und dicht.

Boden: Schlick, 3 cm tief. Nivellement: 36 cm. (Fig. 8).
Vegetationsanalyse vom 5. August 1933.

<i>Puccinellia maritima</i> . . .	10	<i>Aster tripolium</i>	5
<i>Salicornia herbacea</i>	10	<i>Obione pedunculata</i> . . .	4
<i>Sueda maritima</i>	10	<i>Plantago maritima</i>	2
<i>Spergularia media</i>	6	<i>Statice limonium</i>	

Ablagerung: 3, 5, 6, 4, 4, 4, 3 mm. Durchschnitt: 4,1 mm
Schlick.

Nr. 9.

Puccinellia-Salicornia-Marsch mit schwachen Spuren von Becken, die jetzt zugewachsen sind. Recht spärliche Bewachsung.

Boden: Sanduntermischter Schlick. Nivellement: 30 cm.

Vegetationsanalyse vom 5. August 1933.

Puccinellia maritima . . .	10	Triglochin maritima . . .	2
Salicornia herbacea	10	Statice limonium	1
Sueda maritima	8	Spergularia media	1
Aster tripolium	3	Obione pedunculata . . .	1

Ablagerung: makroskopisch 2, 3, 2, 2 mm. mikroskopisch 5, 2, 4 mm, Durchschnitt: 2,9 mm Schlick.

Nr. 10.

Puccinellia-Salicornia-Fläche in gutem Wachstum; besonders ist *Puccinellia* schön entwickelt. Die Bewachsung bildet eine ebene Fläche von ausserordentlich gleichartigem Gepräge. Als Gegensatz dazu finden wir eine Anzahl von flachen Becken, die mit *Salicornia* zuwachsen.

Boden: Schlick. Nivellement: 38 cm.

Vegetationsanalyse vom 5. August 1933.

Puccinellia maritima . . .	10
Salicornia herbacea	10
Aster tripolium	

Ablagerung: 5, 2, 3, 6, 2, 3, 3 mm. Durchschnitt: 3,4 mm Schlick.

Nr. 11.

Salicornia-Fläche mit ca. 100 kleinen Individuen (August 1933). 2 grössere Puccinellia-Kissen mit einem Diameter von ca. 20 cm, 5 kleinere Individuen von *Puccinellia*.

Boden: Sand. Nivellement: 33 cm.

Ablagerung im Laboratorium gemessen: makroskopisch 3, 5, 3 mm, mikroskopisch 2, 2, 4, 4, 2, 2, 2 mm. Durchschnitt: 2,9 mm Sand.

Nr. 12.

Puccinellia und *Salicornia* in kräftiger gesammelter Bewachsung. Dazwischen Algenfläche.

Boden: Sand. Nivellement: 43 cm.

Ablagerung im Laboratorium gemessen: makroskopisch 5, 4, 4, 4, 3, 5, 3 mm. Durchschnitt: 4,0 mm Sand.

Linie III.

Längs der Linie III wurde am 31. Juli und 1. August 1932 eine Anzahl von 23 Flächen ausgelegt auf einer Strecke von 1031 m. Die Linie läuft von der Ho-Bugt bis zum Rand der Binnenmarsch, also durch die ganze vom Springfluthochwasser beherrschte Zone.

Die Flächen sind von der Ho-Bugt ausgehend nach innen nummeriert. Die Flächen 1—9 liegen in der Aussenmarsch, Nr. 10—11 auf dem früher schon erwähnten schmalen Dünenkamm zwischen Aussenmarsch und Binnenwatt, Nr. 12—22 auf dem Binnenwatt (*Salicornia*-Algenfläche) und Nr. 23 am Rande der Binnenmarsch. Das Binnenwatt trägt hier etwas Vegetation und kann im grossen Ganzen als Algenfläche angesprochen werden; vergl. Beschreibung von Linie I, S. 45.

Die Merkpfähle wurden alle gefunden, mit Ausnahme von Nr. 3, doch haben 6 von den Feldern ein so armseeliges Resultat gegeben, dass die Messung der Aufschlickung gar nicht vorgenommen werden konnte; es bleiben 14 Flächen übrig, mit Bedingungen, die eine Messung möglich machten und diese in Verbindung mit den 4 Flächen von 1931 gaben ein recht günstiges Material zur Beurteilung der Sedimentation in diesem Teil der Skalling-Marsch.

Nr. 1.

Am Rande des bewachsenen Areals gegen die Ho-Bugt zu.
Boden: Sand. Nivellement: 1 cm.

26. Juli 1933. Der Pfahl umgeworfen, aber am Ort mit der Spitze am Rand des bewachsenen Areals festsitzend. Ausserhalb eine ca. 2 m breite Bewachsung. Da das Feld recht stark zerstört ist, wahrscheinlich durch Eisstoss, wurde eine Cirkelung für wertlos gehalten. An Pflanzen wurden notiert:

Vegetationsanalyse:

<i>Puccinellia maritima</i>	<i>Salicornia herbacea</i>
<i>Sueda maritima</i>	<i>Aster tripolium</i>
<i>Spergularia media</i>	

Die Ablagerung war etwas schwierig zu bestimmen, viele Proben waren negativ, die positivengaben alle ca. 10 mm Sand.

Nr. 2.

In einer tiefliegenden Fläche mit *Puccinellia*, *Salicornia*, *Sueda* und einzelnen Asten, 25 m vom Rande des Vegetationsgürtels und 10 m von der Priele.

Boden: Schlick. Nivellement: 0 cm.

26. Juli 1933. Der Pfahl wurde nach einigem Suchen gefunden, an der ursprünglichen Stelle, wahrscheinlich vom Eisgang umgeworfen.

Vegetationsanalyse vom 26. Juli 1933.

<i>Salicornia herbacea</i>	10	<i>Sueda maritima</i>	5
<i>Puccinellia maritima</i>	10	<i>Aster tripolium</i>	3

Ablagerung: 6, 8, 5, 5, 5, 6 mm, Durchschnitt: 5,8 mm
Schlick.

Nr. 3.

Bei Besichtigung 1932 war Pfahl Nr. 3 verschwunden, vergeblich gesucht 1933.

Nr. 4.

Typischer *Plantago*-Gürtel, 20 m von einer grossen Priele, Oberfläche uneben und hügelig.

Boden: Schlick. Nivellement: 25 cm. (Fig. 13).

Vegetationsanalyse vom 26. Juli 1933.

<i>Plantago maritima</i>	10	<i>Spergularia media</i>	2
<i>Puccinellia maritima</i>	7	<i>Aster tripolium</i>	2
<i>Sueda maritima</i>	5	<i>Salicornia herbacea</i>	1
<i>Artemisia maritima</i>	4	<i>Obione portulacoides</i>	1

Ablagerung: 4, 4, 5, 4, 3, 4, 5 mm. Durchschnitt: 4,1 mm
Schlick.

Nr. 5.

Auf dem äussersten der längslaufenden, für diesen Teil der Aussenmarsch charakteristischen Sandrücken. 20 m von der Priele. Die höchstgelegene und trockenste Fläche der Aussenmarsch.

Boden: Sand mit tiefer liegenden, dünnen Schichten Schlick. Nivellement: 47 cm.

Vegetationsanalyse vom 26. Juli 1933.

<i>Festuca rubra</i>	10	<i>Glaux maritima</i>	5
<i>Plantago maritima</i>	9	<i>Aster tripolium</i>	
<i>Juncus Gerhardi</i>	8		

Keine Ablagerung von Bedeutung. Die Farbe ist allerdings so weit gedeckt, dass sie nicht unmittelbar an der Oberfläche sichtbar ist, es sind aber in überwiegendem Grad tote Pflanzenreste, die eine millimeterhohe Deckschicht,

mit Spuren von Sand untermischt, bilden. Die Ablagerung von anorganischen Material muss gleich 0 gesetzt werden.

Nr. 6.

Typischer *Plantago*-Gürtel.

Boden: Schlick. Nivellement: 27 cm.

Vegetationsanalyse vom 26. Juli 1933.

<i>Puccinellia maritima</i>	10	<i>Plantago maritima</i>	6
<i>Salicornia herbacea</i>	10	<i>Spergularia media</i>	5
<i>Sueda maritima</i>	10	<i>Statice limonium</i>	3
<i>Aster tripolium</i>	9		

Ablagerung: 4, 3, 2, 4, 3, 3, 3, 2 mm, Durchschnitt: 3,0 mm Schlick.

Nr. 7.

Auf einem Höhenrücken, der aus Sand besteht, und dessen Längsrichtung dem Ufer der Ho-Bugt folgt.

Nivellement: 53 cm.

Vegetationsanalyse vom 26. Juli 1933.

<i>Festuca rubra</i>	10	<i>Glaux maritima</i>	1
<i>Plantago maritima</i>	10	<i>Triglochin maritima</i>	1
<i>Statice armeria</i>	5		

Ablagerung: Die Farbe ist ausserordentlich wohl erhalten und tritt zum Vorschein, sobald man die Oberfläche berührt. Die Ablagerung ist so gering, dass sie mit 0 bezeichnet werden muss.

Nr. 8.

Am Ende einer alten Priele, die noch nicht ganz zugewachsen ist. Die Probefläche trägt doch eine zusammenhängende, aber nicht ganz deckende Vegetation von *Salicornia-Puccinellia*.

Boden: Sand. Nivellement: 13 cm. (Fig. 2 und 7).

Vegetationsanalyse vom 26. Juli 1933.

<i>Salicornia herbacea</i> . . .	10
<i>Puccinellia maritima</i> . .	10
<i>Sueda maritima</i>	4

Ablagerung: 5, 2, 3, 5, 5, 4, 5 mm. Durchschnitt: 4,1 mm sandiger Schlick.

Nr. 9.

Auf einer grossen einheitlichen Fläche, (Fig. 2 und 8) mitten zwischen zwei Prielen-Systemen gelegen. *Salicornia-Puccinellia*-Marsch mit ziemlich reicher *Plantago*, so dass diese gewöhnlich dominiert und ca. 25 % der Oberfläche einnimmt.

Boden: Schlick, 6 cm tief. Nivellement: 27 cm.

Vegetationsanalyse vom 26. Juli 1933.

<i>Puccinellia maritima</i> . . .	10	<i>Plantago maritima</i>	6
<i>Salicornia herbacea</i> . . .	10	<i>Obione pedunculata</i> . . .	6
<i>Sueda maritima</i>	10	<i>Spergularia media</i>	5
<i>Aster tripolium</i>	7		

Ablagerung: 4, 4, 3, 3, 4, 3, 4 mm, Durchschnitt: 3,6 mm Schlick.

Nr. 10.

An der Grenze der Aussenmarsch und des Sandrückens, der diese vom Binnenwatt trennt. Flugsand legt über die Oberfläche. Trockene *Plantago-Festuca*-Bewachsung, in der *Bledius* und andere grabende Käfer vorkommen.

Boden: Sand. Nivellement: 44 cm.

Vegetationsanalyse vom 5. August 1933.

Plantago maritima	10	Sueda maritima	3
Festuca rubra	10	Aster tripolium	1
Spergularia media	9	Glaux maritima	
Puccinellia maritima	4		

Ablagerung: 1 mm Sand, vermutlich Flugsand von dem niedrigen Sandrücken, der innerhalb liegt.

Nr. 11.

Niedrige Düne zwischen Binnenwatt und Aussenmarsch. Wird teilweise vom Sand zugefegt. Die Vegetation ist spärlich mit grossen kahlen Flächen.

Boden: Flugsand. Nivellement: 73 cm.

Vegetationsanalyse vom 6. August 1933.

Festuca rubra	10	Plantago maritima	4
Puccinellia maritima	5	Aster tripolium	

Ablagerung: Der grösste Teil der Fläche wird verweht, an einzelnen Stellen hat sich der rote Sand gehalten und zeigt eine ganz schwache Überlagerung von ca. 5 mm Flugsand.

Nr. 12.

Gerade am Rand des Binnenwatt, am Ansteigen zur Düne. Puccinellia-Salicornia-Platte.

Boden: Sand. Nivellement: 35 cm. (Fig. 3).

Vegetationsanalyse vom 6. August 1933.

Puccinellia maritima	10	Aster tripolium	3
Salicornia herbacea	10	Obione pedunculata	
Sueda maritima	4	Spergularia media	

Ablagerung: 3, 3, 2, 2, 3, 2 mm. Durchschnitt: 2,5 mm Sand.

Nr. 13.

Das Feld liegt in einer schalenförmigen Vertiefung mit spärlicher Bewachsung von *Salicornia*. Auf dem Feld ca. 60 schwache Individuen, 2 *Sueda*. Im Gebiet der am weitesten landeinwärts gelegenen Wasserrinnen. Die Umgebung: *Puccinellia*-*Salicornia*-Algenfläche.

Boden: Sand. Nivellement: 29 cm.

24. Juli 1933: Das Becken ist noch da. Ca. 25 schwache *Salicornia*, 7 *Sueda*, *Puccinellia* in äusserst armer und geringer Bewachsung. Die Algenschicht wenig entwickelt.

Ablagerung: Nachweis von gefärbtem Sand schwierig. Eine Probe gab ca. 8 mm, eine andere 3 mm Sand.

Nr. 14.

Salicornia-Fläche zwischen den Becken. *Salicornia* gross und wohlausgebildet, ca. 110 Individuen. 1 *Sueda*, 1 *Puccinellia*.

Boden: Sand. Nivellement: 31 cm. (Fig. 6).

24. Juli 1933. Von *Salicornia* ca. 150 Individuen mit ca. 20 kleinen *Puccinellia*-Individuen, 2 *Sueda*. Das Ganze bildet eine offene Bewachsung mit einem wohlausgebildeten Algenteppich am Grund.

Ablagerung: 3, 4, 3, 3, 3, 2, 3, 4 mm. Durchschnitt: 3,1 mm Sand.

Nr. 15.

Auf einer hochgelegenen Partie in einem Becken ca. 50 m NW—SO, ca. 15 m über quer. Die Fläche trägt ca. 40 kleine Individuen von *Salicornia*, die meisten nicht mehr wie 2 cm hoch.

Boden: Sand. Nivellement: 31 cm.

24. Juli 1933. Im zentralen Teil eines grossen Beckens

4 *Salicornia*, 1 *Sueda*. Die Algenschicht schwach entwickelt. Das Becken ca. 15 m breit und ca. 150 m lang.

Der gefärbte Sand war nicht wieder zu finden.

Nr. 16.

Auf einem Erdknollen, fast auf allen Seiten von Becken umgeben. Die Oberfläche uneben. In den höheren Partien Kissen von *Puccinellia*, in den tieferen schwache Bewachsung von *Salicornia*.

Boden: Sand. Nivellement: 42 cm. (Fig. 5).

24. Juli 1933. Die Becken rund herum bewahrt, etwas verwehte Erhöhung. Die Bewachsung ein offener *Puccinellia*-Bestand. Vegetationsanalyse vom 6. August 1933.

<i>Puccinellia maritima</i> . . .	10	<i>Aster tripolium</i>	1
<i>Salicornia herbacea</i> . . .	7	<i>Sueda maritima</i>	
<i>Obione pedunculata</i> . . .	1		

Ablagerung: 8, 10, 5, 5, 5, 10, 5 mm. Durchschnitt: 6,9 mm Sand.

Nr. 17.

Auf einer Bodenanschwellung zwischen zwei Becken. Algen-*Salicornia*-Fläche. *Salicornia* schön entwickelt mit beiläufig 40 grossen Individuen, 3 kleinen *Puccinellia*-Individuen am Aussenrand der Fläche.

Boden: Sand. Nivellement: 30 cm.

24. Juli 1933: *Salicornia*-Fläche mit schöner Algenschicht. Ca. 150 *Salicornia*, 8 *Puccinellia*-Kissen von geringer Grösse, höchstens 15 cm.

Ablagerung: 4, 2, 4, 2, 3 mm. Durchschnitt: 3,0 mm Sand.

Nr. 18.

In einem Becken auf einer *Salicornia*-Fläche. Auf dem Feld ca. 10 kleine *Salicornia*-Individuen. Ausserdem sind *Corophium* und *Pygospium* da. Schon am Tag nachher hatten die Tiere in dem roten Sand gewühlt.

Boden: Sand. Nivellement: 26 cm.

14. Juli 1933: Das Becken ca. 15—50 m. Der Boden des Beckens nackt mit 5 kleinen Individuen von *Salicornia* und 1 *Sueda*. Die Algenschicht weich und schwach entwickelt.

Eine grosse Anzahl von Proben wurden ohne positives Resultat gehoben. Gefärbte Körner wurden in zwei Proben auf 12 resp. 10 mm Tiefe gefunden, doch ist das Resultat so unsicher, dass man nicht darauf bauen kann.

Nr. 19.

Algenfläche mit schöner *Salicornia*.

Boden: Sand. Nivellement: 36 cm.

14. Juli 1933: Gut ausgebildete Algenfläche mit zusammenhängender Decke; ca. 100 recht schwache *Salicornia*, 10 kleine *Puccinellia*-Individuen.

Ablagerung: 2, 2, 4, 3, 2, 4, 5 mm. Durchschnitt: 3,1 mm Sand.

Nr. 20.

Puccinellia-*Salicornia*-Fläche mit kahlen Flecken.

Boden: Sand. Nivellement: 33 cm.

14. Juli 1933: Vegetationszustand unverändert.

Ablagerung: 3, 3, 4, 3, 3, 4, 4 mm. Durchschnitt: 3,4 mm Sand.

Nr. 21.

In einem Becken in einer offenen *Salicornia*-Bewachsung.

Boden: loser Sand. Nivellement: 31 cm.

14. Juli 1933: Das Becken ist immer noch da, vereinzelte *Salicornia* haben auf dem Boden des Beckens getrieben, sie sind aber alle tot. Auf dem Grund des Beckens liegt eine recht arme Algendecke unterlagert von schwarzem Sand; es war nicht möglich eine Ablagerung makroskopisch nachzuweisen, aber bei Proben, die im Laboratorium mit Salzsäure behandelt wurden, gab die Mikroskopierung einzelne rote Körner. Der Erhaltungszustand war indessen so schlecht, dass auf diese Versuchsfläche nicht zu bauen ist. Die Fläche muss kassiert werden.

Nr. 22.

Die Fläche liegt in der ganz flachen Niederung an dem westlichen Rand des Binnenwatt. Dieser Teil des Watt ist durch Armut an *Salicornia* ausgezeichnet, hat aber dafür schön entwickelte Algenflächen. (Fig. 4).

Boden: Schwarzer Sand. Nivellement: 30 cm.

14. Juli 1933: Auf der Probefläche stehen ca. 15 kleine *Salicornia*. Sonst ist die Oberfläche mit einer dichten, zusammenhängenden Algenfläche bedeckt.

Makroskopisch war roter Sand nicht nachzuweisen, und in den ins Laboratorium mitgenommenen Proben konnten trotz sorgfältiger Untersuchung nur einzelne farbige Körner aufgezeigt werden.

Nr. 23.

Am Rand einer inneren Marschwiese gegen das Binnenwatt. Vegetation: *Puccinellia*, *Salicornia*, *Spergularia*, *Sueda*, *Triglochin*. Einzelne kahle Flecken mit Algenschicht. (Fig. 4).

Boden: Sand. Nivellement: 36 cm.

Vegetationsanalyse vom 10. August 1933:

<i>Puccinellia maritima</i>	10	<i>Triglochin maritima</i>	2
<i>Salicornia herbacea</i>	9	<i>Aster tripolium</i>	2
<i>Sueda maritima</i>	5	<i>Obione pedunculata</i>	
<i>Spergularia media</i>	4	<i>Plantago maritima</i>	

Ablagerung: 4 mm Sand und Pflanzenreste.

1 mm Pflanzenreste.

1 mm Sand.

1 mm Pflanzenreste.

2 mm Sand und Pflanzenreste.

3 mm Sand und Pflanzenreste.

1 mm Pflanzenreste.

Durchschnitt: 1,9 mm Sand und Pflanzenreste.

Längslinie, Linie L.

Entlang dieser 2600 m langen Linie wurde vom 1.—3. August 1932 eine Anzahl von 18 Probeflächen ausgelegt. Die Linie geht vom Eck der Fenne bis zu den Wiesen an der Havne-Grøft und läuft in ihrer ganzen Länge durch die Algen-*Salicornia*-Fläche zwischen der Aussenmarsch und der Binnenmarsch. Der nördliche Teil des Versuchsgebietes geht gegen Westen ohne Hindernis irgendwelcher Art in das grosse Havrendingsgebiet Skomagersletten oder Havbanken über. Die Nummern beginnen in der Richtung Süd. Sämtliche Merkpfähle wurden gefunden, aber einige der Versuchsfelder gaben kein Material für Sedimentationsmessung. Die Kontrollmessungen fanden am 15.—20. Juli 1933 statt.

Nr. 1.

Bewachsung: *Salicornia*, *Puccinellia*.

Boden: Sand.

18. Juli 1933: *Salicornia*, *Puccinellia* auf einer etwas höher gelegenen Fläche umgeben von nackten Becken mit Algen und schütterer *Salicornia*.

Ablagerung: 3, 5, 5, 3, 4 mm. Durchschnitt: 4,0 mm Sand.

Nr. 2.

Salicornia, *Puccinellia*, Algenfläche.

Boden: Sand.

18. Juli 1933: *Puccinellia*, *Salicornia* in schön geschlossener Bewachsung.

Ablagerung: 3, 3, 4, 4, 3 mm. Durchschnitt: 3,6 mm Sand.

Nr. 3.

Algenfläche mit einigen Schaftritten. Einzelne schwache *Salicornia*, *Puccinellia*.

Boden: schwarzer Sand.

18. Juli 1933: Algenfläche, ca. 15 kleine *Salicornia*, 1 *Puccinellia*, sonst ist die Fläche nacktes Algenfeld. Grosse Schwierigkeit, den gefärbten Sand nachzuweisen. In zwei Einstichen wurde Sudanrot gefunden, beide mit ca. 5 mm Sandauflagerung. Der Nachweis später mikroskopisch erbracht.

Nr. 4.

Algenfläche mit 30 kleinen *Salicornia*, keine *Puccinellia*, eine einzelne verkrüppelte Aster.

Boden: Schwarzer Sand.

18. Juli 1933: Reine *Salicornia*, 60—70 Individuen. Wohlentwickelte Algenfläche. Der gefärbte Sand ist schwer nachzuweisen. Eine Probe ergab eine Ablagerung von 4 mm.

Bei Anwendung von Salzsäure und Mikroskop wurde der gefärbte Sand in noch einer Probe gefunden.

Ablagerung: 2 mm. Durchschnitt: ca. 3 mm Sand.

Nr. 5.

Algenfläche, 1 *Puccinellia*, ca. 30 *Salicornia*.

18. Juli 1933: Recht dichte Bewachsung von *Salicornia*, gut entwickelte Algendecke, Unmöglich, gefärbten Sand makroskopisch nachzuweisen. Mikroskopisch mit Salzsäure eine Ablagerung von 2 mm Sand gefunden.

Nr. 6.

Sehr schöne Algenfläche. Ca. 30 *Salicornia* (kleine Individuen), 2 *Puccinellia*-Kissen.

20. Juli 1933: Algenfläche mit ca. 120 kleinen *Salicornia* und zwei Büschelchen *Puccinellia*.

Ablagerung: makroskopisch: 2, 2, 4, 3 mm, mikroskopisch: 3, 3, 4, 3 mm. Durchschnitt: 3,0 mm Sand.

Nr. 7.

Wohlentwickelte Algenfläche. Ca. 40 kleine, wenig dominierende *Salicornia*, 2 kleine *Puccinellia*-Büschel.

20. Juli 1933: Ca. 100 *Salicornia* in schöner Bewachsung. 3 kleine Büschel von *Puccinellia*. Algenfläche.

Ablagerung: makroskopisch: 3,3 mm, mikroskopisch: 2, 2, 3, 2, 4 mm. Durchschnitt: 2,7 mm Sand.

Nr. 8.

Wohlentwickelte Algenfläche. Ca. 70 ziemlich schwache *Salicornia*. Keine *Puccinellia*.

20. Juli 1933: Ca. 100 schöne *Salicornia*. Ganz kleine *Puccinellia*. Wohlentwickelte Algenfläche.

Ablagerung: makroskopisch: 3 mm, mikroskopisch: 2, 3, 3, 3 mm. Durchschnitt: 2,8 mm Sand.

Nr. 9.

Salicornia-Algenfläche. *Salicornia* ist ziemlich schwach entwickelt, ca. 70 Individuen, darunter nur wenige kräftige. Keine *Puccinellia*.

20. Juli 1933: Spärlich *Salicornia*, ca. 50 kleine und schwache Individuen, Kahler Fleck ohne Gefäßpflanzen. Einzelne kleine *Puccinellia* — Individuen. Algenfläche wohl entwickelt.

Ablagerung: makroskopisch: 5, 4, 4, 3 mm, mikroskopisch: 5, 3, 3 mm. Durchschnitt: 3,9 mm Sand.

Nr. 10.

Salicornia-Algenfläche mit 6 kleinen Kissen von *Puccinellia*, ca. 100 *Salicornia*. Wohlentwickelte Algenfläche.

20. Juli 1933: *Salicornia* ca. 100 Individuen, 10 *Puccinellia*-Büschel. Algenschicht schön entwickelt.

Ablagerung: makroskopisch: 8, 3, 5, 4 mm, mikroskopisch: 4, 5, 3, 4, 4 mm. Durchschnitt: 4,4 mm Sand.

Nr. 11.

Reine *Salicornia* (ca. 100 kräftige Individuen), kleine Individuen von *Puccinellia*.

Boden: Sand mit Algenschicht.

Ablagerung: 3, 2, 3, 4, 4, 5, 3 mm. Durchschnitt: 3,4 mm Sand.

Nr. 12.

Sehr schöne Bewachsung mit *Salicornia*. Ein einzelnes schönes Büschel von *Puccinellia*.

Boden: Sand mit Algen.

Ablagerung: 5, 5, 7, 6 mm. Durchschnitt: 5,6 mm Sand.

Nr. 13.

Reine, aber etwas schütterere *Salicornia*. Wohlentwickelte Algenfläche.

Ablagerung: ca. 15 mm Sand.

Nr. 14.

Reine *Salicornia* in schönen Exemplaren, ca. 80 Individuen. 17. Juli: Sudanrot nicht nachweisbar. 29. Juli neuerdings untersucht und 6,7 und 2 mm Sand nachgewiesen.

Nr. 15.

Reine *Salicornia*, nur ca. 40 Individuen, aber in gutem Wachstum. Fläche im August 1932 etwas beschädigt von einem Kuhtritt.

1. Juli 1933: Reiner und dichter *Salicornia*-bestand.

Ablagerung: 15, 16, 17, 20, 15 und 12 mm. Durchschnitt: 15,8 mm Sand.

Nr. 16.

Grosse und schöne *Salicornia* mit ca. 100 wohlentwickelten Individuen. Eine einzelne *Puccinellia*. Bei der Einrammung des Pfales am 6. August 1932 (3 Tage nach der Auslegung) war bereits so viel Sand (2—5 mm) abgelagert, dass die Probefläche nur durch Graben nachgewiesen werden konnte.

17. Juli 1933: *Salicornia* jetzt beinahe ausgestorben. Zahlreiche tote Individuen von 1932 immer noch sichtbar. *Puccinellia* daran, den Platz zu erobern. Nur eine einzelne Probe gab positives Resultat und zwar eine Ablagerung von ca. 20 mm Sand.

Nr. 17.

Reine *Salicornia* in gutem Wachstum, wohlentwickelte Algenfläche.

17. Juli 1933: Reine *Salicornia*-Bewachsung.

Ablagerung: ca. 3 mm Sand.

Nr. 18.

Grosse, prächtige *Salicornia* ca. 10 cm hoch und ca. 70 Individuen. 5 Büschel *Puccinellia*.

17. Juli 1933: Grosse *Puccinellia*-Kissen. Einige *Salicornia*. Nachweis schwierig. Zwei Proben gaben eine Ablagerung von ca. 2 mm Sand.

8. Sedimentationsdiagramme 1932—33.

Um aus dem reichhaltigen Material, das die eben mitgeteilten Observationen lieferten, ein übersichtliches Bild zu bekommen, wurden einige Diagramme gezeichnet; sie zeigen die Verschiedenheit der Auflagerungen, was Mächtigkeit und Art derselben betrifft, längs der querlaufenden Linien und, da die Messungen ergeben haben, dass zwischen Höhe und Sedimentation eine gewisse Relation besteht, wurde die Höhe der Probeflächen in einem angefügten Diagramm eingeführt.

In einem Teil des Versuchsgebietes, nämlich in jener Zone, wo Schlick abgelagert wird, ist die Sedimentation am grössten in den tiefst gelegenen Feldern und wir haben darum die beiden Variationen, die Höhe und die Sedimentation, jede in einer selbstständigen Kurve mit gemeinsamer Abscissenachse und auf und absteigenden Ordinaten abgebildet, wodurch die Analogie der Kurven am deutlichsten veranschaulicht wird.

Die Zahlen längs der Abscissenachse bezeichnen die

Nummern der Flächen, die obere Kurve die Höhe der Flächen über der Unterkante der Puccinellia-Bewachsung in Zentimetern und die untere Kurve die Ablagerung in Millimetern gemessen.

Der gegenseitige Abstand der Probeflächen zueinander ist verschieden, da man bestrebt war, dieselben auf Lokali-täten zu legen, die in Bezug auf Höhe, Bewachsung, Boden-verhältnisse etc. für typische Vertreter ihrer Art gelten konnten. Bei Ausarbeitung der Diagramme wurde auf diese Verschiedenheit des Abstandes keine Rücksicht genommen; die Probeflächen sind nach Nummern abgebildet, ver-schwundene oder negative Flächen sind ausgelassen. Bei den Sedimentationskurven sind die Flächen, wo Schlick ab-gesetzt ist, mit einem Ring bezeichnet; das Übrige hat Ablagerung von Sand oder es fehlt Sedimentation in der Versuchszeit.

Linie I. Diagramm Nr. 1 und 2.

Die Höhe der Probeflächen variiert zwischen 3 und 48 cm, doch liegt eine grosse Anzahl derselben, nämlich 8 von 18, zwischen 20 und 30 cm und nur zwei Flächen liegen tiefer als 10 cm und 1 höher als 40 cm. Was Vegeta-tions- und Bodenverhältnisse anbelangt, wird auf den vor-angehenden Versuchsbericht hingewiesen.

Die Sedimentationskurve zeigt im Allgemeinen einen gleichmässigen Verlauf. Alle Flächen hatten Sedimentation und die Mächtigkeit derselben liegt in der Regel zwischen 2 und 4 mm. Drei Flächen weichen hier aber stark von den übrigen ab, es sind dies Nr. 1, 3 und 9. Nr. 1 verzeichnet eine Sedimentation von 5,8 mm Sand, während die unmittel-bar daranliegende Fläche Nr. 2 eine Ablagerung von 2,4 mm Schlick bekam. Die Vegetation der beiden Flächen ist

wenig verschieden und dieser Faktor kann daher kaum die grosse Verschiedenheit der Art und Grösse der Sedimentation bedingt haben. Auch der Unterschied in der Höhenlage derselben kann kaum der ausschlaggebende

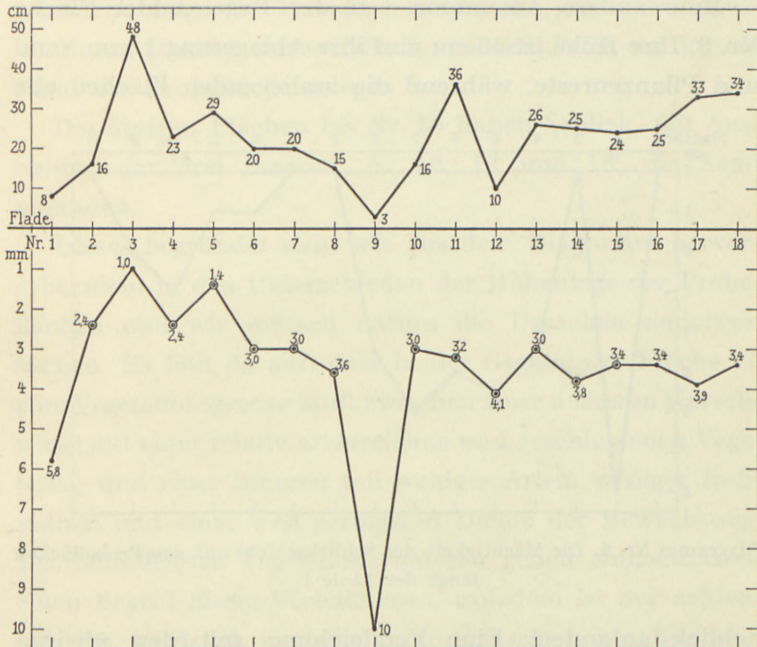


Diagramm Nr. 1. Sedimentationsdiagramm für Linie I. Die Zahlen 1—18 geben die Nummern der Probenflächen an, die oberste Kurve die Höhe der Probenflächen in cm über dem Nullhorizont. Die Springfluthochwasser reichen ca. 40 cm über denselben. Die untere Kurve gibt ein Bild der Auflagerung in Millimetern gemessen. Flächen mit Schlickablagerung sind mit einem Ring bezeichnet.

Faktor gewesen sein. Das Diagramm zeigt nämlich, dass Flächen in dieser Zone normalerweise eine Auflagerung von 2—4 mm Schlick haben, ungeachtet ob ihre Höhe 10 oder 36 cm ist. Der Sand auf Fläche 1 stammt unzweifelhaft von dem recht kräftigen Wellenschlag, der sich bei nördlichen und östlichen Winden längs des Ero-

sionsrandes an dem Sandwatt der Ho-Bugt einstellt; wir haben es also mit einem Küstenphänomen zutun, hervorgerufen, durch die ausgesetzte Lage der Fläche an der Kante des bewachsenen Areal.

Eine andere Ausnahme von der Regel bildet Fläche Nr. 3. Ihre Höhe ist 48 cm und ihre Ablagerung 1 mm Sand und Pflanzenreste, während die umliegenden Flächen alle

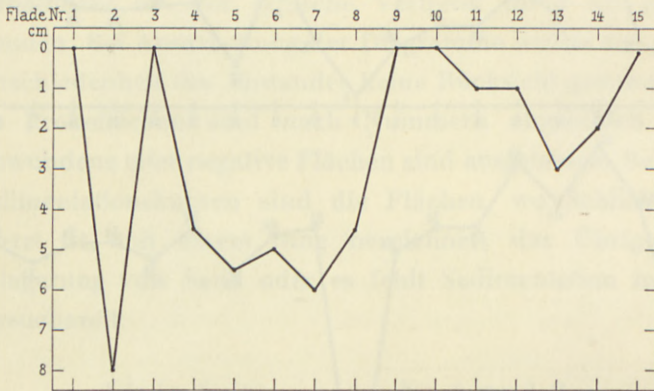


Diagramm Nr. 2. Die Mächtigkeit der Schlickschicht auf den Probeflächen längs der Linie I.

Schlick anlanden. Eine Vergleichung mit den übrigen Diagrammen zeigt, dass diese Abweichung von der Höhenlage der Fläche bedingt ist. Während nämlich Fläche Nr. 11 mit einer Höhe von 36 cm eine Schlickauflagerung hat, fehlt diese auf Fläche Nr. 3 und es drängt sich die Vermutung auf, dass die Schlickbildung nur bis in eine gewisse Höhe vor sich gehen kann, die irgendwo zwischen 36 und 48 liegt. Und diese Vermutung bestätigt sich bei einer Analyse des Diagrammes über Linie III.

Eine andere Abweichung wird noch von Fläche Nr. 9 dargestellt. Während alle die umliegenden Probeflächen, die für diese Linie »normale« Auflagerung von Schlick

haben, zeigt diese Probefläche ein Ablagerung von 10 mm Sand. Dies muss im Zusammenhang mit rein lokalen Verhältnissen gesehen werden, indem die Fläche, wie aus der Beschreibung hervorgeht, eine von den übrigen stark verschiedene Lage im Terrain hat und die grosse Sandaufschüttung stammt unzweifelhaft von dem Priel, an dessen Rand die Probefläche gelegen ist.

Die übrigen Flächen bis Nr. 15 haben Schlick, mit Ausnahme der drei inneren, Nr. 16, 17 und 18, die Sand anlanden.

Dieses begründet sich, wie aus dem Diagramm hervorgeht, nicht in den Unterschieden der Höhenlage der Probeflächen und wir müssen darum die Ursachen anderswo suchen. Es fällt da auf, dass in der Gegend der Fläche 15 eine Vegetationsgrenze läuft zwischen einer äusseren Marsch- wiese mit einer relativ artenreichen und geschlossenen Vegetation und einer inneren mit weniger Arten, weniger Individuen und einer weit geringeren Dichte der Bewachsung. Die betreffenden Vegetationsanalysen geben einigermaßen einen Begriff dieses Verhältnisses, trotzdem ist der zahlenmässige Ausdruck derselben nur ein schwaches Bild von der Verschiedenheit der beiden Wiesen in der Wirklichkeit. Diesbezüglich wird am besten auf analoge Verhältnisse längs der Linie III verwiesen, wo die Unterschiede nicht allein durch Vegetationsanalysen sondern auch durch gleichzeitige und unter gleichartigen Bedingungen gemachter Photographien beleuchtet werden. (Vergl. Fig. 2—7).

Die restlichen Flächen haben alle Ablagerung von Schlick; die Mächtigkeit variiert etwas zwischen 1,4—4,1 mm, nur 1 Fläche hat weniger als 2 mm und nur 1 mehr als 4 mm. Der Durchschnitt der Ablagerung aus allen 12 Schlickflächen ist 3,3 mm.

Linie II. Diagramm Nr. 3 und 4.

Wie schon im Laufe der Abhandlung erwähnt, gingen die äussersten Flächen verloren und Fläche Nr. 1 liegt ca. 100 m von der Ho-Bugt entfernt. Niveaumässig unterscheiden sich die Flächen längs dieser Linie wenig von einander. Die niedrigste liegt in 20 cm Höhe und nur 1,

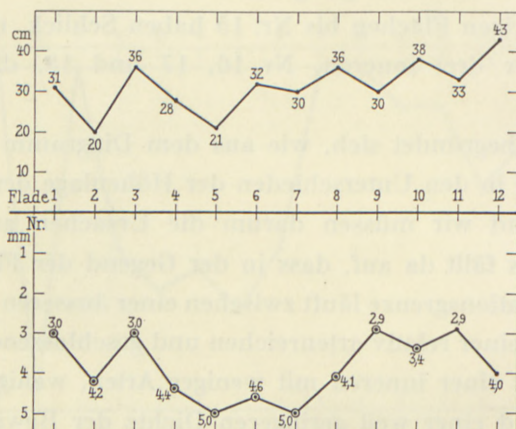


Diagramm Nr. 3. Sedimentationsdiagramm für Linie II. Die obere Kurve gibt die Höhe der Probeflächen in Centimetern, die untere Kurve die Ablagerung in Millimetern an. Flächen mit Schlickablagerung sind mit einem Ring bezeichnet.

nämlich Nr. 12, liegt höher als 40 cm. Keine der Probeflächen zeichnet sich durch lokale Eigentümlichkeiten aus und die ganze Linie, ausgenommen ihr allerinnerster Teil bietet gewöhnlich ein ausserordentlich gleichförmiges Bild, in dieser Beziehung einen Gegensatz zu Linie I und namentlich zu Linie III darstellend.

Demgemäss sind die Sedimentationsverhältnisse auf der Linie II gleichartig und frei von jenen sprunghaften Schwankungen, die für die beiden andern Linien charakteristisch sind. Die Flächen 1—10 haben Auflagerung von

Schlick und nur die beiden innersten, Nr. 11 und 12, haben Sand. Es verrät sich hier eine gewisse Verbindung zwischen der Mächtigkeit der Sedimentation und der Höhe der Fläche, insofern als die tiefsten Flächen die stärkste Sedimentation aufweisen. Im inneren Teil der Schlickzone, auf Fläche 9 und 10 scheint die Mächtigkeit etwas abzunehmen.

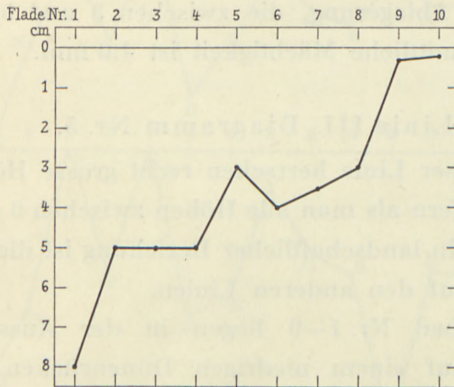


Diagramm Nr. 4. Die Mächtigkeit der Schlickschicht auf den Probenflächen längs der Linie II.

Eigentümlich ist, dass die Probefläche Nr. 12 trotz ihrer bedeutenden Höhe, nämlich 43 cm, eine Auflagerung von 4 mm hat, während Nr. 11, mit einer Höhe von 33 cm nur 2,9 mm hat. Dies bringt uns, die petrographischen Verhältnisse mit in Erwägung ziehend, auf die Vermutung, dass zwischen Fläche Nr. 10 und Fläche Nr. 12 die Grenze zweier Sedimentationsgebiete läuft, einem inneren und einem äusseren, mit recht verschiedenen Bedingungen sowohl was die Zusammensetzung des angelandeten Materiales betrifft, wie auch mit Rücksicht auf die Art der Faktoren, welche die Mächtigkeit der Sedimentation bedingen. Fläche Nr. 11 und Nr. 12 bilden in dieser Hinsicht eine

Analogie zu Nr. 16 und 18 auf Linie I, und eine Vergleichung zwischen den Flächen auf der Längslinie in diesen beiden Punkten spricht stark dafür, dass man es hier mit zwei im Wesen verschiedenen Sedimentationsgebieten zu tun hat.

Mit Ausnahme von Nr. 9, die wie schon gesagt, nur 2,9 mm aufschlickt, finden wir bei den übrigen Probenflächen eine Ablagerung, die zwischen 3 und 5 mm liegt. Die durchschnittliche Mächtigkeit ist 4,0 mm.

Linie III. Diagramm Nr. 5.

Längs dieser Linie herrschen recht grosse Höhenunterschiede, insofern als man alle Höhen zwischen 0 und 53 cm findet. Auch in landschaftlicher Beziehung ist die Variation grösser als auf den anderen Linien.

Die Flächen Nr. 1—9 liegen in der Aussenmarsch, Nr. 10—12 auf einem niedrigen Dünenrücken, und die innerhalb gelegenen Felder auf Algen-Salicornia-Flächen, mit Ausnahme von Nr. 23, das am Rand der Binnenmarsch angelegt ist.

Die Fläche Nr. 1 nimmt eine Sonderstellung ein. Sie bildet eine Analogie zu Nr. 1 in Linie I und wie auch dort muss ihre bedeutende Sandanlagerung mit den Wirkungen des Wellenschlages am Rand der Bewachsung in Verbindung gesetzt werden.

Bei einer allgemeinen Betrachtung des Diagrammes bemerkt man, dass die Auflagerung ausserordentlich variiert; die Verschiedenheit in den einzelnen Teilen der Kurve ist so gross, dass schon daraus hervorgeht, dass die Sedimentation längs der Linie III nicht als ein einheitlicher, auch nur annähernd gleichartig verlaufender Prozess aufgefasst werden kann.

Es hat sich Schlick auf den Flächen Nr. 2, 4, 6, 8, 9 abgelagert, aber keiner auf den von Nr. 9 landeinwärts gelegenen Flächen. Dies ist umso bemerkenswerter, als man innerhalb dieser Grenze einige Flächen trifft, von

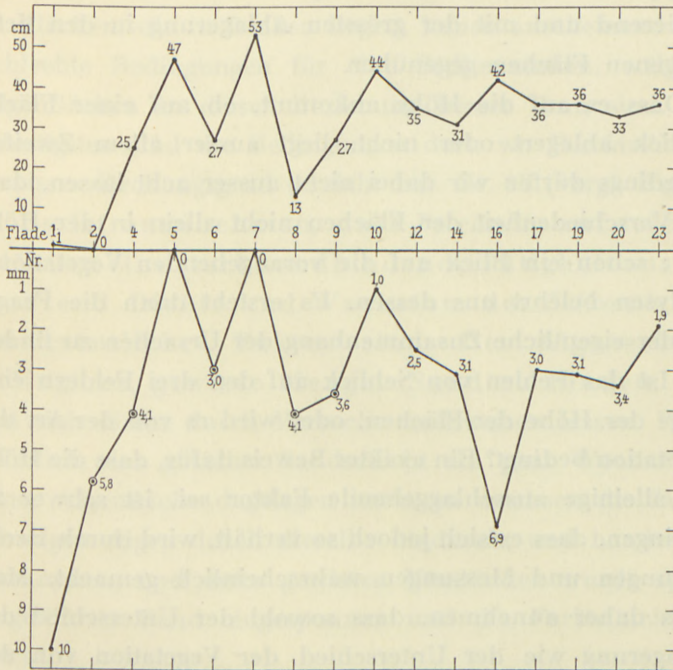


Diagramm Nr. 5. Sedimentationsdiagramm für Linie III. Die obere Kurve gibt die Höhe der Probeflächen in Centimetern, die untere Kurve die Ablagerung in Millimetern an. Flächen mit Schlickablagerung sind mit einem Ring bezeichnet. Unsichere oder verschwundene Probeflächen sind nicht angeführt.

welchen man auf Grund ihrer Höhenverhältnisse eine Aufschlickung erwarten hätte können.

Betrachtet man nun die Flächen 2—9, so findet man, dass zwei derselben, nämlich Nr. 5 und 7 sehr hoch liegen, und zwar 47 resp. 53 cm und beiden fehlt eine Aufschlickung.

Daran schliesst sich Nr. 10, mit einer Höhe von 44 cm und einer Auflagerung von ca. 1 mm, soweit es sich konstatieren lässt, äolischem Sand. Die marine Ablagerung ist in allen Fällen gleich 0. Ihnen stehen die übrigen Flächen der Gruppe mit einer Aufschlickung zwischen 3,9 und 5,8 cm variierend und mit der grössten Ablagerung in den tiefst gelegenen Flächen gegenüber.

Dass es auf die Höhe ankommt, ob auf einer Fläche Schlick abgelagert oder nicht, liegt ausser allem Zweifel. Allerdings dürfen wir dabei nicht ausser acht lassen, dass die Verschiedenheit der Flächen nicht allein in der Höhe liegt; schon ein Blick auf die vorangehenden Vegetationsanalysen belehrt uns dessen. Es ersteht dann die Frage, wo der eigentliche Zusammenhang der Ursachen zu finden sei. Ist das Fehlen von Schlick auf den drei Feldern eine Folge der Höhe der Flächen, oder wird es von der Art der Vegetation bedingt? Ein exakter Beweis dafür, dass die Höhe der alleinige ausschlaggebende Faktor sei, ist schwer zu erbringen, dass es sich jedoch so verhält, wird durch Beobachtungen und Messungen wahrscheinlich gemacht. Man muss daher annehmen, dass sowohl der Unterschied der Ablagerung wie der Unterschied der Vegetation von der Höhe der Flächen abhängt, das heisst mit anderen Worten, dass er von der Häufigkeit und der Dauer der Salzwaterdeckung bedingt ist.

In jenem Teil der Kurve, der die Flächen Nr. 11—23 umfasst, ist das Verhältnis ein wesentlich anderes. Eigentlich tiefliegende Flächen gibt es nicht, die meisten derselben liegen aber nicht über der Höhe, wo sich an anderer Stelle im Versuchsareal, so Nr. 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22 und 23, Schlickauflagerung gezeigt hat. Hier fällt auf, dass ausschliesslich Sand abgelagert wurde, und dass die

Bedingungen für die Sedimentation hier überhaupt andere sind. So trifft man die grösste Ablagerung auf der hochgelegenen Fläche Nr. 16 (42 cm), während es unmöglich war, eine Sedimentation auf mehreren der tiefgelegenen Felder zu konstatieren.

Flächen, die in Becken liegen, haben anscheinend sehr schlechte Bedingungen für eine Sedimentation, während Algenflächen in dieser Beziehung besser dran sind. Am günstigsten sind die Bedingungen dort, wo *Puccinellia* ein gewisses Deckungsgrad erreicht hat. Nr. 16 (vergl. Fig. 5).

Es ist anzunehmen, dass *Puccinellia* auf solchen Flächen eine stark sandbindende Tätigkeit ausübt, während Dichte und Wachstum der *Salicornia* ein unwesentlicher Faktor sind. Der Algenschicht gelingt es, gewisse Mengen Sand zu binden. Dies hat sich direkt durch Versuche nachweisen lassen. Wenn nämlich eine gefärbte Sandschicht ein paar Wochen auf einer Algenfläche dagelegen hatte, so wuchsen die fadenförmigen Algen durch dieselbe hindurch, und banden sie zusammen, und unter gewissen Umständen wurde später zugeführter Sand eingesponnen und die Farbschicht gedeckt.

Jetzt meldet sich die Frage: Warum findet man die Schlickablagerung nur in der Aussenmarsch, während die landeinwärts liegenden Flächen ausschliesslich Sand festhalten. Die Möglichkeit, dass das über letztere hereinspülende Seewasser keinen aufgeschlemmten Schlick enthalten sollte, muss zurückgewiesen werden. Durch grosse, breite Prielen strömt das Wasser herein und steigt ohne jedwede Filtration über die Flächen des Binnenwatts. Und auch in den Höhenverhältnissen kann die Ursache nicht zu suchen sein. Die Frage lässt sich kaum auf andere Art erklären als dadurch,

dass die Verschiedenheit des Pflanzenwuchses der ausschlaggebende Faktor sein müsse.

Dort, wo man in einer entsprechenden Höhe einen dichten und zusammenhängenden Pflanzenwuchs von Marschwiesentypus hat, wird Schlick abgesetzt. Auf Algenflächen, Salicornia-Flächen und Puccinellia-Flächen lagert sich Sand ab.

9. Sedimentationsdiagramme 1931—1934.

Diagramm Nr. 6.

Von den i. J. 1931 ausgelegten 5 grossen Probeflächen waren die drei, nämlich Nr. 2, 4 und 5 noch im Sommer so erhalten, dass die Messung der Sedimentation leicht und mit der nötigen Genauigkeit vorgenommen werden konnte. Die Farbe war nahezu ungeschwächt, die Sandschicht lag rein und deutlich da und hatte allen zerstörenden Kräften stand gehalten und zwar in einem so vollkommenen Grad, dass man ohne allzu grossen Optimismus damit rechnen kann, die Ablagerung durch einen Zeitraum von etwa 10 Jahren verfolgen zu können. Nr. 1 war indessen verschwunden, vermutlich infolge des Wellenschlages und Nr. 3 war unsicher und muss als verloren angesehen werden, aus unbekanntem Gründen.

Die letzte Messung fand am 12. August 1934 statt und gab folgende Resultate. Nr. 2/31 (Höhe 18 cm): 16, 15, 11, 11, 20, 17, 20, 19, 20, 20 mm Schlick.

Durchschnitt: 16,9 mm in 3 Jahren.

Nr. 4/31 (Höhe 53 cm): Gab in allen Proben 2—3 mm Ablagerung an organischem Material. Ob der wenige Inhalt an anorganischem Material von den selten

eintreffenden Hochwassern stammt, die diese Fläche unter Wasser setzen, oder ob es auf äolischem Wege herbeigeführt ist, konnte nicht klargelegt werden.

Marine Sedimentation: 0.

Nr. 5/31 (Höhe 13 cm): 23, 24, 25, 26, 20, 20, 24, 16, 19, 25, 24 mm Schlick.

Durchschnitt: 22,4 mm in 3 Jahren.

In Diagramm Nr. 6 sind sämtliche Messungen von Ablagerungen 1931—34 auf den Flächen Nr. 1—5/31 eingetragen. Nr. 1 ist schon im ersten Versuchsjahr zu Grund gegangen und Nr. 3 im dritten Jahr.

Die Kurven geben einen deutlichen Eindruck von der Verschiedenheit der Sedimentationsverhältnisse innerhalb der hier gewählten vier typischen Gebiete, zeigen aber auch gleichzeitig, dass die jährliche Ablagerung auf der einzelnen Lokalität ein recht konstanter Wert ist, der offenbar in enger Relation zu der Höhe steht.

Nr. 3/31 nimmt eine Sonderstellung ein und stellt einen Typus für sich dar. Das abgelagerte Material ist hier Sand und die Menge desselben ist, verglichen mit Nr. 2 und 5 sehr gross, in Anbetracht der grossen Höhe. Sie repräsentiert die Sedimentationstypen in einer *Salicornia-Puccinellia*-Lokalität in dem Binnenwatt.

Die drei anderen Kurven veranschaulichen die Verhältnisse in der Aussenmarsch. Nr. 4 liegt über dem Niveau, wo eine marine Sedimentation stattfindet (53 cm), die Ablagerung ist beiläufig gleich 0. Die beiden anderen sind typische Schlickflächen, Nr. 5 mit einer durchschnittlichen jährlichen Ablagerung von 7,5 mm (Höhe 13 cm) und Nr. 2 mit nur 5,6 mm per Jahr (Höhe 18 cm).

Der Eindruck von Gesetzmässigkeit, den diese wenigen Zahlen geben, ist durch die übrigen i. J. 1934 ausgeführten

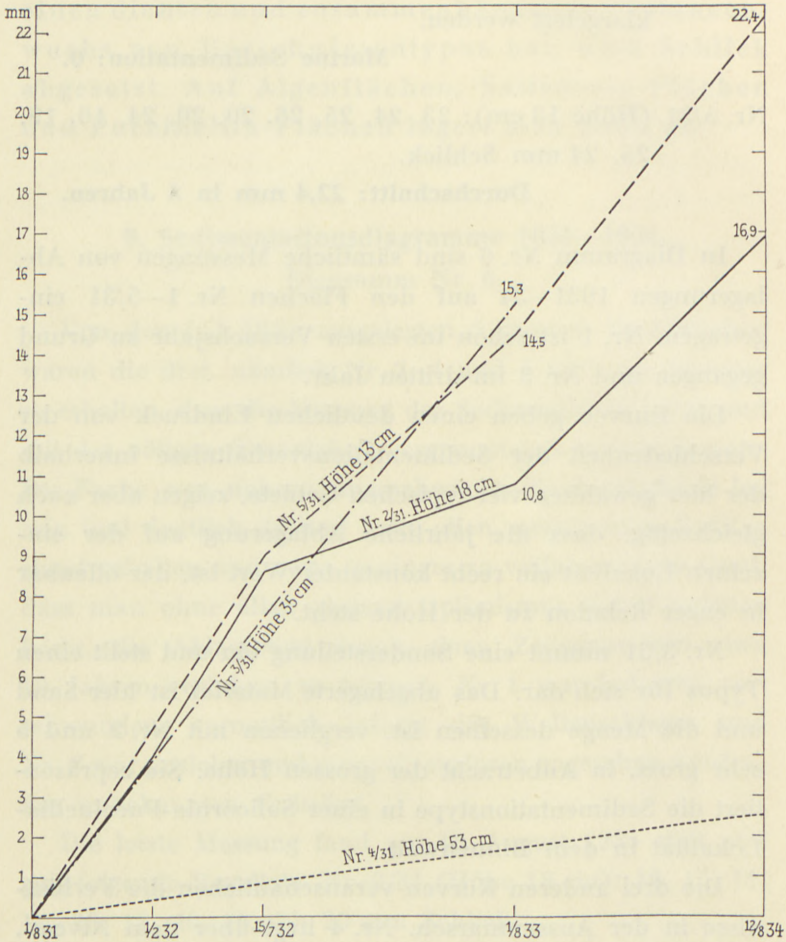


Diagramm Nr. 6. Ablagerung in Probeflächen 2—5/1931 vom Beginn des Versuches $\frac{1}{8}$ 1931 bis $\frac{12}{6}$ 1934. Die Lage der Flächen ist auf der Karte, S. 31 eingezeichnet, die Beschreibung des Versuches siehe S. 41 im Text, Fotografien von Milieu und Details sind in Fig. 1, 10 und 11 gegeben. In Fig. 12 ist ein ausgegrabener Block dargestellt, auf dem die Sedimentation direkt abgelesen werden kann. Bezgl. Figurenerklärung wird auf S. 85 hingewiesen.

Messungen bestätigt worden. Es war möglich, Messungen auf den allermeisten der Probeflächen von 1932 vorzunehmen, und es zeigte sich, dass die Prozesse in den zwei Versuchsjahren im grossen Ganzen gleich verlaufen sind. Das dabei zuwegegebrachte Material soll später zusammen mit anderen Observationen veröffentlicht werden.

10. Sedimentationstypen.

Bei Durchführung dieser Arbeit ist unser Hauptaugenmerk darauf gerichtet gewesen, die grösst mögliche Exaktheit bei Beobachtungen und Messungen zu erzielen und mit einer gewissen Berechtigung dürfen wir darum annehmen, dass eine vergleichende Wertung der erlangten Resultate ein zuverlässiges Bild der Veränderlichkeit der Sedimentation und der dieselbe bestimmenden Umstände geben müsse.

Dabei muss aber hinzugefügt werden, dass die gefundenen Resultate nur für die Skalling gelten und nur mit äusserster Vorsicht auf andere Lokalitäten Anwendung finden dürfen. Eine allgemeinere Auffassung von der Art der Prozesse liesse sich nur durch eine umfassende Arbeit erreichen, die auf einer grossen Anzahl von Versuchsfeldern auf gleichartiger exakter Basis durchgeführt würde.

Weiter hat man in Betracht zu ziehen, dass die Versuchsdauer nur 2—3 Jahre war, und dass es nicht ausgeschlossen erscheint, dass Beobachtungen von langer Dauer die rein zahlenmässigen Ergebnisse etwas verrücken könnten, obzwar nicht unerwähnt bleiben darf, dass die beigebrachten Mitteilungen über die natürlichen Veränderungen der Landschaft in sehr gutem Einklang zu den Messungen von Art und Tempo der Sedimentation in den verlaufenen zwei Jahren stehen.

Vergleichen wir die erlangten Resultate, so sehen wir ganz klar, dass die Sedimentation im oberen Teil der Gezeitenzone an der Ostseite der Skalling ein Prozess von so verschiedenem Charakter ist, dass er nicht als etwas Einheitliches betrachtet werden kann.

Es müssen vier Sedimentationstypen in der Skalling-Marsch aufgestellt werden und zwar:

- 1) Die Küstenzone nach der Ho-bugt zu.
- 2) Die Aussenmarsch.
- 3) Das Flugsandfeld.
- 4) Die Algen-Salicornia-Fläche.

Die vier Typen sind jedes auf ihr besonderes Gebiet beschränkt und die Grenzen zwischen ihnen recht scharf gezeichnet. Nr. 1 und 3 haben keine grosse Ausdehnung und sind in morphologischer Beziehung von untergeordneter Bedeutung, wenngleich sie jedes ihre typische Sonderform im Landschaftsbild darstellen.

- 1) Die Küstenzone wird in der Versuchsreihe von der Linie I, Nr. 1, Linie III, Nr. 1 und Nr. 1/31 dargestellt. Diese drei Flächen haben alle Sandanlandung, von der Tätigkeit des Wellenschlages in dem aussen liegenden Sandwurm watt stammend. Die Mächtigkeit des aufgelagerten Sandes ist recht bedeutend und das Ergebnis dieser Prozesse wird vermutlich die Bildung eines Sandrückens längs der Erosionskante am Aussenrand des bewachsenen Gebietes, also die Bildung einer Art Strandwall sein. Es liegt nahe, anzunehmen, dass die schon erwähnten längslaufenden Sandrücken in der Schlickzone auf analoge Weise entstanden sind und also ältere

Grenzlinien zwischen einem Sandwurmwall und höher gelegenen Geländen darstellen.

- 2) Die Aussenmarsch. Die in dieser Landschaft gelegenen Flächen sind bezeichnet mit: Linie I, Nr. 2—15, Linie II, Nr. 1—10, Linie III, Nr. 2—9, sowie Nr. 2/31 und 5/31. Von diesen 35 Flächen haben 29 Schlick aufgelagert im Verlaufe der Versuchsdauer. Eine Fläche, Linie I, Nr. 9, nimmt eine Sonderstellung ein, die sich in den rein lokalen Verhältnissen ausdrückt, sie wurde an anderer Stelle besprochen (siehe S. 76) weshalb wir hier nicht näher eingehen. Unter den restlichen Flächen sind 4 bemerkenswert durch das Fehlen einer nennenswerten Ablagerung, und zwar sind es Linie I, Nr. 3, Linie III, Nr. 5 und 7, sowie Nr. 4/31 mit einer Höhe von 48, 47, 53 und 53 cm. Dieses Verhältnis in Verbindung mit der Tatsache, dass keine der 29 Flächen, die aufschlickten, in den Aussenmarschen über 38 cm gelegen ist, scheint uns zu der Annahme zu berechtigen, dass es eine obere Grenze für die Aufschlickung gibt, und dass diese Grenze irgendwo zwischen 48 und 38 cm liegt, aller Vermutung nach zwischen 40 und 45 cm. Diese Grenze fällt ungefähr zusammen mit der Grenze für die Hochwasser und es scheint somit klargelegt, dass eine Aufschlickung von der hier beschriebenen Art nur von der Unterkante der Puccinellia-Bewachsung bis in diese entsprechende Höhe vor sich geht.

Dieses Verhältnis ist von ausschlaggebender Bedeutung für unsere Betrachtung des weiteren Verlaufes der Schlickbildung. Vorausgesetzt nämlich, dass keine Senkung des Landes eintritt, muss die Aufschlickung ein Prozess sein, der verhältnismässig schnell beendet ist. Annäherungsweise

kann die Dauer einer solchen Aufschlickungsperiode mit 100 Jahren angesetzt werden und im Laufe dieser Zeit wird, vorausgesetzt, dass die Bedingungen sich nicht wesentlich ändern, eine Schlickschicht von 30—40 cm Mächtigkeit abgelagert worden sein; damit ist aber der Prozess an dieser Stelle zu Ende.

Tabelle 3.

Schlickablagerung in der Aussenmarsch Juli 1932—Juli 1933.

	Anzahl Flächen	Auflagerung in mm
Linie I.....	12	3,3
Linie II.....	10	4,0
Linie III.....	5	4,1
	27	3,6

- 3) Die Dünenzone zwischen Binnenwatt und Aussenmarsch wird von Linie III, Nr. 10—12 dargestellt. Dieses hochgelegene Terrain weist keine marine Ablagerung auf, aber es wurde eine geringe Menge äolischen Materiales zugeführt und der vorhandene Sand etwas umgelagert.
- 4) Das Binnenwatt, die Algen-Salicornia-Fläche, ist nach den Sedimentationsmessungen in den Flächen Linie I, Nr. 16—18, Linie II, Nr. 11—12, Linie III, Nr. 13—22, Längslinie Nr. 1—18 sowie Nr. 3/31 zu beurteilen. In diesem Gebiet lagert sich Sand ab. Die Mächtigkeit der Sedimentation ist hier viel variabler als in den entsprechenden Flächen im Aufschlickungsgebiet. Die Intensität der Salicornia-Bewachsung scheint dabei keine grössere Rolle zu spielen, hingegen scheint die *Puccinellia* eine bedeutende sandbindende Tätigkeit auszuüben, die sich lokal stark äussert. Auf dem grössten

Teil der Fläche wird der Sand durch das Wachstum der Algenschicht festgehalten. Er wird zum Teil durch äolische Kräfte herbeigeführt.

Die zwischen 1931—33 vorgenommenen Messungen geben die Möglichkeit einer Beurteilung der Sedimentation und gewähren gleichzeitig einen gewissen Einblick, von welchen Faktoren der Prozess bedingt wird.

In dem höchst gelegenen Teil der Gezeitenzone zeigen sich besonders günstige Bedingungen für die Ablagerung von Sand und Schlick und die Sedimentation ist unter geeigneten Verhältnissen sehr ansehnlich, sowohl was ihre Mächtigkeit, wie ihre Ausdehnung betrifft. Die Ablagerung eines Jahres beträgt mehrere Millimeter und da die Sedimentationsfläche an der Ostseite der Skalling 3—4 km² ist, sind es ganz ansehnliche Prozesse, die hier vor sich gehen.

Es ist einleuchtend, dass Art und Menge des einem solchen Sedimentationsgebiet zugetragenen Materiales ein Faktor von grösster Wichtigkeit ist, doch da unsere Kenntnis von den Verhältnissen im dänischen Wattenmeer in diesem Punkte sehr gering ist, wäre eine Untersuchung der Beziehung zwischen Zufuhr und Sedimentation auf dieser Grundlage im Augenblick ganz nutzlos.

Es ist ferner auch nicht möglich, die Herkunft des Materiales mit Sicherheit festzustellen; die Messungen an der Längslinie deuten indessen stark darauf hin, dass wir es zum Teil mit Flugsand zu tun haben, von der Skalling herbeigeführt und es scheint also, als bestünde eine Art Interferenz zwischen dem äolisch und dem marin zugeführten Material.

Mit Rücksicht auf die quantitativen Verhältnisse der Ablagerung, ihre Ausdehnung und Variation unter wech-

selnden Bedingungen gibt das hier veröffentlichte Material eine Reihe von Anhaltspunkten.

Was den Verfasser der gegenwärtigen Abhandlung zu Anfang am meisten in Erstaunen setzte, war der Umstand, dass die Aufschlickung in der Skalling-Marsch so hoch oben in der Gezeitenzone vor sich geht. Unter Eindruck der mir geläufigen Literatur neigte ich nämlich der Annahme zu, dass die Sedimentation im Wattenmeer und namentlich die Schlickbildung ein Prozess sei, der hauptsächlich im Meere, d. h. in dem durch *Corophium*, *Arenicola* und Mollusken vertretenen Gebiet stattfände. Der hier aber durch Messungen erbrachte Gegenbeweis hiess mich meine Auffassung in diesem Punkte ändern.

Weit drinnen im Marschwiesengürtel geht die Absetzung von Sand und Schlick, — und sie ist dabei eine sehr bedeutende —, vor sich und zwar so weit, wie das Springfluthochwasser reicht, ein Umstand, auf den schon WARMING und mehrere deutsche Forscher aufmerksam waren, und die Ablagerung geschieht in einem so stürmischen Tempo, dass der Prozess von entscheidender Bedeutung sein muss.

Es darf demnach mit Sicherheit angenommen werden, dass eine lebhafte Sedimentation »an Land« vor sich geht, und es ist höchst wahrscheinlich, dass diese Art der Ablagerung einer der wichtigsten Faktoren bei jener Umlagerung an anorganischen Material ist, wie er sich im Wattenmeer vollzieht.

Es kann ferner noch behauptet werden, dass ein enger Zusammenhang zwischen der Vegetationstypen und der Sedimentationstypen besteht. Das Tierleben ist sehr arm, und selbst wenn es schwer wird, einen exakten Beweis zu führen, dass das Tierleben in dieser Region keinen Anteil an der

Ablagerung nimmt, so liegt es dennoch ausser allem Zweifel, dass hier der Pflanzenwuchs der stärkste Faktor bei Festhaltung des zugeführten Materiales ist.

11. Alter und Verlauf der Aufschlickung.

Wenn wir heute das i. J. 1910 vom Generalstab herausgegebene Messtichblatt mit der Landschaft, wie sie sich uns heute darbietet betrachten, so fallen uns gewisse Veränderungen auf.

Unser Versuchsfeld von 1931—33 wird teils als Sand, teils als Strandwiese eingezeichnet. Letztere Vegetationstypen nimmt jedoch nur ein sehr kleines Areal ein, drei kleine Flecken, deren grösster 250×100 m misst. Vergleicht man nun diese kartographische Darstellung mit den Aussagen der Bauern, wie sie sich nach wiederholten Unterredungen über diesen Gegenstand ergaben, so gelangt man zu der aller Voraussetzung nach richtigen Anschauung, dass die Bildung einer Strandwiese erst in den Jahren nach 1900 einsetzte, und dass vor dieser Zeit hier eine Sandfläche mit Queller (*Salicornia*) von ungefähr gleicher Art wie die jetzige Algen-Salicornia-Fläche sich ausdehnte.

Die Aufschlickung an der Ostseite der Skalling ist also ein ganz junger Prozess, nur ungefähr 30 Jahre alt.

Die Aufschlickung hat in einer ganz schmalen Zone begonnen und sich erst allmählich über ein grösseres Areal ausgebreitet. Die älteste Aufschlickung hat zweifellos ein wenig innerhalb der jetzigen Strandlinie stattgefunden. Hier findet man heute eine Aufschlickung von 10 cm. Nimmt man nun eine Anlagerungsdauer von ca. 30 Jahren an, so würde dies einer jährlichen Aufschlickung von 3 mm

entsprechen, was sogar sehr genau mit der für die Zeit von 1931—33 gemessenen Schlickablagerung (Durchschnitt bei 26 Flächen 3,6 mm) korrespondiert.

Unzweifelhaft hat sich in dieser Reihe von Jahren der Flächenraum, wo die Aufschlickung sich vollzog, vergrößert, und sicherlich muss dies mit einer Einwanderung der Pflanzengemeinschaften aus den äusseren Marschwiesen auf die Algen-Salicornia-Flächen in Verbindung gestellt werden.

Betrachtet man den in diesen Jahren stattgehabten Prozess an der Hand der hier veröffentlichten Untersuchungen und vergleicht man, was über die Entwicklung seit 1900—1930 bekannt ist, mit den Sedimentationsmessungen von 1930—33, so kommt man zu folgenden Resultaten:

Im Niveau der normalen grossen Hochwasser (ca. 40 cm über der Unterkante der *Puccinellia*) hält die Ablagerung von Schlick inne. In jenem Teil der Aussenmarsch, der unter dieser Grenze liegt, findet eine jährliche Ablagerung von 2—6 mm Schlick statt, und zwar so, dass die stärkste Sedimentation an den niedrigst gelegenen Lokalitäten besteht.

Vorausgesetzt, dass diese Ablagerung sich fortsetzt, wird sich also im Verlauf von etwa 100 Jahren eine Schlickschicht von ca. 30 cm gebildet haben, d.h. in diesem Zeitraum wird jene Höhe erreicht sein, bis zu welcher die Aufschlickung stattfinden kann, und wenn dann keine Landsenkung oder Änderung in der Höhe der Flutwelle eintritt, wird die Schlickbildung aufhören.

Die Aufschlickung an einer bestimmten Loka-

lität scheint also ein sowohl geologisch wie zeitlich kurzer Prozess zu sein, der seine Beendigung findet, wenn nicht Umstände von der genannten Art eintreten, ein Prozess, der im obersten Drittel der Gezeitenzone vor sich geht, einer Zone, die auf der Skalling eine Vertikalbreite von ca. 40 cm hat.

Der Komplex von Faktoren, der zur Marschbildung, wie sie zur Zeit auf der Skalling stattfindet, führte, ist also in Kürze folgender:

An der Ostseite der Skalling war um das Jahr 1900 eine nach Osten etwas abfallende Sandfläche, die in einer breiten Zone von jeder wiederkehrenden Flut unter Wasser gesetzt wurde. Ungefähr 1 km nach aussen auf dieser Fläche wanderte zu dem genannten Zeitpunkte eine Marschvegetation ein, wodurch solche Bedingungen hergestellt wurden, dass eine Aufschlickung beginnen konnte. Der Verlauf des Prozesses in den nächsten Jahren lässt die Folgerung zu, dass sich die Aufschlickung ca. 100 Jahre fortsetzen und in der Ablagerung einer ca. 40 cm hohen Schlickschicht resultieren wird, worauf die Sedimentation an dieser Stelle aufhören dürfte.

Man kann nicht umhin zu bemerken, dass die Untersuchung der Marschbildung auf der Skalling zu einem ausserordentlich günstigen Zeitpunkt in die Wege geleitet worden ist, indem die Arbeit einer systematischen Messung der Aufschlickung mittels einer besonderen Methode (der Sandfärbungsmethode) gerade zu einer Zeit einsetzte, die die erste Aufschlickungsperiode darstellt, jenem Zeitraum in welchem die höchsten Aufschlickungen statthaben, und

in welchen die Bedingungen für eine glückliche Durchführung der exakten Messungen derselben die denkbar günstigsten sind.

12. Zusammenfassung.

Es wurde eine einfache Methodik zur exakten Messung der Sedimentation ausgearbeitet. Das Verfahren dabei ist folgendes: Man bestreut die Oberfläche mit Sand, der mit Sudanrot gefärbt ist, und die derart kenntlich gemachte Oberfläche lässt sich nach Verlauf von einigen Jahren verifizieren. Die aufgelagerte Schlickschicht kann direkt beobachtet werden, wobei ihre Mächtigkeit und petrographische Zusammensetzung mit Sicherheit bestimmt werden kann. Vergl. Fig. 12.

Eine Analyse solcher Art wurde in den Jahren 1931—33 auf der Marsch der Halbinsel Skallingen über einem Areal von ca. 3 km² durchgeführt. Sie brachte das Ergebnis, dass eine sehr lebhaftere Aufschlickung im oberen Drittel der Gezeitenzone stattfindet. Diese Aufschlickung betrug in den Jahren von 1931—33 ungefähr 3,6 mm jährlich.

Die Ablagerung ist nur in der dichten und gemischten Marschvegetation nachgewiesen, wogegen Algenflächen und mit *Salicornia* bewachsene Flächen den Schlick nicht festgehalten haben, dagegen aber Sand in wechselnden Mengen banden.

Die Aufschlickung hat auf der Skalling ungefähr im Jahr 1900 eingesetzt und in der Ablagerung einer ca. 10 cm hohen Schicht resultiert. Vorausgesetzt, dass sich die natürlichen Bedingungen nicht in anderer Weise ändern, wird die Aufschlickung in dieser Lokalität nur 100 Jahre währen. Zu diesem Zeitpunkt wird der Prozess sein Ende erreicht haben,

und die Fläche dann mit einer zusammenhängenden Schluckschicht von 30—40 cm Mächtigkeit bedeckt sein.

Es ist anzunehmen, dass die natürliche Aufschlickung in den übrigen Teilen des dänischen Marschlandes in entsprechender Weise vor sich gegangen ist, wofür allerdings der exakte Beweis heute noch fehlt.

Postskriptum.

I. Im April 1935 wurde eine Messung in der Probe-fläche Nr. 2-1931 vorgenommen. Die Sandschicht hat ihre Farbe im Wirklichkeit ungeschwächt durch die ganze Ver-suchszeit (4 Jahre) beibehalten. Die Sedimentation $\frac{1}{8}$ 1931— $\frac{30}{4}$ 1935 ist ca. 22 mm gewesen. Die Eignung der Methode für Versuche von längerer Dauer wurde damit bestätigt.

II. Während eines Besuches in England im Mai 1935 wurde ich auf eine Arbeit von *F. J. Richards*: The salt marshes of Dovey Estuary IV. The rates of vertical ac-cretion, horizontal extension and scarp erosion. *Annals of Botany* 1934 — aufmerksam, die eine nahe Relation zu den hier behandelten Problemen hat. Der Druck der vor-liegenden Abhandlung war jedoch schon so weit fort-geschritten, dass ein Vergleich der Methoden und Resul-tate nicht vorgenommen werden konnte.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Vorwort	2
A. Die Entstehung der Skalling und ihre gegenwärtige Natur:	
1. Das Studienobjekt: Die Skalling	5
2. Die Entstehung der Skalling	6
3. Küstenveränderungen in den letzten 200 Jahren	12
4. Die Landschaftstypen der Skalling	15
B. Exakte Sedimentationsmessung:	
1. Gefärbter Sand als Hilfsmittel zum Studium der Sandflucht	21
2. Die Anwendung von gefärbtem Sand bei Marschstudien	27
3. Das Versuchsgebiet	30
4. Das Auslegen von Probeflächen in der Marsch	34
5. Die Anzahl der Probeflächen von 1931—33	39
6. Probeflächen zur Messung der Sedimentation 1931—33	41
7. Probeflächen 1932—33	45
8. Sedimentationsdiagramme 1932—33	73
9. Sedimentationsdiagramme 1931—34	84
10. Sedimentationstypen	87
11. Alter und Verlauf der Aufschlickung	93
12. Zusammenfassung	96

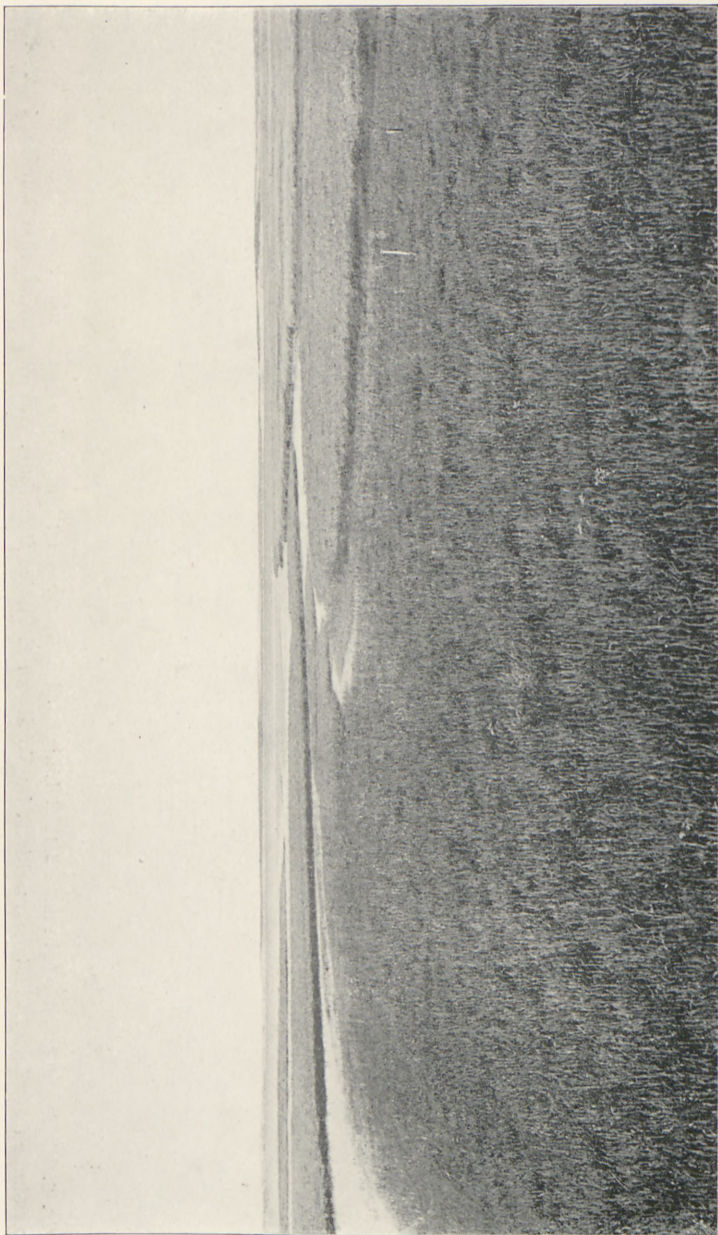


Fig. 1. Jener Teil der Aussenmarsch, wo die Probeflächen 2/1931 und 5/1931 liegen; der Merkpfad für erstere ist am rechten Rand des Bildes zu sehen, 5/1931 liegt ungefähr in der Mitte des Bildes. Von 1931—34 hat hier eine Schlickablagerung von ca. 20 mm stattgefunden. (Vgl. Diagramm Nr. 6, Fig. 10, 11 und 12.)



Fig. 2. Die Aussenmarsch bei Fläche 9/1932 Linie III. Die Bewachung bildet eine dichte und zusammenhängende Decke, gewöhnlich dominiert *Plantago maritima*, im Vordergrund *Statice limonium*. Auf dieser Lokalität wurden 1932—1933 ca. 4 mm Schlick abgelagert. Vergl. S. 33 und 61.

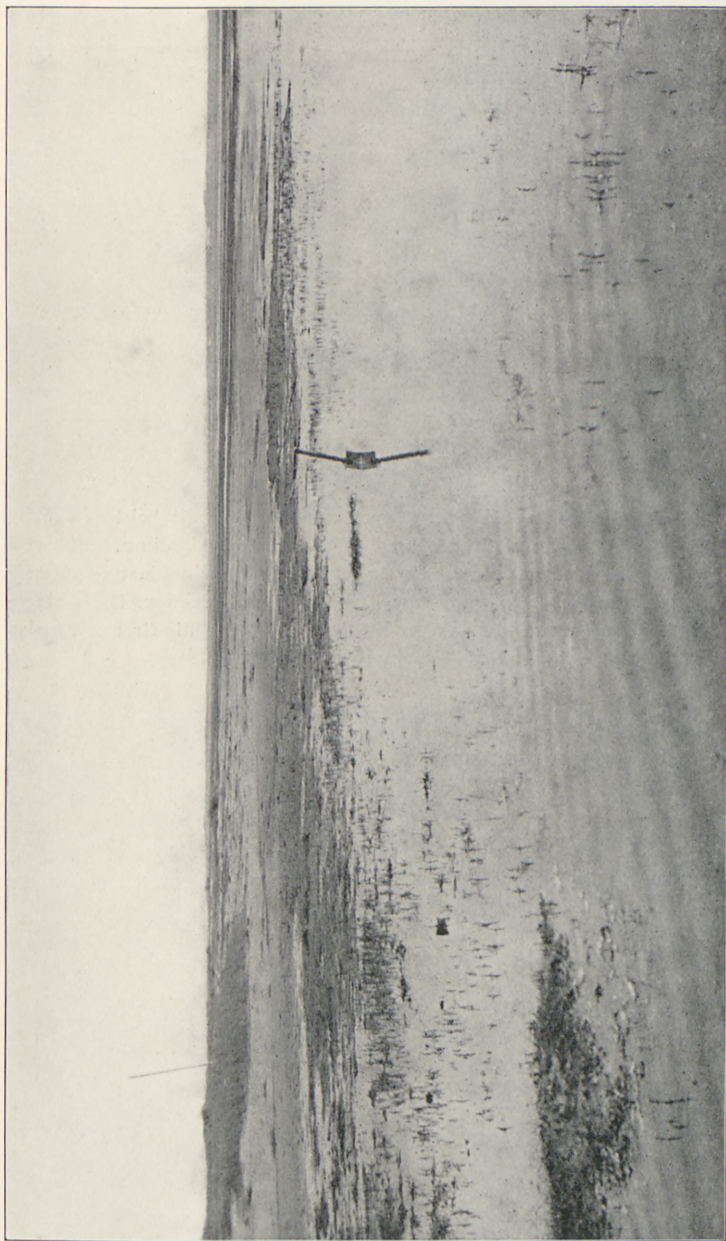


Fig. 3. Landschaft an der Probfäche 12/1932, Linie III. Das Bild ist vom Binnenwatt genommen, entlang des niedrigen Flugsandrückens zwischen diesem und der Aussenmarsch. Die Stange steht auf dem Flugsand, der Spaten auf der bei Hochwasser überfluteten Salicornia-Puccinellia-Fläche auf dem Binnenwatt. Auf dieser Lokalität wurden von 1932—1933 ca. 3 mm Sand abgelagert.



Fig. 4. Der Übergang von Binnenmarsch zum Binnenwatt bei Probefläche 23/1932 Linie III. Im Vordergrund blühende *Aster tripolium*, links von diesem Gürtel eine geschlossene Bewachsung von *Puccinellia* und ausserhalb von dieser teilweise vom Wasser gedeckte Algenflächen. Die Ablagerung ist in diesem Gebiet ganz gering, und sie bildet die Grenze für das Gebiet der marinen Sedimentation.



Fig. 5. Probefläche 16/1932, Linie III. Im mittleren Teil des Binnenwatt eine beinahe geschlossene Bewachsung von *Puccinellia*. Höhe 42 cm. Ablagerung 1932—33 6,9 mm Sand.



Fig. 6. Probefläche 14/1932, Linie III. Äusserer Teil des Binnenwatts. Die Höhe ist 31 cm. Wohlausgebildete Salicornia in schütterer Bewachsung mit vereinzelt Puccinellia-Individuen; zwischen den Gefässpflanzen eine gut entwickelte Algendecke. Ablagerung in dieser Probefläche 1932—33 3,1 mm Sand.

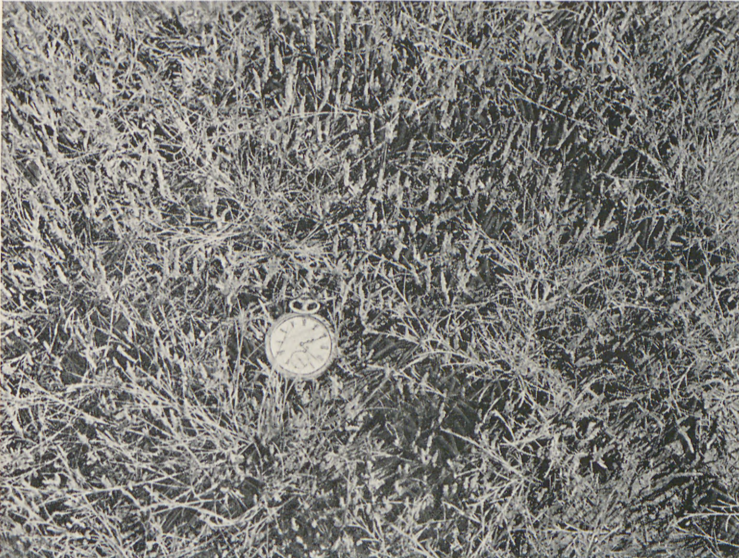


Fig. 7. Probefläche 8/1932, Linie III. Mittlerer Teil der Aussenmarsch. Geschlossene Bewachsung von Salicornia und Puccinellia. Höhe 13 cm. Ablagerung 1932—33 4,1 mm sandiger Schlick.



Fig. 8. Probefläche 9/1932, Linie III. Aussenmarsch. *Plantago maritima* ist habitueller Dominant. Höhe 27 cm. Auf dieser Fläche wurden 1932—33 3,6 mm Schlick aufgelagert.



Fig. 9. Algenfläche mit zerstreuter *Salicornia*.



Fig. 10. Probefläche 2/1931. Aussenmarsch. Üppige und recht artenreiche Marschvegetation mit *Puccinellia maritima*, *Salicornia herbacea*, *Aster tripolium*, *Plantago maritima*, *Sueda maritima*, u. s. w. Höhe 18 cm. Auf dieser Fläche wurden von 1931—33 ca. 11 mm Schlick aufgelagert, 1931—34 betrug die Aufschlickung 16,9 mm.



Fig. 11. Probefläche 5/1931. Aussenmarsch. *Puccinellia maritima*, *Salicornia herbacea*, *Plantago maritima*, *Aster tripolium*, *Sueda maritima* u. s. w. Höhe 13 cm. Ablagerung 1931—34 ca. 14,5 mm Schlick, 1931—34 22,4 mm Schlick.

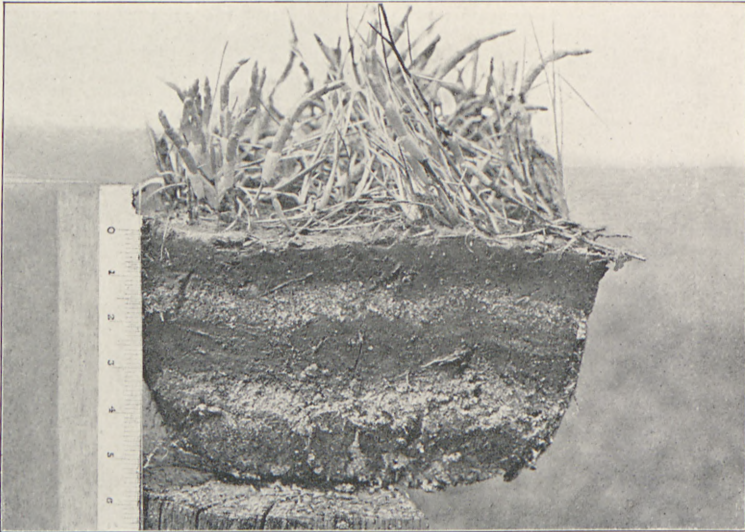


Fig. 12. Ausgehobener Block aus Probefläche 5/1931. Vegetation: *Salicornia herbacea*, *Puccinellia maritima*. Bei 15 mm am Masstab ist die gefärbte Sandschicht zu sehen, auf Schlick liegend und überlagert von ca. 15 mm Schlick. Der gefärbte Sand ist $\frac{1}{8}$ 1931 ausgelegt und die Probe wurde $\frac{20}{7}$ 1933 aufgenommen. Das Bild zeigt also das Resultat einer zweijährigen Sedimentation.

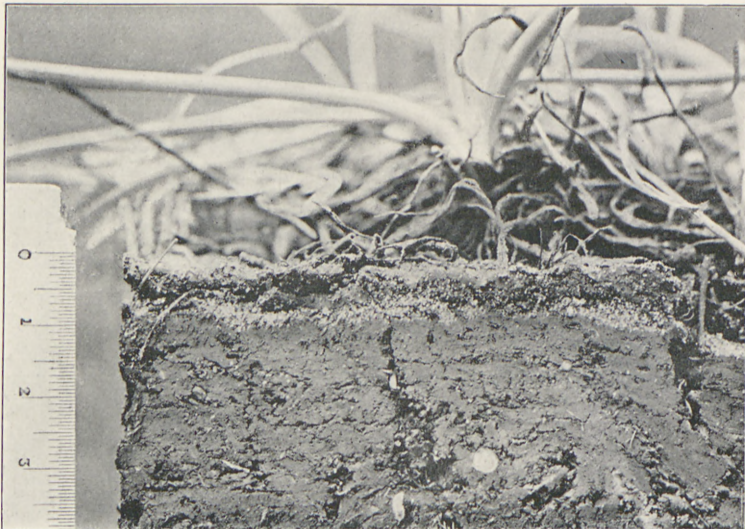


Fig. 13. Ausgehobener Block aus Probefläche 4/1932, Linie III. Vegetation: *Plantago maritima*. Bei ca. 5 mm am Masstab liegt die gefärbte Sandschicht, die durch das ganze Bild geht. Sie liegt auf Schlick und wird von ca. 5 mm Schlick überlagert. Die Fläche ist $\frac{31}{7}$ 1932 ausgelegt und am $\frac{6}{8}$ 1933 aufgenommen. Das Bild zeigt also die einjährige Sedimentation an dieser Lokalität.



Fig. 14. Ausgehobener Block aus Probefläche 4/1931. Die Probe besteht wesentlich aus Sand, aber von 10—15 mm am Masstab liegt eine dunkle Schicht, die etwas feinere Bestandteile enthält. Darüber liegt der gefärbte Sand, der bis in die Oberfläche reicht. Mächtigkeit 7—8 mm. Die Höhe der Fläche ist 53 cm. Vegetation: *Festuca rubra* mit vereinzelt *Plantago maritima*. An der Oberfläche tote Pflanzenreste. Die Probefläche ist $\frac{1}{8}$ 1931 ausgelegt und $\frac{27}{7}$ 1933 ausgehoben. Resultat: In den 2 Jahren hat keine nennenswerte Sedimentation auf dieser Lokalität stattgefunden.



Fig. 15. Algenfläche auf dem Binnenwatt. Die Schicht ist dicht mit Algenfasern durchzogen und so zäh, dass sie als zusammenhängende Decke hochgenommen werden kann. Das Blatt des Spatens ist 18 cm lang.



Fig. 16. Binnenwatt. (Algen-Salicornia-Fläche), nahe der Linie L Nr. 3. Im Vordergrund Algenfläche mit vereinzelt Salicornia. Dahinter ein Gebiet, wo *Puccinellia* einwandert.



Fig. 17. Aussenmarsch. Alte Priele, grösstenteils zugewachsen. Im Vordergrund rechts eines der im Text erwähnten tiefen Becken, wo die Gefässpflanzen nicht einwandern können, und wo die Aufschlickung daher sehr langsam fortschreitet.



Fig. 18. Skomagerslette. Schütterere Salicornia-Bewachsung. In einer vor-jährigen Wagenspur stehen die Pflanzen sehr dicht.



Fig. 19. Eine der grossen Prielen, die von der Ho-Bugt quer durch die Aussenmarsch in das Binnenwatt führt.

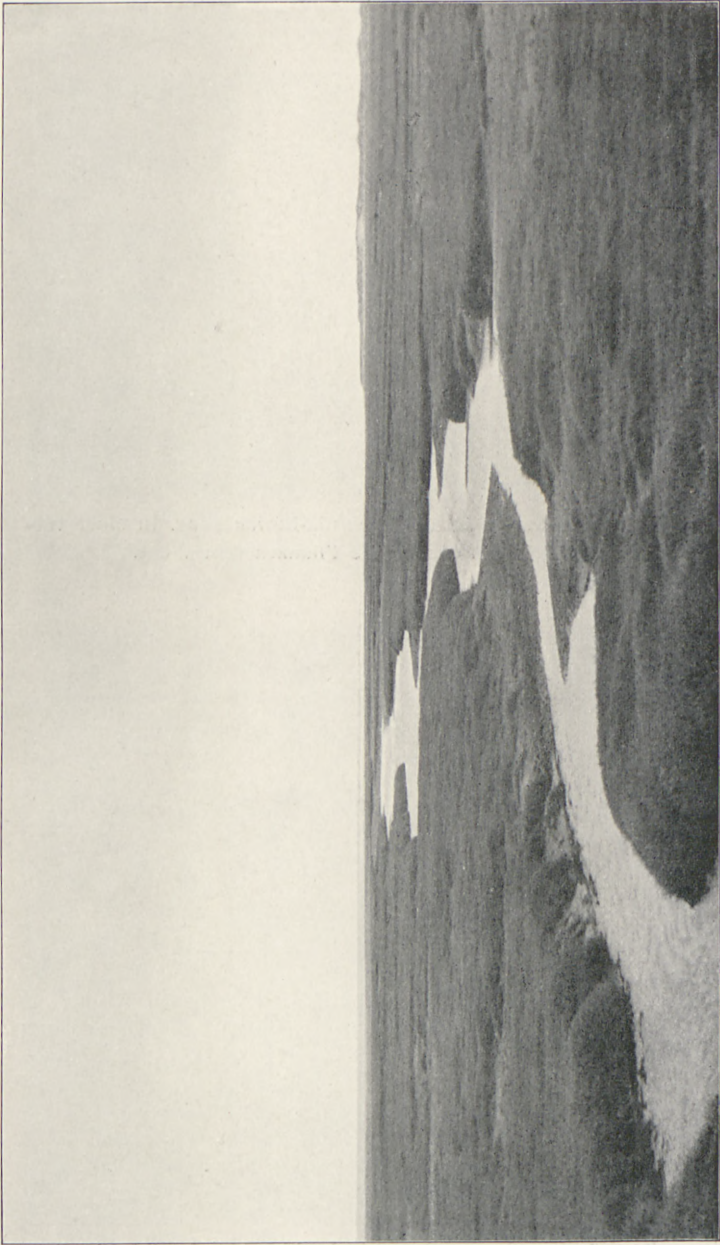


Fig. 20. Priel im südlichen Teil des Marschgebietes. Aussicht gegen Norden über grosse Marschflächen. Rechts die Dünen auf der Insel Langli.

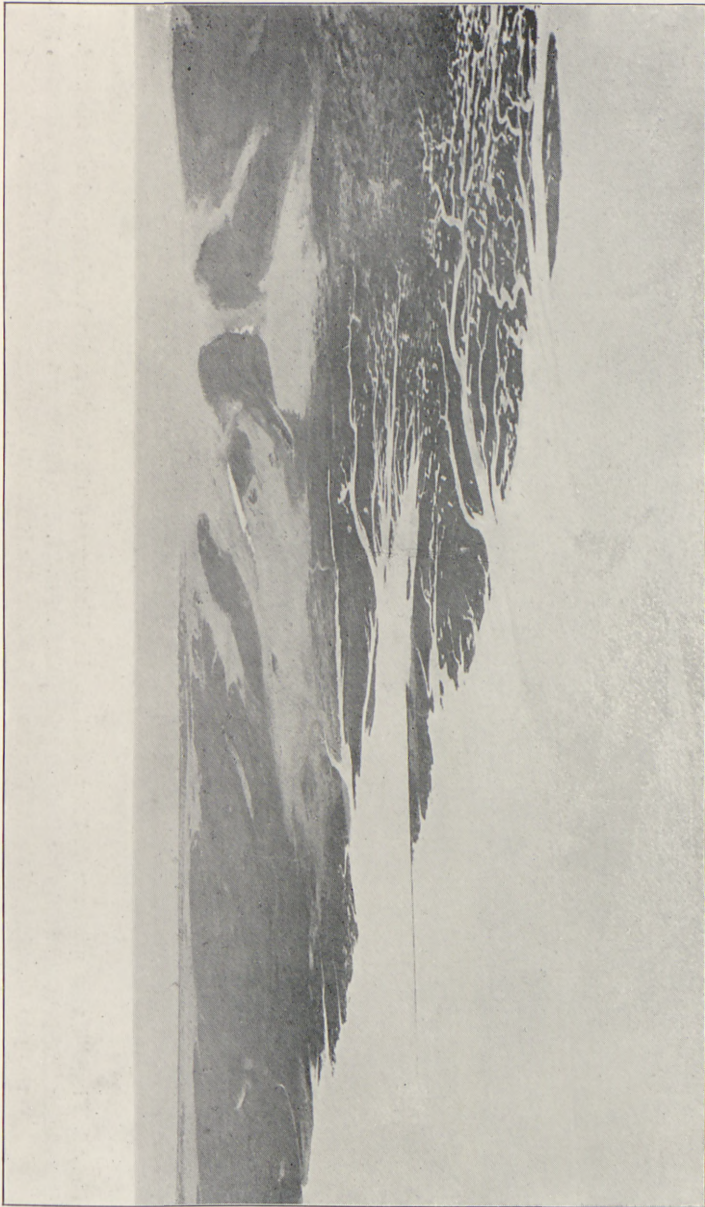


Fig. 21. Flugbild aus ca. 2500 m Höhe vom südlichen Teil der Skalling. Die graue Fläche im Hintergrund ist die grosse Sandfläche, aus der vier grosse Meerrinnen (Havrendinger) zur Ho-Bugt hinunterführen, die im Vordergrund des Bildes liegt. Zwischen den »Havrendinger« und der Bucht sieht man das Gebiet, wo die Aufschlickung vor sich geht, und das von zahlreichen Prielen durchschnitten wird. Da das Bild bei Fluthochwasser aufgenommen ist, sind sie mit Wasser gefüllt.



Fig. 22. Flugbild vom mittleren Teil der Skalling. Im Hintergrund die Nordsee, im Vordergrund die Ho-Bugt. Die Meerrinnen Sibiriens sind links im Bild zu sehen, vergl. Fig. 21. Das Gebiet, wo die Aufschlickung stattfindet, geht von der Küstenlinie bei der Ho-Bugt bis in die innersten Verzweigungen der Prielien.

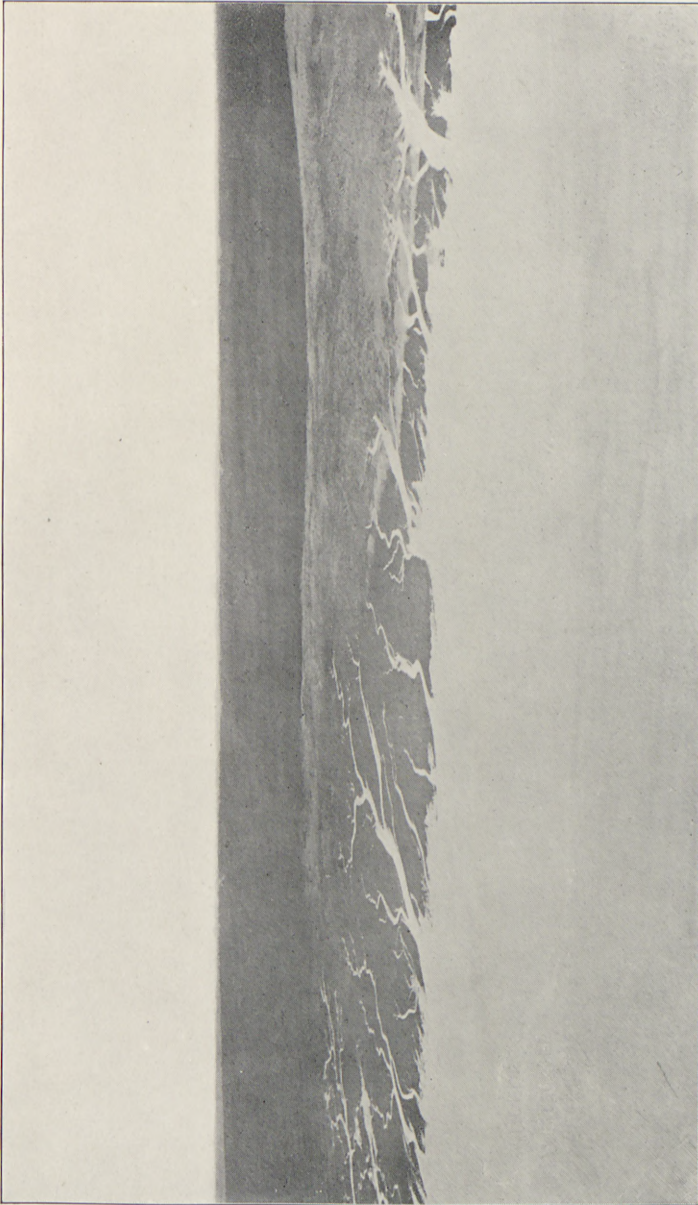


Fig. 23. Flugbild vom Versuchsgebiet. Linie I liegt ungefähr am linken Rand des Bildes und Linie III ungefähr am rechten, etwas links von der äusseren breiten Priele. Die dunkeln Flecken zunächst der Ho-Bugt sind die Aussenmarsch, wo die Aufschlickung vor sich geht. Die helle dreieckige Fläche hinter dieser ist die Binnenwatt (die Algen-Salicornia-Fläche) hinter dieser sieht man rechts im Bilde einen schmalen hellen Streifen, die Sandfluchtzone darstellend.

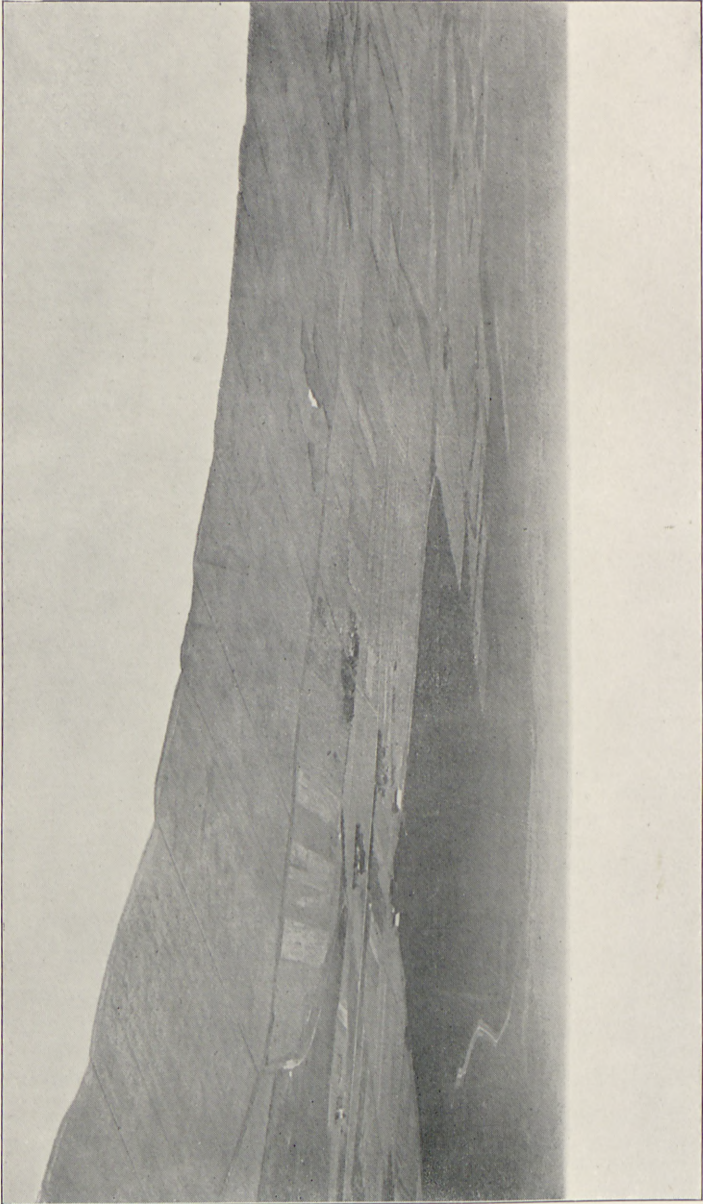


Fig. 24. Ältere, gehobene Marsch bei Dorf Ho. Die Aufschlickung ist hier beendet und die Prielien ausgefüllt. Das ganze Gebiet ist unter Kultur, aber nicht eingedeicht. Im Hintergrund Sandfluchtgebiete mit Plantagen.