

Untersuchungen über die Grundwasserverhältnisse auf Skalling.

Von Ebba Thamdrup.

(Mitteilungen aus dem Skalling-Laboratorium).

Im Anschluss an die übrigen vom Skalling-Laboratorium vorgenommenen Untersuchungen (Niels Nielsen, 1933) wurden im Sommer 1932 Studien über die Grundwasserverhältnisse der Halbinsel in Angriff genommen. Zuerst war die Absicht nur, eine Übersicht über die Grundwasserverhältnisse des eigentlichen Wattgebietes zu geben, indem es rücksichtlich der hier angestellten zoologischen Untersuchungen (H.M. Thamdrup, 1935) von Wert war, über den Grundwasserstand und die Salzkonzentration im Wattenboden im Laufe einer Trockenlage eine Übersicht zu haben.

Die Ergebnisse aus der Arbeit des betreffenden Jahres waren aber derart, dass es u. a. im Hinblick auf die botanischen Studien erwünscht war, die Untersuchung auch auf die Verteilung des salzen und süßen Grundwassers innerhalb eines Querschnitts von Skalling, sowie auf eine Darlegung über den Grundwasserstand dieses Gebietes zu erweitern.

Topographie.

Mit Bezug auf die allgemeine Morphologie von Skalling sei auf Arbeiten von Niels Nielsen (1933 und 1935) hingewiesen, und es wird deshalb zum vorliegenden Zweck genügen, die Verhältnisse längs der untersuchten Linien zu erörtern. Von diesen liegen zwei in der eigentlichen Gezeitenzone auf den Watten an der Ostküste; für beide Linien gelten dieselben oberen und unteren Grenzen, die Hochwasserlinie an der Marschkante und die Niedrigwasserlinie am Hobo Tief. Linie I (die Bühnen-Linie, Abb. 1) zerfällt in zwei gleich grosse Terrassen, eine obere mit ziemlich steiler Neigung (1:500) und vorwiegend Sandboden, und eine untere mit sanfterem Fall (1:900) und Einmischung von Schlick im Boden. An der Grenze

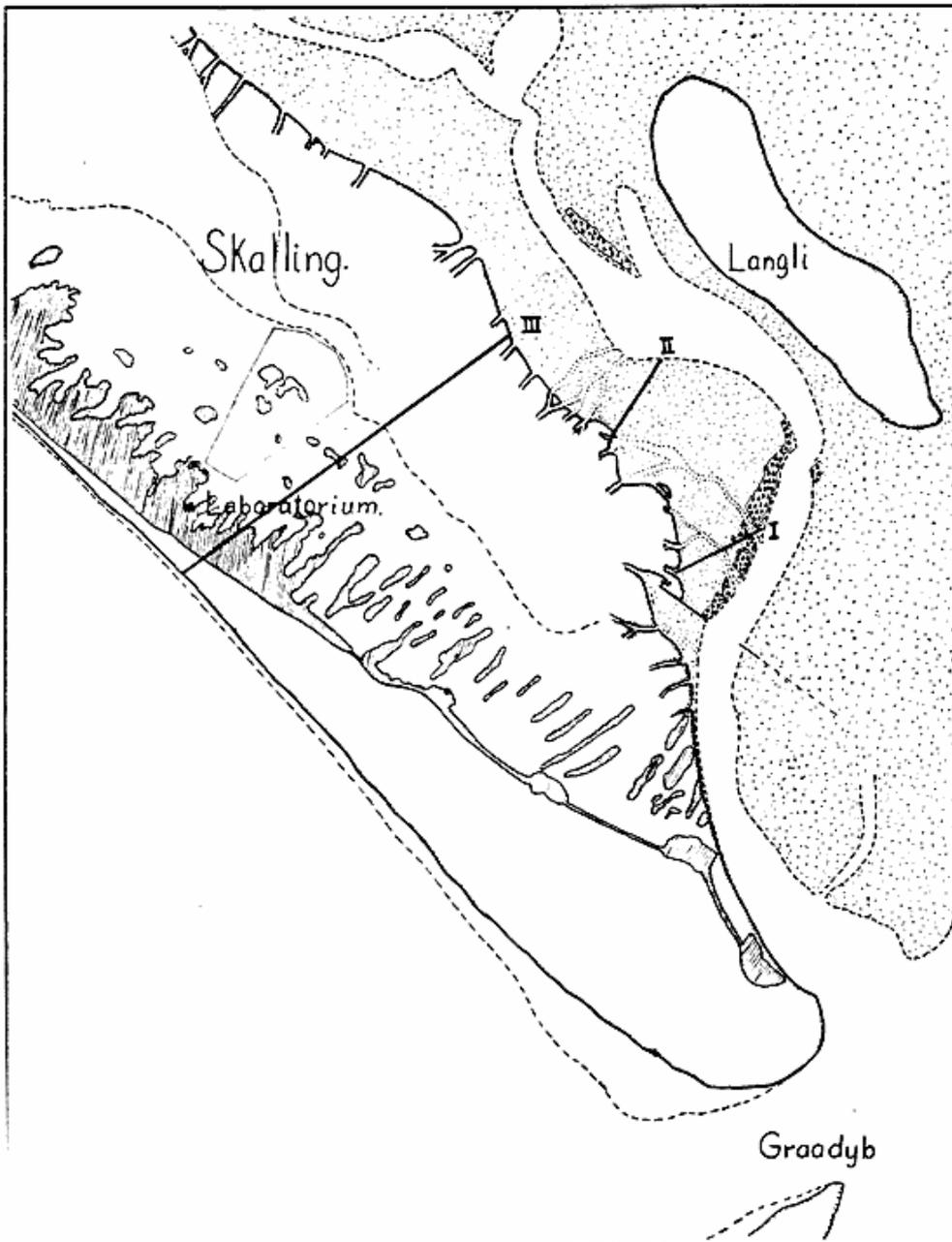


Abb. 1. Karte mit der drei Probelinien. Die Dünen schraffiert, die Watten punktiert angegeben.

zwischen den beiden Terrassen liegt der äusserste Teil eines Priels.

Linie II (die Fernsprechaus-Linie, Abb. 1) fällt dagegen gerade von der Marschkante und bis ein wenig von der Niedrigwasserlinie sehr schwach ab (1:1300), sodass der grösste Teil des Wattes verhältnismässig hoch liegt. Der Boden besteht im ganzen Querschnitt aus reinem Sande. Mit Bezug auf ausführlichere Auskünfte über

die Verhältnisse der beiden Linien sei auf H. M. Thamdrup (1935) hingewiesen.

Die dritte Linie (Abb. 1), die ca. 2,5 km lang ist, zieht sich quer über die Halbinsel winkelrecht der Westküste. Auf dem Querschnitt (Abb. 8) ist durch Zahlen von 1—18 die ungefähre Lage der Probestationen angegeben worden. Von den 18 Stationen sind die vier auf der Strandfläche westlich der Dünen gelegen. In den Meeresdünen war es mit den vorhandenen technischen Hilfsmitteln nicht

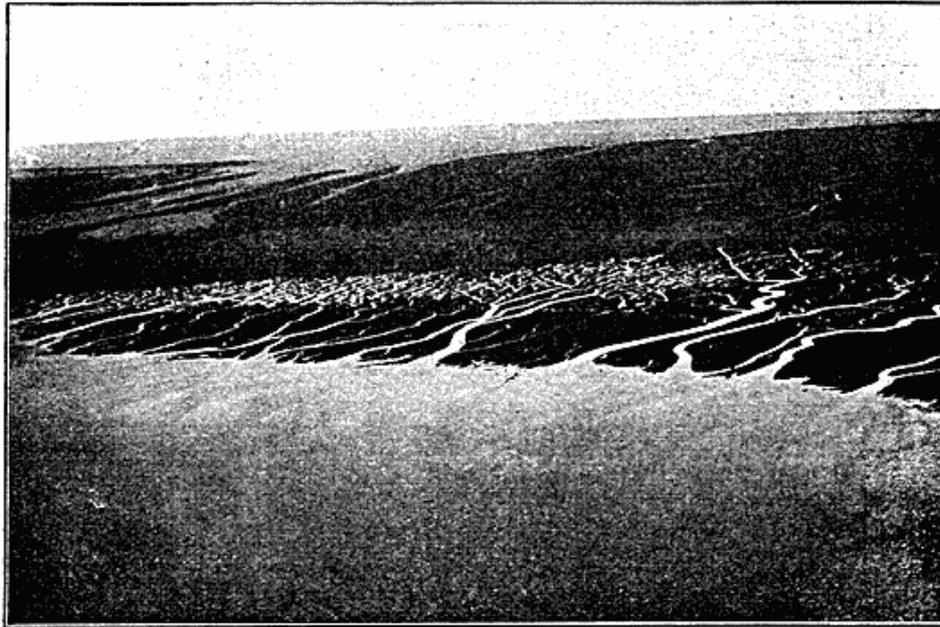


Abb. 2. Flugbild vom mittleren Teil der Skalling. Im Hintergrund die Nordsee, im Vordergrund die Ho-Bucht. Rechts ist die Probelinie III angegeben.

möglich, zum Grundwasser hinab zu gelangen. Vom Ostrande der eigentlichen Dünen erstrecken sich querlaufende, niedrigere Rücken, die durch flache, ursprünglich beim Durchbruch des Meeres gebildete Rinnen getrennt sind (vgl. Niels Nielsen, 1933); im Boden einer derartigen Rinne setzt sich die Linie mit im ganzen drei Stationen innerhalb des östlichen Ausläufers des Dünengeländes fort. Die nächsten vier-fünf Stationen liegen auf einer sanft abfallenden *Juncus Gerardi*-Wiese; dann folgt ein von häufigen Gezeitenüberschwemmungen geprägtes Gebiet; von den vier Stationen dieses Gebietes liegt Station 4 in einer vegetationsarmen, ganz schwachen Niederung mit schlechten Abflussverhältnissen, während die Stationen 1,2 und 3 sich auf einer etwas höher liegenden Marschwiese finden, wo *Puccinellia* und *Salicornia* die vorherrschenden Charakterpflanzen sind.

Der Grundwasserstand im Watt.

Bei Messungen des Grundwasserstandes im Watt war es in erster Linie erforderlich, in jedem einzelnen Fall einen Nullpunkt zu schaffen, von dem aus die Tiefenmessungen unternommen werden konnten. Zu diesem Zweck wurde auf jeder Station eine 50 cm

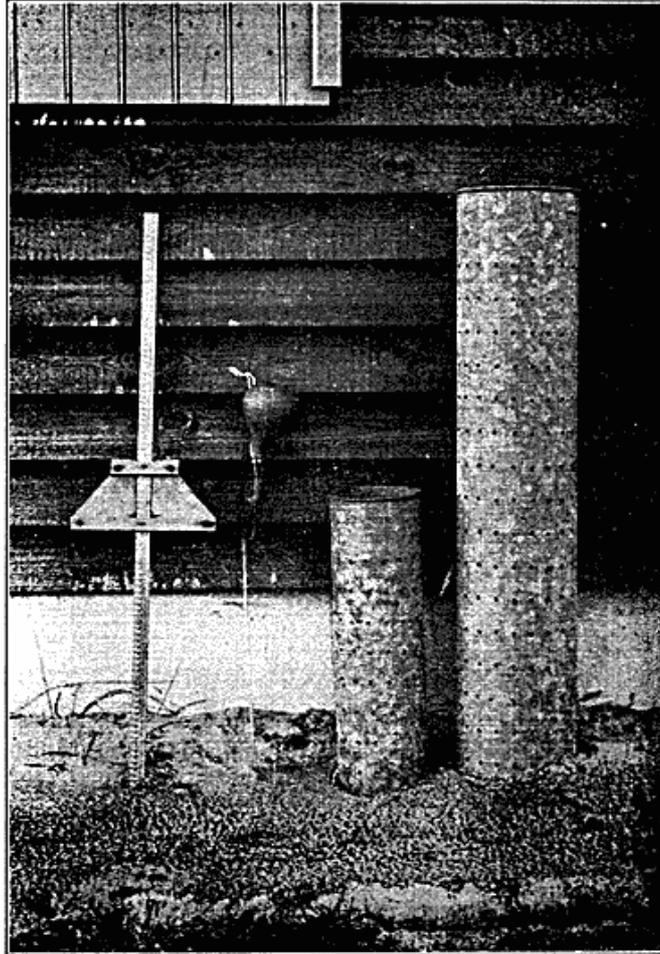


Abb. 3. Geräte für Messungen des Grundwasserstandes im Watt. Links Massstab, rechts zwei der Messröhre, die im Boden eingegraben werden. Daswischen Pipette für Wasserentnahme unter dem Grundwasserspiegel.

lange Röhre aus galvanisiertem Eisenblech (Durchmesser 15 cm) eingegraben. Der Abstand von der Oberkante der Röhre bis zur Wattoberfläche wurde mit möglichst grosser Genauigkeit festgestellt; durch ein Nivellement wurden die gegenseitigen Niveaueverhältnisse der einzelnen Röhren bestimmt. Im Hinblick auf das ungehemmte Durchlassen des Wassers durch die Röhren waren diese mit mehreren Reihen von Löchern versehen (siehe Abb. 3),

und es wurden einige Kontrollmessungen vorgenommen, welche ergaben, dass die Wasserbewegung ungehindert vor sich ging.

Auf der Bühnen-Linie wurden Messungen auf im ganzen sechs Stationen vorgenommen, und zwar am Nullpunkt in der Marschkante, sowie 25, 50, 100, 150 und 250 m vom Nullpunkt. Schon auf der letztgenannten Station liessen sich keine Änderungen des Grundwasserstandes im Laufe einer normalen Trockenlage nach-

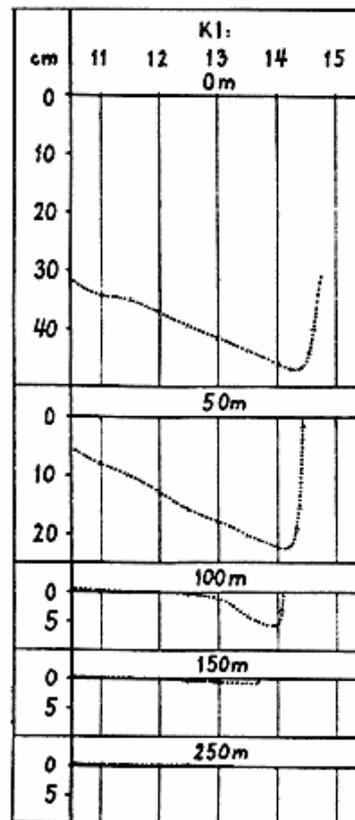


Abb. 4. Kurven über die Grundwasserschwankungen an sechs Stationen der Bühnen-Linie 20. Juli 1932. Die Ordinate bezeichnet die Tiefe unter der Bodenoberfläche, die Abzisse die Zeit.

weisen, und weiter aussen standen ebenfalls während der ganzen Zeit der Ebbe kleine Tümpel zwischen den Sandwurmhügelchen, weshalb es nicht versucht wurde, Messungen hier vorzunehmen.

Die Messungen auf den übrigen fünf Stationen zeigten alle dasselbe. *Etwas nachdem der Meeresspiegel sich von einer Station zurückgezogen hatte, fiel der Grundwasserstand mit gleichmässiger Geschwindigkeit, nicht nur bis zur Zeit der niedrigsten Ebbe sondern bis 5—10 Minuten vor dem Zeitpunkt, zu welchem die Flutwelle die fragliche Station wieder erreichte.* Abb. 4 zeigt ein einzelnes charakteristisches Beispiel, in Kurvenform dargestellt. Auf der Ab-

szissenachse ist die Zeit, auf der negativen Ordinate der Abstand des Grundwasserspiegels von der Oberfläche angegeben. Die Messungen wurden in der Zeit von 10³⁰ bis 14³⁰ halbstündlich vorgenommen, die letzten 10—15 Minuten vor der Überflutung jeder einzelnen Station fanden doch alle drei Minuten Messungen statt.

Indem die fünf Kurven unter einander angebracht worden sind, sodass die entsprechenden Zeitangaben in einer senkrechten Linie stehen, wird gleichzeitig veranschaulicht, dass der Grundwasserstand der inneren Stationen sehr gut fallend sein kann, während das Wasser auf den ausserhalb liegenden Stationen im Steigen begriffen ist, ja sogar nachdem es dieselben überflutet hat.

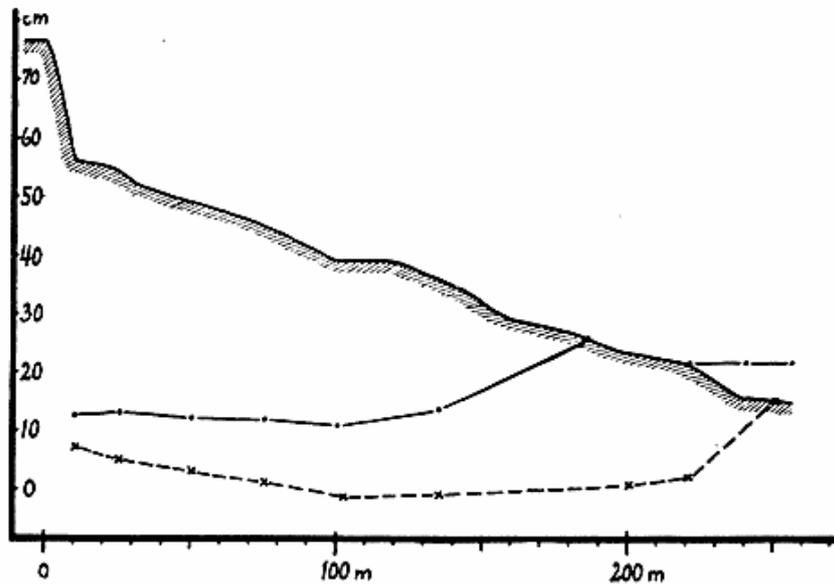


Abb. 5. Querschnitt der oberen Teil der Bühnen-Linie mit Angabe des Grundwasserstandes zu verschiedenen Zeitpunkten (dieselben wie in Abb. 3); Niedrigwasser um 10,24 Uhr.

Zur weiteren Beleuchtung des Verhältnisses ist ein Querschnitt des Wattes von 0—250 m gezeichnet worden (Abb. 5); in denselben wurde der Grundwasserstand zu verschiedenen Zeitpunkten während einer Ebbe eingezeichnet. Es wird augenfällig sein, dass der Grundwasserspiegel im letzten Teil der Ebbeperiode einen eigentümlichen Verlauf hat, indem er auf der Strecke zwischen 80—100 m vom Nullpunkt, also ziemlich nahe demjenigen Punkte, in welchem der Grundwasserspiegel normalerweise bis an die Oberfläche reicht, am tiefsten liegt. Auch unter aussergewöhnlichen Verhältnissen wiederholt sich das Bild, so wie es aus der Abb. 6 hervorgehen wird, welche die Zustände im innersten Gebiet der Bühnen-Linie während einer Periode im Mai 1935 mit sehr niedrigem Wasserstand darstellt. Die Flutwelle war an den drei vorhergehenden

den Tagen nicht höher als bis 125 m vom Nullpunkt gelangt, sodass der Grundwasserstand selbst unter dem höchsten Wasserstand (Kurve I) in einer Tiefe steht, die normalerweise nicht einmal bei Ebbe erreicht wird.

Eine erschöpfende Erklärung dieses Verhältnisses lässt sich zur Zeit nicht geben, das Nachstehende darf nur als der Versuch einer Erklärung angesehen werden. Setzt man eine freie Wasseroberfläche einem gleichartigen Saugen durch das untenliegende Bodenmaterial aus, wird die Wasseroberfläche mit gleichmässiger Geschwindigkeit bis zu dem Augenblick sinken, da sie den Erdboden berührt; dann wird die Bewegung einige Zeit einhalten, indem ein

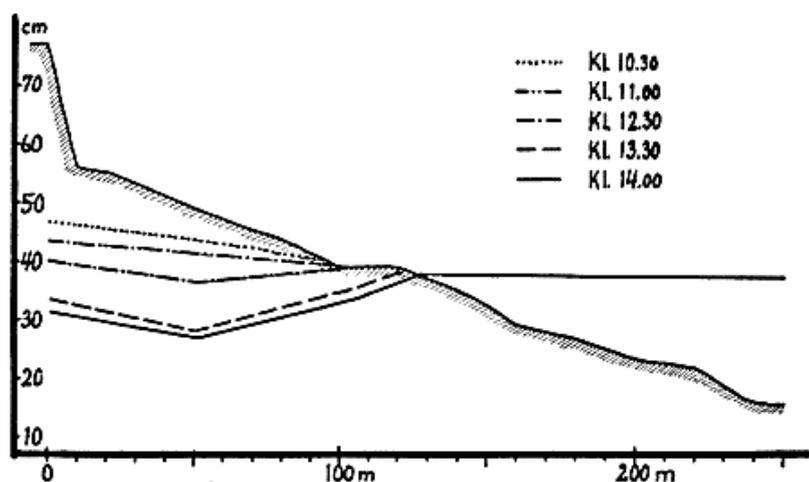


Abb. 6. Grundwasserstand im oberen Teil der Bühnen-Linie während einer Periode mit sehr niedrigem Wasserstand in der Ho-Bucht, Mai 1935. Obere Kurve (I, mit entsprechender freien Wasseroberfläche rechts) bei höchstem Wasserstand gemessen

stark vergrössertes Saugen erforderlich ist, um die zusammenhängende Wasserfläche in die sehr grosse Anzahl Minisken zu zerteilen, welche nun gebildet werden müssen, ehe das Wasser weiter in den Sand absinken kann. Darauf setzt sich die Bewegung wieder gleichmässig fort.

Im Watt entsteht das Saugen durch den Druckunterschied zwischen dem Grundwasser der inneren höherliegenden und dem der äusseren niedrigerliegenden Teile des Wattes, oder zwischen diesen und der freien Oberfläche des Meeres. Da dieser Druckunterschied je nach dem Fall des Wattes über eine grössere oder längere Strecke verteilt ist, wird auch der Widerstand gegen die Bewegung im Wattboden mit einspielen, und ist der Fall gering, wird der Widerstand so gross werden können, dass für das Brechen des Wasserspiegels nicht genügend Kraft übrig bleibt, und ein weiteres Absin-

ken dadurch unterbunden wird. Dies könnte so vom äusseren Teil der Bühnen-Linie (Fall 1:900), sowie von der Fernsprechhaus-Linie gelten, wo der Grundwasserspiegel während der ganzen Ebbe in der Oberfläche des Wattes liegt. Für die äussere Terrasse der Bühnen-Linie liesse sich auch denken, dass die Korngrösse, die hier ziemlich fein ist (schlickgemischter Sand), das Herabsinken des Wassers äusserlich behindert wird. Der schräg ansteigende Grundwasserspiegel zwischen 80 und 100 m vom Nullpunkt sollte demnach dem

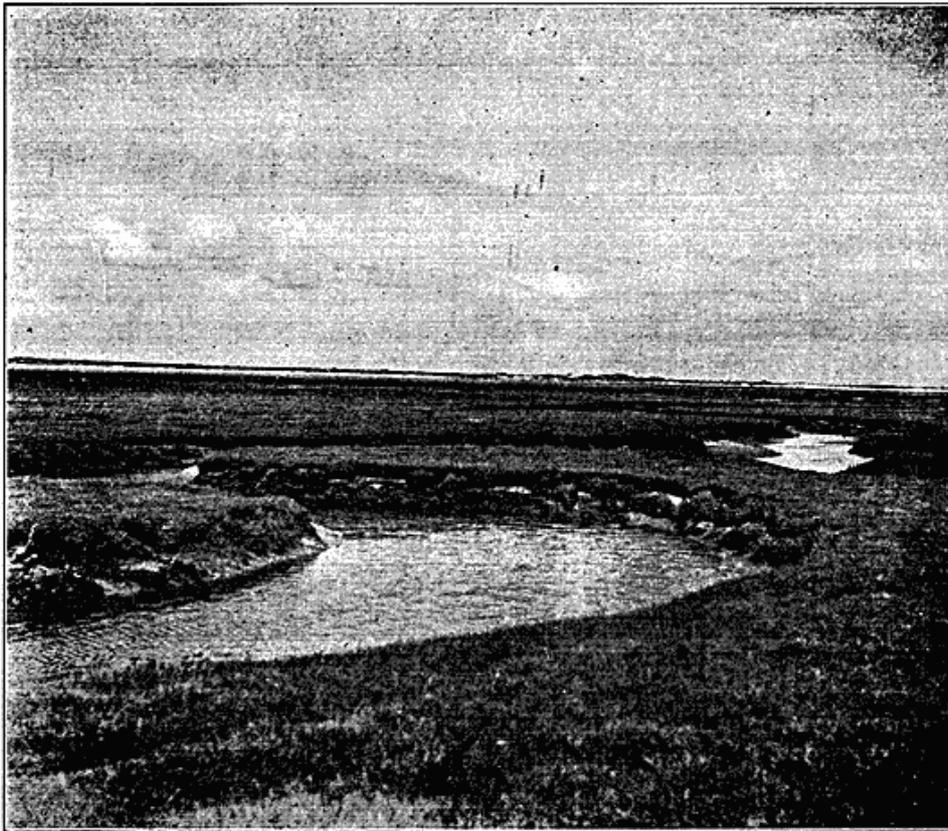


Abb. 7. Aussenmarsch mit einer der grossen Priele; in der Nähe von Station 2 (Linie III).

äussersten Gebiet entsprechen, wo das Wasser unter normalen Verhältnissen die Oberfläche passieren kann; wenn dies geschehen ist, kann das Absinken innerhalb dieses Gebietes während der ganzen Ebbe gleichmässig erfolgen bis zu dem Augenblick, da die Flutwelle sich wieder nähert und von oben in den Boden hineindringt.

Der Grundwasserstand in der Marsch.

Bei Messung des Grundwasserstandes im Marschgebiet wurde festgestellt, dass der Wasserstand hier wie im Watt unmittelbar

vor dem Kommen der Flutwelle am niedrigsten war. Im Gebiete zwischen der Marsch und den Dünen wurden Änderungen im Grundwasserstand nachgewiesen; da die Untersuchung sich aber nur über eine kürzere Periode erstreckte, liess sich ein Zusammenhang mit dem Verlauf der Gezeitenbewegungen nicht nachweisen, so wie es anderorts an Gezeitenküsten nachgewiesen worden ist. (E. Blanck, 1930).

Die Salzkonzentration im Watt.

Bei der Entnahme von Proben wurden Glasflaschen von 10 cm³ mit zugeschliffenem Glasstöpseln verwendet, und auf Anraten des Professors Hakon Lund, Aarhus, wurde der Salzgehalt durch Titrierung nach der Volhard'schen durch Drechsel (Treadwell, 1917) modifizierten Methode bestimmt. Die Umrechnungen von Cl ‰ in Salz ‰ wurden mittels der hydrographischen Tabellen Martin Knudsens (1901) vorgenommen.

Die Untersuchungen über den Salzgehalt des Wattengrundwassers fanden auf den beiden vorerwähnten Probelinien statt, und die Proben wurden kurz vor dem Zurückziehen des Wassers von einer Station und ca. ½ Stunde vor dem Eintreten der Flutwelle auf derselben Station genommen, was dem höchsten und dem niedrigsten Wasserstand entspricht. Ein Beispiel von jeder der beiden Probelinien wird unten angeführt. Die Salzmenge wird in ‰ angegeben.

Buhnen-Linie am 22. Juli 1932.

Stationen, m vom Nullpunkt:	0	25	50	100	150	250
Bei beginnender Trockenlage, 9 Uhr	28,9	32,3	33,4	34,6	34,8	32,2
Gegen Ende der Trockenlage, 11 Uhr	33,8	32,5	33,7	33,8	34,7	32,2

Fernsprechhaus-Linie am 12. Juli 1933.

Stationen, m vom Nullpunkt:	0	150	300	450
Bei beginnender Trockenlage, 10 Uhr	31,1	32,1	32,5	32,2
Gegen Ende der Trockenlage, 16 Uhr	31,5	32,6	32,9	32,7

Diese beiden Beispiele zeigen, dass der Salzgehalt im Wattengrundwasser gewöhnlicherweise nur ganz kleine Schwankungen unterworfen ist; das geringe Steigen, das sich gegen Ende der Trockenlage nachweisen lässt, ist zweifellos der Verdampfung von der Oberfläche zu verdanken. Andererseits ist es auch wahrscheinlich, dass starke Regengüsse während der Trockenlage das Salzprozent der oberflächlichen Schichten des Wattenbodens werden herabsetzen können; bei den auf Skalling über dieses Verhältnis vor-

genommenen Observationen gelang es doch nie solche Änderungen nachzuweisen.

Alles in allem muss man deshalb sagen, dass der Salzgehalt der Wattstrecken östlich von Skalling ausserordentlich konstant ist, und dass man in dieser Zone keine Spur von Süßwasserausströmungen findet.

Die Salzkonzentration der Priele.

Infolge des oben erwähnten wurde die nächste Stufe der Untersuchung die Bestimmung der Salzkonzentration in den Prielen, um dadurch festzustellen, ob in deren Gebiet (siehe Abb. 6) ein Auslösung des Wassers stattfand. Da von den Prielen so gut wie immer grössere Wasserproben herbeigeschafft werden könnten, wurde der Salzgehalt durch ein Universalaraeometer bestimmt.

An einem Priel entlang gerade östlich des Laboratoriums wurden 4 Stationen mit passenden Zwischenräumen markiert; die Ergebnisse dreier Reihen Probeentnahmen, über eine Tideperiode am 19. Juli 1932 verteilt, stehen unten angeführt:

	6 Uhr Eine Stunde nach Hochwasser	10 ³⁰ Uhr Kurz vor nie- drigster Ebbe	14 Uhr Kurz vor dem Ein- treten der Flutwelle
In der Niederung, wo der Priel entspringt	33,6	35,9	37,0
ca. $\frac{1}{3}$ der Strecke nach der Ho-Bucht	30,9	32,6	32,7
ca. $\frac{2}{3}$ der Strecke nach der Ho-Bucht	29,8	30,0	30,0
Am Ausfluss des Priels ...	28,2	29,1	32,7

Der Salzgehalt ist somit über die ganze Strecke gross; auch hier kann ein Steigen im Laufe der Trockenlage nachgewiesen werden; das Steigen, das von Verdampfung herrühren muss, ist demgemäss in den innersten, seichten Strecken am grössten.

Die Schwankungen des Salzgehalts während einer Tide wurden ferner im Ausfluss sieben verschiedener Priele bestimmt; und die gewonnenen Ergebnisse bestätigen das oben behandelte Beispiel. *Es liessen sich also auch im Prielgebiet keine Süßwasserausströmungen nachweisen.*

Die Salzkonzentration im Grundwasser der eigentlichen Halbinsel.

Darauf wurde auf der vorerwähnten Linie quer über Skalling eine Bestimmung der Salzkonzentration vorgenommen; die Konzentration wurde teils in den obersten Schichten des Grundwassers, teils in 30—40 cm Tiefe unter dem Grundwasserspiegel und endlich in grösserer Tiefe von 2—4 m unter der Erdoberfläche bestimmt.

Technische Hilfsmittel bei der
Probeentnahme.

Bei der Entnahme von Wasser aus 30—40 cm Tiefe wurde eine Glaspipette aus schwerem Pyrexglas mit einem grossen Gummiballon und mit einer Zelluloidröhre an der Spitze zum Einbohren in den Boden verwendet (Abb. 3).

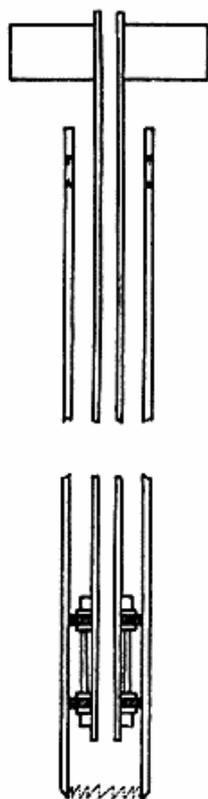


Abb. 8. Die zur Wasserentnahme aus grösseren Tiefen (bis 4 m) verwendete Röhrentype. Erklärung im Texte S.

Da es aus praktischen Gründen nicht möglich war, sich bei der Wasserentnahme aus grösseren Tiefen der gewöhnlich benutzten Röhrentypen zu bedienen, wurden 2—4 m lange, galvanisierte Eisenröhren mit einem auswendigen Durchmesser von 2—3 cm benutzt. Diese Röhren liessen sich einfach in den Boden hineinhämmern,

indem das Material, solange man sich oberhalb des Grundwasserspiegels befand, aus dem Röhreninnern mittels eines an einem passend langen Stiel befestigten Spiralbohrers entfernt werden konnte; sobald man zum Grundwasser hinabgelangt war, wurde eine andere und bequemere Methode in Verwendung gebracht; mittels eines Stempels (Abb. 8) mit hohler Stempelstange liess sich das Material im untersten Ende aufschlämmen und durch kräftiges Stossen mit der Stempelstange aus derselben hinausspritzen.

Wenn eine Person die Stempelstange handtierte und eine andere mittels einer Zange die Röhre hineinpresste, war es auf diese Weise möglich, in verhältnismässig kurzer Zeit die Röhre hineinzutreiben. Im ganzen wurden vier Röhren von 2 m und eine von 4 m Länge angebracht. Die letzte wurde auf der Strecke zwischen den Stationen 12 und 14 hineingebohrt, jedoch nicht auf der Verbindungslinie, sondern aus praktischen Gründen etwas südlich derselben in einem Windbruch einer Düne, wo diese die erforderliche Höhe gab, sodass der Bau eines Gerüstes nicht nötig war. — Bei der eigentlichen Probenentnahme wurde derselbe Stempel benutzt; das obere Ende der hohlen Stempelstange war aber nun mit einer Flasche verbunden; 3—5 Stösse genügten gewöhnlich, um die hinlängliche Wassermenge herbeizuschaffen.

Einen Überblick über den Salzgehalt des Grundwassers auf dieser Linie gewinnt man am leichtesten, wenn man die Abb. 9 betrachtet. Der Salzgehalt ist in Cl ‰ angegeben, da im Dünengebiet Wasser mit anderen Salzen angetroffen werden kann, so dass eine Umrechnung von Clor- zu Salzpromille möglicherweise nicht richtig sein würde. Die Zahlen stehen in derjenigen Tiefe unter der Oberfläche angeführt, in welcher die Proben genommen wurden.

Es ist augenfällig, dass man auf Grund des Chlorgehalts in den obersten Schichten des Grundwassers eine Einteilung in gewisse scharf abgegrenzte Gebiete vornehmen kann. Die Strecke von den Dünen nach der Ho-Bucht hinaus zerfällt so in drei Zonen. Die östlichste mit ziemlich grossem Salzgehalt zieht sich von der Ho-Bucht bis an das Gebiet zwischen den Stationen 5—6; ihre westlichsten Stationen sind eigentümlich genug die salzesten, dies ist aber lediglich darauf zurückzuführen, dass das Wasser wegen der schlechten Entwässerungsverhältnisse in flachen Tümpeln zurückstehen bleibt, die einer bisweilen sehr starken Verdampfung ausgesetzt sind. Zone II mit einem Chlorpromille von 8—10 erstreckt sich über die Stationen 6—9; darauf bildet die Station 10 den Über-

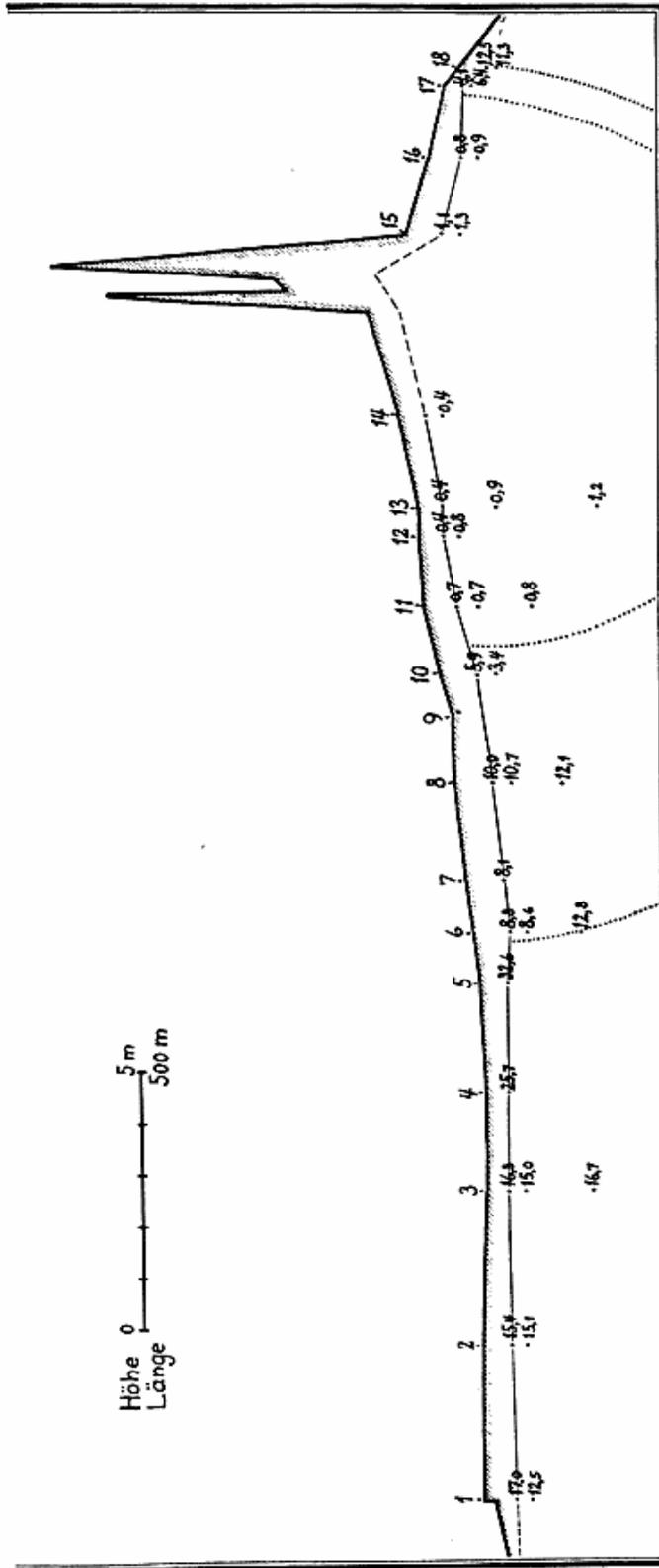


Abb. 9 Querschnitt der Halbinsel (Linie III) mit Angabe der 18 Stationen; die Zahlen geben die Cl. ‰ an und stehen in derjenigen Tiefe unter der Oberfläche angeführt, in welcher die Proben genommen wurden. Die gestrichelte Linie bezeichnet den Grundwasserspiegel. Die zwei konkaven Linien jenseits des Dünengebietes sind Isohalinen, die 10 bez. 1 ‰ Cl. entsprechen.

Station	Kote *)	1932		1933									
		Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Septb.	Okt.
1	52,0	17	26	7	17	8	5	4	4	9	14	2	14
2	55,5	17	21	6	14	6	4	3	4	7	10	1	13
3	50,5	17	27	7	17	8	5	4	4	9	14	2	14
4	48,5	18	29	8	18	10	9	5	5	18	16	3	15
4	62,0	16	15	4	12	4	3	1	3	6	6		12
6	74,0	12	8	2	7	3	1	1		4	3		7
7	91,0	11	5		3	1				2			4
8	110,0	6	1		2								2
9	113,0	5			1								2
10	138,5	2											1
11	170,5	1											1
12	180,0												

Tabelle über die Anzahl der Hochwasser, die im Laufe eines Jahres die verschiedenen Stationen von Linie III überflutet haben (von November 1932 bis November 1933).

gang zur dritten Zone mit den sehr niedrigen Chlorpromillen, ja mit so gut wie süßem Wasser.

Setzt man dies mit der Anzahl von Hochwassern in Verbindung, welche die drei Zonen überfluten, wird es aus der Tabelle (S.) hervorgehen, dass während die äussere Zone normalerweise das ganze Jahr unter dem Einfluss der Hochwasser steht, wird die mittlere Zone nur von den aussergewöhnlichen Hochwassern erreicht, die die häufigen und heftigen Südwestwinde im Sommer und Herbst hervorrufen (siehe näheres: H. M. Thamdrup, 1935). Die dritte Zone ist das Gebiet, das nur ganz ausnahmsweise, wie bei Sturmfluten, vom Meerwasser erreicht wird.

Auf der Strandfläche westlich der Dünen wiederholt sich das Bild. Im Grundwasser ganz dicht an der Strandkante, d. h. der normalen Hochwasserlinie, beträgt das Chlorpromille 12,5, schon 50 m weiter innen ist es auf ca. 5 gefallen und von der nächsten Station ab bis an dem Dünenfusse liegen die Werte um ein Mittel von 1. Wegen der im Vergleich zum Lande östlich der Dünen geringen Breite der Strandfläche und wegen des verhältnismässig starken Ansteigens liegen die Zonen weit dichter als da.

Es erübrigt sich nur noch, das Chlorpromille der tieferliegenden Wasserschichten zu erörtern. Da es nicht möglich war, Wasser von

*) in cm. über die dänische Normal-Null.

grösseren Tiefen als ca. 4 m herbeizuschaffen, kann die Untersuchung nur einen Fingerzeig über die Verhältnisse geben. In den äusseren Teilen der Marschwiese ist in allen beobachteten Fällen 30 cm unter dem Grundwasserspiegel eine etwas geringere Salzkonzentration gefunden worden als gerade an der Oberfläche. Der Grund dazu kann vielleicht Verdampfung von den obersten Schichten sein, etwas Sicheres lässt sich aber darüber nicht sagen. Die übrigen Stationen zeigen eine höhere Chlorkonzentration je tiefer die Probe genommen wurde; im eigentlichen Dünengebiet und auch auf der Strandfläche ist das Steigen doch nur ganz gering.

Bei Untersuchungen über den Salzgehalt des Grundwassers in ähnlichen Gebieten (Norderney, Deutschland) hat Herzberg (1901) gefunden, dass die Grenze zwischen dem süsse und dem salze Grundwasser am tiefsten unter dem höchsten Punkte des Grundwasserspiegels liegt, sodass Süsswasser gewissermassen wie eine Linse auf dem Salzwasser ruht.

Dies muss wie es aus Abb. 9 herausgeht auch für Skalling den Fall sein, und zwar so, dass *das Süsswasserreservoir der Halbinsel mit ziemlich scharfen Grenzen am Dünengebiet geknüpft ist. Des geringen Umfangs der Dünen wegen ist der Süsswassereinfluss, der von hier ausgeht sehr begrenzt, und der Austausch mit dem Salzwasser im Boden geschieht schon in einer engen Zone an beiden Seiten des Dünengeländes.*

LITTERATUR

1930. Blanck, E.: Handbuch der Bodenlehre, v. 5.
1901. Herzberg, A.: Die Wasserversorgung einiger Nordseebäder, Gesdh. Ing. v. 24.
1901. Knudsen, M.: Hydrographische Tabellen.
1933. Nielsen, Niels: Jordfællesskabet paa Skallingen. Meddelelser fra Skallinglaboratoriet. Geogr. Tidsskr., v. 36, Hefte 1—2.
1935. Nielsen, Niels: Eine Methode zur exakten Sedimentationsmessung. Mitteilungen aus dem Skallinglaboratorium. Kgl. Danske Vid. Selskab. Biol. Medd. XII, 4.
1935. Thamdrup, H. M.: Beiträge zur Ökologie der Wattenfauna auf experimenteller Grundlage. Mitteilungen aus dem Skallinglaboratorium. Medd. fra Kom. for Danmarks Fiskeri og Havundersøgelser, Ser. Fiskeri, X, 2.
1917. Treadwell, F. P.: Kurzes Lehrbuch der analytischen Chemie, v. II, Quantitative Analyse.
-

grösseren Tiefen als ca. 4 m herbeizuschaffen, kann die Untersuchung nur einen Fingerzeig über die Verhältnisse geben. In den äusseren Teilen der Marschwiese ist in allen beobachteten Fällen 30 cm unter dem Grundwasserspiegel eine etwas geringere Salzkonzentration gefunden worden als gerade an der Oberfläche. Der Grund dazu kann vielleicht Verdampfung von den obersten Schichten sein, etwas Sicheres lässt sich aber darüber nicht sagen. Die übrigen Stationen zeigen eine höhere Chlorkonzentration je tiefer die Probe genommen wurde; im eigentlichen Dünengebiet und auch auf der Strandfläche ist das Steigen doch nur ganz gering.

Bei Untersuchungen über den Salzgehalt des Grundwassers in ähnlichen Gebieten (Norderney, Deutschland) hat Herzberg (1901) gefunden, dass die Grenze zwischen dem süsse und dem salze Grundwasser am tiefsten unter dem höchsten Punkte des Grundwasserspiegels liegt, sodass Süsswasser gewissermassen wie eine Linse auf dem Salzwasser ruht.

Dies muss wie es aus Abb. 9 herausgeht auch für Skalling den Fall sein, und zwar so, dass *das Süsswasserreservoir der Halbinsel mit ziemlich scharfen Grenzen am Dünengebiet geknüpft ist. Des geringen Umfangs der Dünen wegen ist der Süsswassereinfluss, der von hier ausgeht sehr begrenzt, und der Austausch mit dem Salzwasser im Boden geschieht schon in einer engen Zone an beiden Seiten des Dünengeländes.*

LITTERATUR

1930. Blanck, E.: Handbuch der Bodenlehre, v. 5.
1901. Herzberg, A.: Die Wasserversorgung einiger Nordseebäder, Gesdh. Ing. v. 24.
1901. Knudsen, M.: Hydrographische Tabellen.
1933. Nielsen, Niels: Jordfællesskabet paa Skallingen. Meddelelser fra Skallinglaboratoriet. Geogr. Tidsskr., v. 36, Hefte 1—2.
1935. Nielsen, Niels: Eine Methode zur exakten Sedimentationsmessung. Mitteilungen aus dem Skallinglaboratorium. Kgl. Danske Vid. Selskab. Biol. Medd. XII, 4.
1935. Thamdrup, H. M.: Beiträge zur Ökologie der Wattenfauna auf experimenteller Grundlage. Mitteilungen aus dem Skallinglaboratorium. Medd. fra Kom. for Danmarks Fiskeri og Havundersøgelser, Ser. Fiskeri, X, 2.
1917. Treadwell, F. P.: Kurzes Lehrbuch der analytischen Chemie, v. II, Quantitative Analyse.
-