

ARCHIV
FUR FORSCHUNG
TECHNIK UND VERWALTUNG
IN MARSCH UND WATTENMEER



ARCHIV
FUR FORSCHUNG
TECHNIK UND VERWALTUNG
IN MARSCH UND WATTENMEER

HERAUSGEBER:
DER OBERPRÄSIDENT
DER PROVINZ SCHLESWIG=HOLSTEIN

ZWEITER JAHRGANG HEFT 1

1939

DRUCK UND KOMMISSIONSVERLAG:

WESTHOLSTEINISCHE VERLAGSANSTALT BOYENS & Co. HEIDE I. HOLST.

Inhaltsverzeichnis

MAGENS, Claus, Dr. Ing., Wasserwirtschaftsstelle beim Oberpräsidium in Kiel:	
Die Grundwasserstandsbewegungen beim Bau der Eiderschleuse	•
bei Nordfeld	1
BANTELMANN, Albert, Dr., Provinzialstelle für vor- und frühge- schichtliche Landesaufnahme und Bodendenkmalpflege in Kiel:	
Das nordfriesische Wattenmeer, eine Kulturlandschaft der Vergangenheit	39
BUSCH, Andreas, Bauer auf Nordstrand:	
Alte Deichquerschnitte auf Sylt, ein Beitrag zu den Fragen der Anfangsentwicklung des Deichbaues	116
DITTMER, Ernst, Dr., Geologischer Sachbearbeiter, Forschungsabtei-	-
lung des Marschenbauamtes Husum:	
Zur Verbreitung altinterglazialer Meeresablagerungen in Nord- friesland	123
DITTMER, Ernst, Dr.:	100
Einrichtung einer Bohrsammelstelle in Husum	128

Westküste

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

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

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

Manuskripte sind zu richten an das Oberpräsidium in Kiel.

Die Grundwasserstandsbewegungen beim Bau der Eiderschleuse bei Nordfeld.*)

Von Claus Magens.

Inhalt.

Einleitung	2
Abschnitt I. Die Schwankungen des Grundwasserstandes unter dem Einfluß der Gezeiten	
1. Das Beobachtungsgebiet	3
2. Die Theorie der Grundwassertide	6
3. Anwendung der Gleichung (7) auf die Messungen von Nord-	
feld	9
4. Die Ursachen der Gezeitenerscheinung im gespannten Grundwasser	Ü
a) Die Entstehung der Druckschwankungen	12
b) Der Uferwiderstand	20
Abschnitt II. Die künstliche Entspannung des Grundwassers	
1. Die Arten der künstlichen Beeinflussung des gespannten	
Grundwasserspiegels	21
2. Die Theorie der Grundwasserabsenkung im gespannten Grundwasser	
a) Die Spiegelgleichung bei vollkommenem Einzelbrunnen .	23
b) Die Spiegelgleichung bei unvollkommenem Brunnen	24
3. Anwendung der Gleichungen auf die Messungen von Nord-	47
feld	
a) Der Grundwasserabsenkversuch	25
b) Die Gesamtanlage	30
Zusammenfassung	36
Schriftenverzeichnis	•

^{*)} Diese Abhandlung erscheint zugleich als Dissertation zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs der Technischen Hochschule Berlin.

Einleitung.

Während des Baues der Eiderschleuse, der einen Bestandteil des Gesamtbauvorhabens für die Eiderabdämmung bei Nordfeld bildete, wurde der natürliche Zustand des Grundwassers durch die Baumaßnahmen stark beeinflußt.

Die Notwendigkeit einer dauernden künstlichen Wasserhaltung in unmittelbarer Nähe der Eider für die Dauer von mehreren Jahren ließ es notwendig erscheinen, den hydraulischen Zusammenhang zwischen dem Eiderwasserspiegel und dem gespannten Grundwasserspiegel zu untersuchen, um rechtzeitig einem Aufbruch der Baugrubensohle unter dem Wasserdruck durch geeignete Maßnahmen vorzubeugen. Der Umfang des von der Bauleitung durchgeführten Grundwasserbeobachtungsdienstes wurde deshalb nicht nur bestimmt durch die Folgeerscheinungen der künstlichen Grundwasserentspannung, sondern besonders ausgerichtet auf die regelmäßigen und oft ziemlich beträchtlichen Schwankungen des gespannten Grundwasserspiegels unter dem Einfluß der Gezeiten. Diese verursachten in der Eider bis zum Bau des Absperrdammes einen mittleren Tidehub von annähernd 2,50 m.

Die Beschreibung und Begründung der technischen Folgerungen aus dem Ergebnis der Beobachtungen, sowie die Wahl der künstlichen Entspannungsanlagen und weitere bautechnische Maßnahmen, sollen nicht Gegenstand dieser Arbeit sein. Vielmehr bot die Fülle der gewonnenen Beobachtungsergebnisse über den Rahmen der rein bautechnischen Erwägungen hinaus Gelegenheit, die bekannten Theorien über die Grundwasserbewegungen auf ihre Anwendbarkeit unter den angetroffenen, äußeren Bedingungen eingehend zu prüfen.

Der Gegenstand der Arbeit erforderte deshalb eine Teilung in zwei Abschnitte, die scheinbar völlig zusammenhanglos nebeneinanderstehen.

Der erste Abschnitt behandelt die Gezeitenerscheinung im Grundwasser, der zweite die Auswirkung der künstlichen Entspannung.

Derartige Spiegelschwankungen, hervorgerufen von den Gezeiten benachbarter Gewässer, sind an vielen Orten der Küste bei planmäßigen Grundwasserbeobachtungen festgestellt worden. Vielfach wird aber nur die Tatsache an sich erwähnt, ohne den Vorgang in Ursache und Wirkung genauer zu betrachten. Stellenweise ist nur aus dieser Erscheinung der Schluß gezogen worden, daß das Grundwasser in unmittelbarer Verbindung mit dem Gewässer stehen müßte, in dem die Gezeitenbewegung auftritt. An der Nordseeküste sind unter anderem diese Tideschwankungen beobachtet worden in Hamburg, Brunsbüttelkoog, Cuxhaven, Bremerhaven, Wilhelmshaven, Emden und an mehreren Stellen der holländischen Küste. Es ist daher als gültig anzunehmen, daß sie an allen Tideküsten auftreten, an die sich Grundwasser-

becken anschließen. Eingehende Erörterungen über die Entstehung dieser Schwankungen beziehungsweise über ihre Größe und Abhängigkeit von der Spiegelschwankung im Tidegewässer habe ich nur gefunden bei BOHLMANN (3), bei Walther (37) und bei Steggewentz (32). Der lettere entwickelt mathematische Beziehungen über die Größe der Tideschwankungen im Grundwasser und weist deren Anwendbarkeit an den Meßergebnissen von Bohlmann nach. Angeregt durch die genannten Schriften hat Verfasser es unternommen, die bei Nordfeld beobachteten Gezeitenschwankungen des Grundwassers mit den Gleichungen Steggewentz' zu vergleichen und darüber hinaus versucht, zur Erklärung von Ursache und Wirkung der Tideerscheinungen im gespannten Grundwasser durch Deutung der einzelnen Meßergebnisse beizutragen.

Im zweiten Abschnitt ist sodann unter möglichster Ausschaltung des Tideeinflusses die Auswirkung der künstlichen Grundwasserentspannungsanlage untersucht worden. Die bekannten Gleichungen, die für die Grundwasserbewegung nach einem Entnahmebrunnen hin auf Grund des darcyschen Filtergesetzes von Forchheimer (8), Thiem (34) und Dachler (4) angegeben werden, wurden auf die Beobachtungen in Nordfeld mit gutem Erfolg angewandt.

Diese Trennung des gesamten Stoffes ergab sich daher lediglich aus der Aufgabenstellung und aus der Verschiedenartigkeit der den untersuchten Gesetzen zugrunde liegenden Erscheinungen, die bei Nordfeld gleichzeitig auftraten. Indessen bestand für die gesamten Untersuchungen ein enger Zusammenhang zwischen beiden ursächlich verschiedenen Spiegelschwankungen insofern, als sie sich gegenseitig stark beeinflußten. möglichte die Einwirkung der Grundwasserentspannung auf die Gezeitenschwankungen bestimmte Schlüsse über deren Ursache und Wirkung, während andererseits gleichsinnige Abweichungen in bestimmten den gesetzmäßigen Spiegelschwankungen bei Beobachtungsrohren von beiden Erscheinungen gestatteten, deren Ursache eindeutig auf andere, meist geologische Einflüsse zurückzuführen. In dieser Hinsicht und vor allem auch in ihrer praktischen Bedeutung für ähnliche Bauaufgaben im Tidebereich der Nordseeküste bildet daher das behandelte Fragengebiet eine Einheit, die durch die Zusammenfassung unter dem Thema der vorliegenden Arbeit zum Ausdruck kommen mag.

Abschnitt I.

Die Schwankungen des Grundwasserstandes unter dem Einfluß der Gezeiten. 1. Das Beobachtungsgebiet.

Das Beobachtungsgebiet umfaßt die nähere Umgebung der Baustelle bei Nordfeld auf beiden Ufern der Eider (Abb. 1). Das Gelände ist alluviale Flußmarsch, die durchweg auf etwa ± 0,00 NN zwischen den nördlich bei Drage und südlich bei Kleve und Hennstedt aufsteigenden altdiluvialen Geesthöhen liegt. Das sehr gewundene Flußbett der Eider ist von Ufer zu Ufer etwas weniger als 200 m breit und etwa 7—8 m tief unter Tmw. An einzelnen Stellen ist die Sohle bis 12 und 18 m tief ausgewaschen.

Aus den zahlreichen Bohrungen ergab sich ein ziemlich regelmäßiger Schichtenaufbau (Abb. 2). Bis zur Tiefe von etwa — 10,0 m NN findet sich Schlickton mit eingelagerten Torf- und Schilftorfschichten geringer Mächtigkeit, dessen Feinsandgehalt von oben nach unten zunimmt. Darunter bis zu einer Tiefe von etwa — 36,0 m NN (nur einmal erbohrt) liegen als Grundwasserleiter hellgraue bis graubunte Sande. Die Korngrößen der Proben schwankten in den oberen Lagen zwischen 0,1 und 1,0 mm, in den tieferen Schichten fand sich allgemein etwas gröberes Gut.

Unter der Sandschicht muß nach anderen Erfahrungen in der Eiderniederung Geschiebemergel vermutet werden.

Beide über diesem Geschiebemergel liegenden Schichten waren mit Wasser gefüllt. Während jedoch in den Kleischichten nur sehr langsame Bewegungen des Grundwassers (bei Erdarbeiten wahrgenommen) stattfanden, schwankte der gespannte Spiegel des Wassers in den Sandschichten regelmäßig mit den Gezeiten in der Eider um einen Mittelstand bei etwa — 0,30 m NN.

Das Einzugsgebiet dieses gespannten Grundwassers ist auf der Geest zu suchen, während der Abfluß zur Ebbezeit in die Eider geschieht. Da diese aber mit ihrem Wasserstand während etwa zweimal 6 Stunden täglich höher steht als der gespannte Grundwasserspiegel, andererseits ihre Sohle die Sandschicht nicht anschneidet und deshalb nur schlecht durchlässig ist, so ist der Abfluß in die Eider nur gering. Das Druckgefälle, welches vom Geestrand zum Eiderufer hin besteht, ist ungestört nur eine kurze Zeit am Tage etwa um Tnw in der Eider vorhanden. In der übrigen Zeit überträgt sich die senkrechte Gezeitenbewegung auch auf den Grundwasserdruck im Sande.

Die Grundwasserstände wurden vom Dezember 1933 bis Juni 1936 regelmäßig beobachtet. Die einzelnen Beobachtungsrohre sind ihrer Lage nach im Lageplan (Abb. 1) eingetragen. Sie bestanden mit Ausnahme der Brunnen 19 und 20, die nur in die obere Kleischicht eintauchten, aus Rohren mit angehängtem Gewebefilter von 1 m Länge und wurden in der Regel zweimal täglich mit Hilfe der Brunnenpfeife beobachtet. Dabei ist versucht worden, möglichst den höchsten und den niedrigsten Wasserstand täglich zu erfassen. Wie gelegentliche Prüfungen ergaben, ist es meistens gelungen. Einzelne Rohre waren zeitweilig mit einem Schreibpegel System Fuess ausgerüstet. Um die Beobachtungen zu vervollständigen, wurde das anfänglich nur aus 5 Rohren bestehende Beobachtungsnet im Februar 1935 auf 21 und

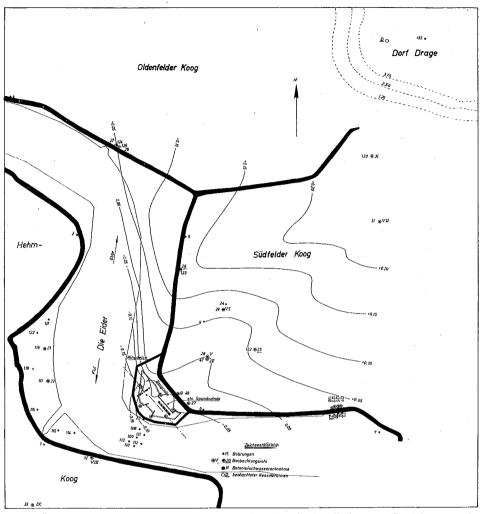


Abb. 1. Übersichtslageplan mit den Linien gleicher Druckspiegelhöhe des Grundwassers im natürlichen Zustand*).

im Oktober 1935 auf 30 Brunnen erweitert. Die täglich zweimaligen Messungen wurden mehrfach in ganzen Brunnenreihen so vermehrt (oft bis zu stündlichen Messungen), daß die gesamten Spiegelschwankungen über mehrere 24 Stunden hinweg festgehalten werden konnten. Ein seit September 1933 in der Eider bei Nordfeld aufgestellter Schreibpegel ermöglichte stets den Vergleich der Grundwasserbeobachtungen mit den Eiderwasserständen. Zur Beurteilung des Tideeinflusses wurden vor allem die Messungen während der Zeit des ungestörten Zustandes nach Vollendung des Schleusendurchstichs,

^{*)} Die Doppelkreise in der Baugrube beziehen sich, angefangen von links oben, auf folgende Beobachtungsbrunnen: IV, I (benachbarte Doppelkreise), darunter entgegen dem Uhrzeigersinn verlaufend: 12, 13, 16, 11 u. 10. Rechts unter B 48 bei 27: Brunnen III.

Ende Oktober und November 1935 herangezogen. Die Angaben über die Auswirkung der künstlichen Entspannung des Grundwassers beruhen auf den mittleren Wasserständen, die aus den jeweils innerhalb der genannten Zeiträume gewonnenen Meßergebnissen errechnet worden sind.

Aus den sich für den November 1935 ergebenden mittleren Druckspiegelhöhen in den einzelnen Brunnen, die etwa dem Normalzustand entsprechen, ist auf Abbildung 1 das Netz der Linien gleicher mittlerer Druckspiegelhöhen (Isohydrohypsen) für das Beobachtungsgebiet aufgetragen. Die wenigen Messungen auf dem Südufer reichten zur Erweiterung der Darstellung nicht aus. Im allgemeinen ist aus der Abbildung das ziemlich gleichmäßige, aber schwache Gefälle von der Geest zum Flusse hin zu erkennen.

2. Die Theorie der Grundwassertide.

Die Schwankungen des Grundwasserspiegels unter dem Einfluß der Gezeiten in der Eider sind als sehr gesetmäßig beobachtet worden. Auch die Angaben in dem genannten Schrifttum gehen fast alle dahin, daß in den Beobachtungsbrunnen ein regelmäßig mit dem äußeren Wasserspiegel gleichlaufendes Steigen und Fallen des Druckspiegels beobachtet werden konnte. Die Weite dieser Schwingung ist um so kleiner, je weiter der beobachtete Brunnen vom Ufer des Tidegewässers entfernt ist, und der Eintritt des Thw und Tnw in den einzelnen Brunnen verzögert sich mit zunehmender Entfernung vom Ufer. Steggewentz (32) entwickelt für die Gezeitenschwankung im Grundwasser bei freiem, waagerechtem Spiegel und senkrechtem, durchlässigem Ufer unter Zugrundelegung eines Einstaues von Außenwasser in den Grundwasserleiter die Gleichung:

$$\Phi = M + S \cdot e^{-E \cdot x} \cdot \sin n \left(t - \frac{F}{n} \cdot x\right)$$
 (1)

worin E =
$$\sqrt{\frac{n}{2a^2} \cdot \frac{V + b^2 \cdot n^2 + b \cdot n}{1 + b^2 \cdot n^2}}$$
 (2)

$$F = \sqrt{\frac{n}{2a^2} \cdot \frac{\sqrt{1 + b^2 \cdot n^2} - b \cdot n}{1 - b^2 \cdot n^2}}$$
 (3)

$$a^2 = \frac{k \cdot D}{\mu} \tag{4}$$

$$b = \frac{\mu}{k_7} (\xi - D) \tag{5}$$

ist.

In diesen Gleichungen bedeuten:

- die Höhe des Grundwasserspiegels im Steigrohr eines Brunnens im Abstand x vom Flusse oder Seeufer, über der undurchlässigen Grundsohle,
- M den mittleren Wasserstand im Tidefluß oder in der See über der undurchlässigen Grundsohle,

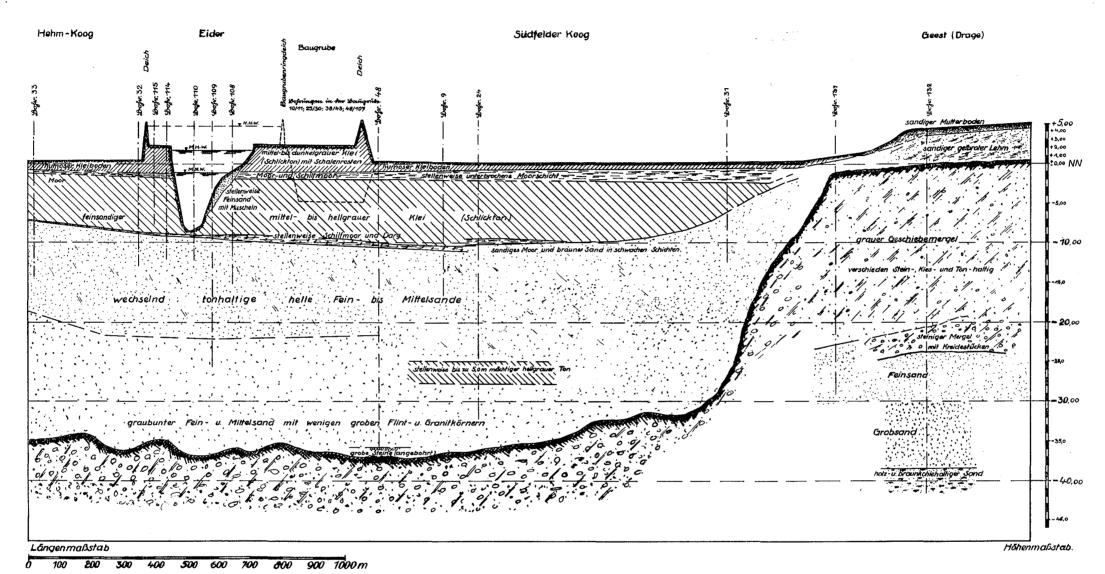


Abb. 2. Schichtenaufbau des Beobachtungsgebiets.

- S den halben Tidehub der Gezeitenschwingung des Spiegels im Fluß oder in der See,
- n die Schwingungszahl der zweimaltäglichen Tide 1,405. 10-4 Umdr./sec.
- t die Zeit in Sekunden,
- K den Durchlässigkeitswert der Sandschicht in m/sec,
- D Die Stärke der wasserführenden Sandschicht,
- μ die Wassermenge je Raumeinheit, die notwendig ist, um die Poren der Decklage über der Sandschicht völlig zu sättigen,
- k_z den Durchlässigkeitsbeiwert in senkrechter Richtung des die Decklage bildenden Bodens.
- den mittleren Abstand der Oberfläche der Kapillarzone in der Deckschicht von der wasserdurchlässigen Grundsohle.

Als kennzeichnende Bedingungen für die Wasserstandsbewegungen in den Steigrohren werden festgelegt:

- 1. für x = O ist $\Phi = M + S$. sin $(n \cdot t)$ das heißt unmittelbar am Ufer ist weder eine Verzögerung noch eine Dämpfung der äußeren Tidebewegung vorhanden.
- 2. Für $x = \infty$ ist $\frac{\delta \Phi}{\delta M} = O$ das heißt die durch die Tidebewegung im offenen Außenwasser erregte Schwankung im Grundwasserstand läuft im Unendlichen aus.
- 3. Für t = O und x > O ist Φ = f (x) das heißt die Größe der Schwankung im Grundwasserstand ist abhängig von der Entfernung der betrachteten Stelle vom Ursprung der Erregung, also vom Ufer des Gezeitengewässers.

Für die HW-Scheitel der Gezeitenschwingung im Grundwasser gilt:

$$S \cdot e^{-E \cdot x} = A_x \tag{6}$$

worin A_x die Schwingweite (Amplitude), also den halben Tidehub der Grundwassertide im Abstande x vom Ufer bedeutet.

In seiner Arbeit wendet nun Steggewentz diese Gleichung (6) auf die Verhältnisse an, die Bohlmann (3) in Brunsbüttelkoog angetroffen hat. Er geht dabei von der Voraussetjung aus, daß unabhängig von der unmittelbaren Ursache der Tideschwankungen im Grundwasser die Gleichung (1) in den örtlichen Verhältnissen angepaßter Form auch für gespanntes Grundwasser und für beliebig geformtes und schlecht durchlässiges Flußufer mit genügender Annäherung anzuwenden ist. Da am Ufer bei x = O erfahrungsgemäß die Grundwassertide schon eine gewisse Dämpfung aufweist, führt er, um die Gleichung (6) den örtlichen Verhältnissen anzupassen, den sogenannten Uferwiderstand W ein, um den die Schwingweite S der freien Außenwasserschwingung verringert werden muß, um die Anfangsschwing-

weite im Grundwasser bei x = O zu erhalten. Es ergibt sich so die Beziehung für den Thw-Scheitel bei x zu:

$$(S - W) \cdot e^{-E \cdot x} = A_x \tag{7}$$

Steggewentz weist nach, daß die Messungen von Bohlmann bei Brunsbüttelkoog mit genügender Genauigkeit die Gleichung erfüllen, nachdem aus zwei ausgewählten Messungen die Werte E und W ermittelt wurden.

In Gleichung (1) stellt der Ausdruck $\frac{F}{n}$ die Verzögerung je Längeneinheit des Eintritts des HW-Scheitels gegenüber dem Anfangspunkt der Bewegung mit x=0 dar. Wie bei Bohlmann so ist auch hier die Verzögerung je Längeneinheit annähernd gleichbleibend. Nach den übrigen Angaben des Schrifttums berichtet Steggewentz, daß die Verzögerung je Längeneinheit mit wachsendem x zunimmt, obgleich die Gleichung (1) dies nicht zum Ausdruck bringt, da sowohl F als auch n stetige Werte sind, die nicht abhängig von der Größe x sind.

Hierauf weist auch Steggewentz kurz hin und führt als Hauptursache die Tideschwankung mit größerer Periode (Nipp- und Springtide) an.

Auch FORCHHEIMER (8) veröffentlicht eine Gleichung ähnlicher Form wie Gleichung (1), wobei die Werte E und F ersetzt sind durch den Wert

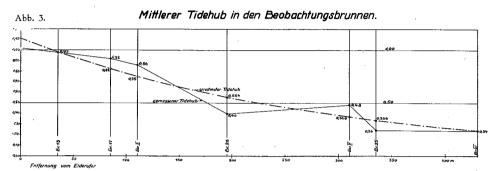
$$\epsilon = \sqrt{\frac{n}{2a^2}} = \sqrt{\frac{n \cdot \mu}{2k \cdot M}}$$

Diese Gleichung ist von Forchheimer auch nur für ungespanntes Grundwasser in gut durchlässigem Boden abgeleitet worden und stellt den Zustand des dynamischen Gleichgewichts dar, welches sich in absehbarer Zeit einstellt.

Eine im folgenden noch zu behandelnde Frage ist, ob tatsächlich ein Eintritt von Wasser aus dem offenen Tidegewässer in das Grundwasser stattfindet, wie sowohl Steggewentz als auch Bohlmann zunächst annehmen. Die Frage kann hier vorläufig dahingehend beantwortet werden, daß, wenn eine Möglichkeit für diesen Wasseraustausch nicht vorhanden oder stark erschwert ist, auch dadurch eine Tidebewegung im Grundwasser entstehen kann, daß das vom Einzugsgebiet, also von binnen kommende Wasser angestaut wird. Die Voraussetzung des ursprünglich ebenen Wasserspiegels wird dabei zugunsten eines dem Flußufer zugeneigten Wasserspiegels verlassen. Für verhältnismäßig geringe Gefällswerte können sich dabei beachtliche Abweichungen von dem rechnerischen Ergebnis kaum einstellen, wie die Messungen in Brunsbüttelkoog auch bestätigen, wo ebenfalls ein geringes Grundwasserdruckgefälle besteht. Diese Möglichkeit schließt daher eine Gültigkeit der genannten Gleichungen nicht aus. Wohl aber sind gewisse Abweichungen bei stärkerem Gefälle des Grundwasserspiegels denkbar, wie aus den Messungen in Nordfeld hervorgeht.

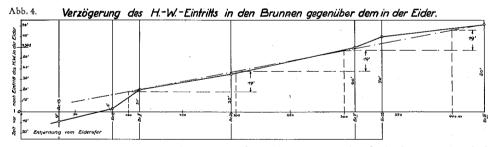
3. Anwendung der Gleichung (7) auf die Messungen von Nordfeld.

Die für diese Untersuchungen günstige Anordnung der Beobachtungsbrunnen hat es in Nordfeld ermöglicht, ziemlich genaue Aufschlüsse über das Wesen dieser Vorgänge im gespannten Wasser zu erhalten. Im folgenden soll festgestellt werden, ob die Gleichung (7) auch für die Nordfelder Mes-



sungen allgemeine Gültigkeit besitzt. In Abbildung 3 sind für die beobachteten ungestörten Gezeitenbewegungen in verschiedenen Beobachtungsbrunnen im November 1935 und Mai 1936 die mittlere Größe des Tidehubes und in Abb. 4 entsprechend die mittlere Verzögerung des Thw-Scheitels als Funktionen der Entfernung x vom Eiderufer aufgetragen.

Man erkennt vor allem in der Linie der Verzögerungen starke Abweichungen von der Mittellinie, die am Ufer sogar zu einer negativen Verzögerung, also einem Vorauseilen führt. Während sich bei Воньманн ein gewisser Zusammenhang zwischen Uferwiderstand und Uferverzögerung erkennen läßt, sind die Verhältnisse hier scheinbar gestört.



Die Linie der Thw-Scheitel im Grundwasser verläuft indessen ziemlich regelmäßig. Lediglich die Brunnen V, 25 und 26 fallen stärker aus der Mittellinie heraus, was auf geologische Unregelmäßigkeiten zurückgeführt werden kann.

Bei der zahlenmäßigen Nachprüfung der von Steggewentz abgeleiteten Gesetze sollen indessen diese Unregelmäßigkeiten nicht berücksichtigt werden. Aus diesem Grunde muß von der sonst in ähnlichen Fällen üblichen Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate abgesehen werden, um nicht die

als solche erkannten geologischen Unregelmäßigkeiten von vornherein in die Rechnung einzubeziehen und das Ergebnis dadurch zu verwirren. Es werden, ebenso wie bei Steggewentz, die Brunnen zur Ermittlung von E und W herangezogen, in deren Spiegelverlauf keine Störungen wahrnehmbar sind. Es sind deshalb aus den Brunnen 13 ($x_1 = 35 \,\mathrm{m}$; $A_1 = \frac{0.98}{2} = 0,49 \,\mathrm{m}$) und VI ($x_2 = 430 \,\mathrm{m}$; $A_2 = \frac{0.24}{2} = 0,12 \,\mathrm{m}$) deren Werte auf diesen Mittellinien liegen, die konstanten Größen E und W ermittelt worden. Es ergibt sich nach Gleichung (7) für die HW-Scheitel bei $x_1 = 35 \,\mathrm{m}$ und $x_2 = 430 \,\mathrm{m}$,

$$(S - W) \cdot e^{-E \cdot x_1} = A_1$$

 $(S - W) \cdot e^{-E \cdot x_2} = A_2.$

Aus der Division dieser beiden Gleichungen folgt:

$$e^{E \cdot (x_2 - x_1)} = \frac{A_1}{A_2}$$

und somit E . $(430 - 35) = (1n \ 0.49 - 1n \ 0.12)$ und E = 3.5618 . 10-3.

Wird dieser Wert in eine der obigen Gleichungen eingesetzt, so ergibt sich W=0.625.

S ist dabei aus dem gleichen Zeitabschnitt, aus dem die Auftragungen in Abbildungen 3 und 4 ermittelt wurden, errechnet und ergibt sich zu ½ . 2,36 = 1,18 m. Mit Hilfe dieser Werte kann nun nach Gleichung (7) der Tidehub in den übrigen beobachteten Brunnen errechnet werden. Es ergeben sich die in Zahlentafel 1 zusammengestellten Werte.

Zahlentafel 1. Errechnete und gemessene Tideschwankungen im Grundwasser.

Brunnen	Entfernung x	erred	chnet	gemessen			
Drunnen	vom Eiderufer	Amplitude	Tidehub	Tidehub	Amplitude		
13 11 II 26 V 25 VI Eider	35 85 110 195 310 335 430	0,490 0,410 0,375 0,277 0,184 0,168 0,120	0,980 0,820 0,750 0,554 0,368 0,336 0,240	0,98 0,92 0,86 0,40 0,48 0,24 0,24 2,36	0,49 0,46 0,43 0,20 0,24 0,12 0,12 1,18		

Allgemein ist zwischen den errechneten und den gemessenen Werten eine verhältnismäßig ausreichende Uebereinstimmung vorhanden, so daß die Anwendbarkeit der Gleichung (7) als erwiesen gelten kann. Die mittlere Verzögerung des Eintritts des HW-Scheitels ergibt sich aus der Auftragung in Abbildung 4 zu 19 Minuten je 100 m.

$$\frac{F}{n}$$
 = 11,4 sec/m

und $F = 11.4 \cdot 1.405 \cdot 10^{-4} = 1.6 \cdot 10^{-3}$

Nach den Gleichungen (2) und (3) ist

$$\frac{n}{2a^2} = \frac{(E^2 + F^2)^2}{4 \cdot E \cdot F}$$

also
$$a^2 = \frac{2 \cdot n \cdot E \cdot F}{(E^2 + F^2)^2}$$
 (8)

und
$$1 + b^2$$
. $n^2 = \frac{n}{2a^2} \cdot \frac{1}{E \cdot F} = \frac{(E^2 + F^2)^2}{4 E^2 \cdot F^2}$ (9)

Der weiteren Rechnung werden die bereits vorher ermittelten Werte zugrunde gelegt. Sie betragen:

$$E = 3,56 \cdot 10^{-3}$$

 $F = 1,60 \cdot 10^{-3}$
 $n = 1,405 \cdot 10^{-4}$

Es ergibt sich dann nach Gleichung (8)

$$a^2 = 6.89$$

und nach Gleichung (9)

$$1 + b^2 \cdot n^2 = 2,596$$

und hieraus
$$b = \frac{\sqrt{2.596-1}}{1,405}$$
. $10^4 = 9000$

Setzt man nun den mit Hilfe der Bohrungen gefundenen Wert für

$$D = 26.0 \text{ m}$$

ein, und die Höhe der Oberfläche der Kapillarzone über der undurchlässigen Sohle ξ mit der Höhe ein, die der mittlere Wasserspiegel im Klei annimmt—das ist nach Seite 4 von — 36,0 m NN nach — 0,30 m NN, also 35,70 m — so ergibt sich

$$(\xi - D) = 9.7 \text{ m}.$$

Der Bodenwert k im Sand wird im Abschnitt II auf Seite 28 zu 2,42. 10—4 m/sec ermittelt.

Es ergibt sich dann nach Gleichung (4)

$$\mu = \frac{\text{k . D}}{\text{a}^2} = \frac{2,42 \cdot 10^{-4} \cdot 26,0}{6,89}$$

$$\mu = 9,132 \cdot 10^{-4}$$

und nach Gleichung (5)

$$k_z = \frac{\mu}{b} \cdot (\xi - D)$$

$$k_z = \frac{9,132 \cdot 9,7}{9,0} \cdot 10^{-7} = 0,984 \cdot 10^{-6}$$

Steggewentz ermittelt aus den Angaben Bohlmanns für die Brunsbüttelkooger Verhältnisse ein kz von 0,456. 10-6. Dieser Wert ist kleiner als der

für Nordfeld errechnete. Beachtet man aber, daß in Brunsbüttelkoog die Tideeinwirkung noch in über 4000 m Entfernung vom Elbufer wahrgenommen werden kann, während im vorliegenden Fall im Brunnen VII, der nur 985 m vom Eiderufer entfernt liegt, nur noch höhere Fluten sich anzeigen, so erkennt man für Nordfeld eine viel stärkere Dämpfung. Diese aber ist nach vorhergehenden Gleichungen abhängig von der Durchlässigkeit der Deckschicht. Ist diese groß, so ist die Dämpfung groß und umgekehrt. Demnach muß der für Nordfeld errechnete Wert für k_z, wenn die obigen Gleichungen zutreffen sollen, größer sein als der in Brunsbüttelkoog.

Der errechnete Wert für µ erscheint mit rund 1°/00 erheblich größer als der von Steggewentz für die Verhältnisse in Brunsbüttelkoog errechnete Wert von 0,1175°/00. Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß zwischen der Sandschicht und der dichtenden Kleidecke bei Nordfeld vielerorts sandige Darg- und Moorschichten eingelagert sind, deren Wasseraufnahmevermögen ebenso wie die Durchlässigkeit größer ist als das des reinen Schlicktons.

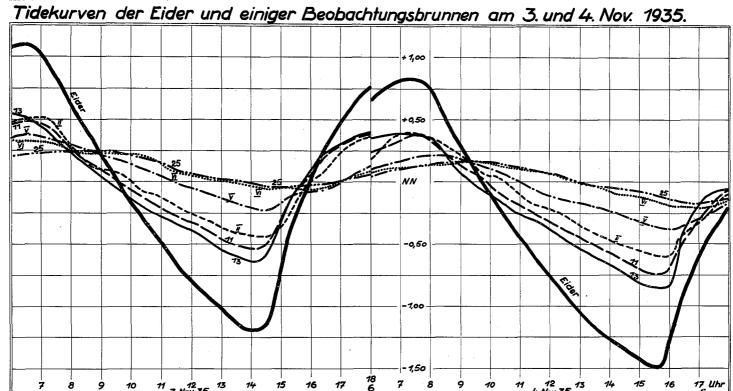
Es ergibt sich somit die Erfahrung, daß die Gleichung (7) auch im vorliegenden Falle als Näherungslösung für gespanntes Grundwasser anwendbar ist. Da aber die Voraussetzungen für den Ansatz aller Gleichungen im untersuchten Falle nicht gegeben sind, treten gewisse Abweichungen auf, die im folgenden ihrer Ursache nach näher betrachtet werden sollen.

Es soll dieses an Hand der folgenden Gedanken über die Ursache, die Entstehung und den Verlauf der Tidedruckwelle im gespannten Grundwasser mit geneigtem mittlerem Druckspiegel erklärt werden.

4. Die Ursachen der Gezeitenerscheinung im gespannten Grundwasser.

a) Die Entstehung der Druckschwankungen.

Als Ursache der Gezeitenerscheinung im gespannten Grundwasser nimmt Steggewentz an, daß das Wasser des Tidegewässers infolge der veränderten Gefällsverhältnisse zum Teil auf irgendeinem Wege in das Grundwasser gelangt und dort einen Anstieg hervorruft, das heißt daß die Grundwasserströmung während der höheren Wasserstände im offenen Tidegewässer ihre Fließrichtung ändert. Das Grundwasser wird dadurch mit einer gewissen Menge von Außenwasser angereichert, welches in Form einer gezeitenähnlichen Welle in die Grundwasserschicht eindringt. Diese Annahme ist den Gleichungen (1) bis (9) zugrundegelegt. Es ist aber ebenso auch denkbar, daß nicht ein Rückstau des Außenwassers die unmittelbare Ursache des Anstiegs des Grundwassers ist, sondern daß — bei Vorhandensein eines Grundwasserspiegelgefälles zur Zeit des Tnw im offenen Gewässer — allein die Verminderung des Abflußgefälles am Ufer einen Anstau von Grundwasser vom Lande her unter dem Einfluß seines Beharrungsvermögens bewirkt.



Diese Auffassung wird durch die Nordfelder Beobachtungen grundsätzlich bestätigt.

Der Verlauf der Wasserstandskurven in der Eider und in verschiedenen Brunnen (Abb. 5) weist eindeutig darauf hin, daß der Grundwasserstrom. der zur Zeit des Tnw im Tidegewässer in diese absließt, infolge der durch den Anstieg der Flut hervorgerufenen Aenderung der Abflußbedingungen gestört und sich bei höherem Auflaufen der Flut im Untergrund im Bereiche des Ufers anstaut, das heißt seine Geschwindigkeit allmählich bis zum völligen Stillstand verringert. Der Augenblick des Stillstandes des Abflusses ist gekennzeichnet durch den Schnittpunkt der Tidekurven des freien Gewässers und des Grundwassers unmittelbar am Ufer oder besser noch unter der Gewässersohle. Die Steigung des Grundwassers unmittelbar am Ufer oder in der Gewässersohle bis zu diesem Zeitpunkt findet daher eine durchaus zwanglose Erklärung. Erfahrungsgemäß steigt aber der Grundwasserdruck im weiteren Verlaufe der Tide über diesen Schnittpunkt hinaus weiter. Zur Erklärung der Steigung aber ist die Frage von großer Wichtigkeit, ob es sich um freies, also auch anstiegfähiges oder gespanntes, also nur scheinbar steigendes Grundwasser handelt.

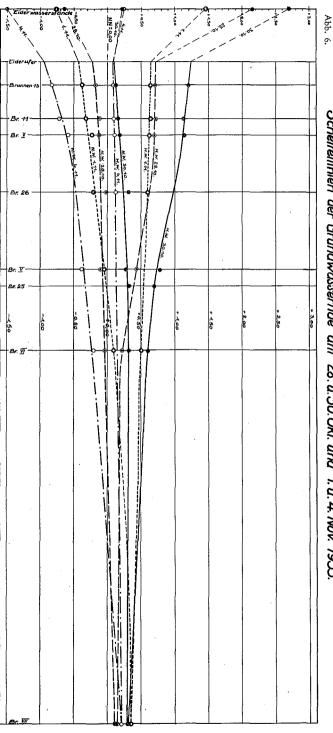
Im ersteren Falle ist zum Anstieg eine gewisse Wassermenge erforderlich, die die Poren des über der ursprünglichen Grundwasseroberfläche befindlichen Bodens bis zur neuen Oberflächenhöhe ausfüllt. Diese Wassermenge kann entweder aus dem Hinterlande oder aus dem Tidegewässer stammen und ist in ihrer Größe abhängig vom Wasseraufnahmevermögen des Grundwasserleiters. Da die Scheitellinie des Thw der Grundwassertide bei annähernd gleichem Außen- und Grundwasserstand vom Ufer zum Land hin abfällt, so liegt der Schluß nahe, daß in diesem Falle ein Eintritt von Außenwasser in das Grundwasser stattfindet.

Anders aber liegen die Verhältnisse bei gespanntem Grundwasser. Hier ist der Grundwasserträger von vornherein in seinem gesamten Hohlraumgehalt mit Wasser erfüllt. Ein zusätzliches Einströmen ist deshalb nur in dem Maße möglich, als es die Druckelastizität des Wassers und der Durchlässigkeitsgrad der Deckschichten zulassen. Nimmt man an, die Grund- und Deckschichten seien völlig undurchlässig, so ist die Einströmungsmöglichkeit so gering, daß die Annahme eines Grundwasserstaues als Erklärung für Gezeitenschwankungen ausfällt. Tatsächlich aber sind die Deckschichten eines gespannten Grundwasserbeckens selten völlig dicht, der Unterschied zwischen gespanntem und ungespanntem Grundwasser in bezug auf seine Spiegelschwankungen ist daher, wie auch Steggewentz betont, nicht grundsätzlicher Art, sondern besteht nur in dem verschiedenen Einfluß der Bodenarten auf die Grundwasserbewegung. Es muß also angesichts der verhältnismäßig langsamen Tidefortpflanzung auch für gespanntes Grundwasser eine gewisse Anreicherung des Grundwassers als Ursache für die Druckspiegelerhöhung

angesehen werden. Diese Anreicherung ist indessen sehr viel geringfügiger als bei freiem Grundwasser und braucht durchaus nicht so groß zu sein, wie es nach dem Anstieg des Wasserspiegels in den Beobachtungsrohren den Anschein hat, sondern ist mit Rücksicht auf die sehr geringe Wasserbewegungsmöglichkeit in den Deckschichten verhältnismäßig klein. Koehne (14) führt hierzu aus: "Es findet keineswegs eine allgemeine Hebung des Grundwasserspiegels auf das jenige Niveau statt, das der Wasserstand in den Röhren anzeigt. Man darf also auch nicht aus der Geschwindigkeit der Druckübertragung auf eine entsprechende Fließgeschwindigkeit des Grundwassers schließen."

Zu untersuchen bleibt somit nur noch die Frage nach der Herkunft des Wassers, welches die örtlichen Druckerhöhungen verursacht. Im vorliegenden Fall steht die Flußsohle mit dem Grundwasserträger gar nicht in unmittelbarer Verbindung, sondern ist durch eine Kleischicht von ihm getrennt, die auf Grund ihres sedimentären Aufbaues von oben nach unten nahezu dicht ist. Ein wahrnehmbarer Eintritt von Eiderwasser in das Grundwasser ist also nur in geringem Maße denkbar, selbst wenn man die Deckschichten auch von oben nach unten als schwer durchlässig anstatt undurchlässig bezeichnet. Dies wird vor allem durch folgende Feststellungen und Beobachtungen bestätigt:

- 1. Die HW.-Scheitellinien, die für verschiedene Gezeiten in Abbildung 6 gezeichnet sind, weisen nicht immer Gefälle von der Eider landeinwärts auf, sondern am 4. November 1935 nachmittags ein umgekehrtes Gefälle, obgleich der Wasserstand in der Eider höher liegt als der ideelle Grundwasserspiegel am Ufer. Dies wäre nicht möglich, wenn die Druckerhöhung eine Folge von Wasserbewegung landeinwärts wäre.
- 2. Bei einem Einströmen von Eiderwasser müßte die Wasserbewegung dort besonders stark sein, wo die Flußsohle nicht mit einer Deckschicht versehen ist, sondern vom grundwasserführenden Sand mit größerem Durchlässigkeitswert gebildet wird. Dies war in der Eider an zwei Stellen, nämlich in der Kurve bei Brunnen 27 und 28 der Fall. Der Tidehub aber in diesen Brunnen war durchaus nicht größer als in den übrigen Brunnen.
- 3. Wenn ein Einströmen von Flußwasser in den Untergrund stattfände, so müßte der Tidehub bei niedrigem mittleren Grundwasserspiegel und gleichbleibendem mittleren Eiderwasserstand größer sein als bei höherem mittleren Grundwasserspiegel. Dies Verhältnis ist aber gerade umgekehrt. Bei hohem mittleren Grundwasserspiegel wirkt sich die Tide größer aus als bei geringerem. Auch die in Abbildung 6 dargestellten Scheitellinien zeigen zum Beispiel am 4. November nachmittags bei verhältnismäßig kleinem Tidehub in der Eider von 1,74 m und hierzu verhältnismäßig hohem Grundwasserstand in Ufernähe einen um etwa 10 cm höheren Tidehub als am 28. Oktober bei einem sehr hohen mittleren Eiderwasserspiegel und verhältnismäßig niedrigem Grundwasserstand. Der Tidehub der Eider am 28. Oktober betrug aber 2,80 m. Während der künstlichen Absenkung verringerte sich der Tidehub in allen Brunnen ganz erheblich.



Scheitellinien der Grundwassertide am 28. u.30.0kt. und 1. u.4. Nov. 1935.

4. Im übrigen ist anläßlich dieser künstlichen Herstellung von starkem Spiegelgefälle von der Eider zum Grundwasser eine völlige Dichtigkeit der Eidersohle dadurch nachgewiesen worden, daß sich der Absenktrichter ungestört unter dem Eiderbett hindurch auf das gegenüberliegende Ufer ausdehnte, ohne daß sich ein Einfluß des Eiderspiegels irgendwie bemerkbar gemacht hätte (vgl. Abschnitt II).

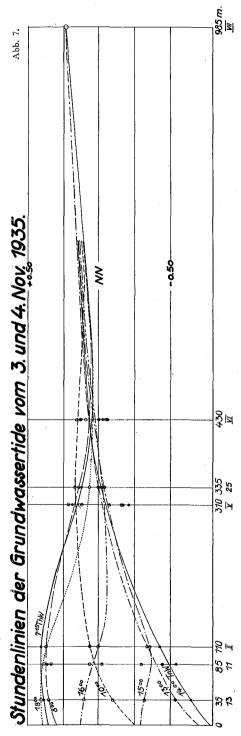
5. Außerdem hat auch Keilhack (13) darauf hingewiesen, daß das Grundwasser bei schlickführender Flußsohle wohl in den Fluß, nicht aber das Flußwasser in den Untergrund gelangen kann, da die Sedimente der Flußsohle

unter dem Einfluß wechselseitigen Ueberdrucks wie Ventile wirken.

Es bleibt also als Ursache der Grundwassertide bei Nordfeld lediglich der Aufstau des Druckes des um Tnw in der Eider in diese abfließenden Grundwassers von innen her zunächst bis zum Schnittpunkt der Tidekurven des Grundwassers am Ufer mit der des Tidegewässers und darüber hinaus ein weiterer Druckanstieg, der als Massenträgheitserscheinung erklärt werden kann. Diese Annahme wird offenbar durch das annähernde Zutreffen der Gleichung (7) und die im folgenden beschriebenen Beobachtungen bestätigt.

In Abbildung 5 sind die Tidekurven verschiedener Brunnen zusammen mit der Eider vom 3. und 4. November 1935 in gleichem Koordinatensystem aufgetragen worden. Durch die Gesamtheit dieser Kurven sind zu bestimmten Stunden senkrechte Schnitte geführt und alle Schnittpunkte mit den einzelnen Tidekurven ihrer Höhe zu NN nach und bei ihrer Entfernung vom Eiderufer in Abbildung 7 aufgetragen. Hieraus ergeben sich die sogenannten Stundenlinien, das sind jene Kurven, die die zu einer bestimmten Zeit an allen Punkten des gewählten Ouerprofils vorhandenen Wasserstände beziehungsweise Steigrohrhöhen angeben. Mit Hilfe dieser Stundenlinien kann nun der Verlauf dieser durchaus normalen Grundwassertide in Abhängigkeit von der Eidertide genau verfolgt werden.

Es ist zu erkennen, wie um 14 Uhr, bei Tnw in der Eider auch unmittelbar am Ufer der niedrigste Stand erreicht ist und das Grundwasser mit



verhältnismäßig starkem Gefälle (welches allerdings in der Darstellung stark überhöht ist) in die Eider absließt. Eine Stunde später, um 15 Uhr, ist das Druckgefälle infolge des Anstieges des Eiderspiegels stark vermindert. Das Grundwasser hat sich am Ufer gestaut, weil sich die Abflußmenge ständig verkleinerte. Aus dem Binnenlande aber ist weiteres Wasser unter annähernd gleichem Gefälle und somit mit fast ungeminderter Geschwindigkeit und Menge dem Flußufer zugeflossen. Dieses Wasser bildet nun, wenn es auf das am Fluß schon angestaute Grundwasser aufläuft, eine Stauwelle, die einerseits noch einen weiteren, aber sehr geringen Abzug in die Eider ermöglicht, andererseits aber eine rückläufige, das heißt landein gerichtete Wasser- und Druckwellenbewegung verursacht. Während des anhaltenden Zuflusses aus dem Hinterland wird der Druck in den uferfernen Zonen entlastet. Dort erreichen die Brunnen teilweise ihren niedrigsten Stand. Eine weitere Stunde später reicht die Stauwirkung schon etwa 350 m landein, während das noch immer von binnen nachdrängende Wasser unter dem Einfluß seiner Massenträgheit am Ufer einen Druckanstieg verursacht. Dieser aber ist schon in der Höhe geringer und in der Längenausdehnung größer geworden, das heißt, die rückläufige Wasserbewegung hat sich mehr und mehr gegenüber der alten Fließrichtung durchgesetzt. Dies ist ungefähr der Zeitpunkt, an dem der Abfluß in die Eider völlig aufgehört hat. Das Grundwasser ist nun gezwungen, dem infolge seiner Massenträgheit am Ufer angehäuften Druck völlig landeinwärts Raum zu geben. Es fließt also offenbar von jett ab mit größerer Geschwindigkeit landein als von binnen dem Fluß entgegen, zumal inzwischen der Druck in Uferferne unter der fortgesetzten Entlastung nachgelassen hat. Noch ehe also der Wasserdruck in 1000 m Entfernung vom Ufer entlastet werden kann, setzt schon wieder unter dem Einfluß des Druckanstieges am Ufer eine rückläufige Entwicklung ein. Um 18 Uhr ist am Ufer der höchste Grundwasserstand erreicht. Der Stau von binnen wirkt sich nicht mehr bis ganz ans Ufer aus. Die Geschwindigkeit des Grundwassers im Binnenlande ist so gering, daß sie von dem entgegenstehenden Druckgefälle schon in einiger Entfernung vom Ufer vernichtet wird. Lediglich in etwa 15 m Entfernung vermag sie noch einen sehr schwachen Spiegelanstieg zu verursachen.

Einer schwachen Welle ähnlich läuft das Druckmaximum unter ständigem Abbau seiner Energie landeinwärts. Diese Bewegung wird vor allem dadurch bewirkt, daß das rückläufige Wasser mit dem normal vom Land herkommenden zusammentrifft. Unter dem Einfluß der Massenträgheit beider Bewegungen entsteht jene Druckanhäufung, deren Maximum sich erst kurz hinter dem Ufer bildet und die sich unter ständiger Verkleinerung, entsprechend der allmählichen Verschiebung der Gefällsverhältnisse zu Gunsten der landeinwärts gerichteten Strömung, landeinwärts bewegt.

Dadurch, daß infolge des Zusammentreffens beider Grundwasserbewegungen sich der höchste Anstieg des Grundwasserspiegels erst in einiger Entfernung vom Ufer ausbildet, entsteht wahrscheinlich die Abweichung der Beobachtungen von dem Verlauf der Gleichung (7). In den Stundenlinien und den Scheitellinien ist deutlich ein Wendepunkt in der Krümmungsrichtung etwa 300 m vom Ufer zu erkennen, der auch in der Linie des mittleren Tidehubs in den Brunnen in Abbildung 3 festgestellt wurde. Hier also zeigt sich die abweichende Auswirkung des mittleren Tideeinflusses durch Anstau des abfließenden Grundwassers vom unmittelbaren Tideeinfluß durch Eintritt von Außenwasser in ein Grundwasserbecken ohne geneigten Normalspiegel, der durch die genannten Gleichungen dargestellt wird.

Aus dieser Erklärung des Vorganges und der Ursache der Grundwassertide sind auch zum Teil die Erscheinungen zu verstehen, die als Begründung der Annahme angeführt wurden, daß ein Einströmen von Eiderwasser in das Grundwasserstockwerk nicht stattfindet, und die bei der Anwendung der Gleichung (7) als ungesetzmäßig erkannt werden können.

Am 4. November 1935 nachmittags ist die Scheitellinie der Tnw-Stände zur Eider hin geneigt, was lediglich mit einer Stauerscheinung erklärt werden kann, denn diese erlaubt durchaus die Möglichkeit einer zum Fluß hin abfallenden Scheitellinie des Thw, zumal bei dem vorhergehenden Tnw ein sehr starkes Gefälle bestand. Die Stundenlinie um 13 Uhr, also 2½ Stunden vor Tnw in Abbildung 7, weist doch schon nahezu das gleiche Gefälle auf, wie es am 3. November bei Tnw um 14 Uhr herrscht. Bei sehr niedrigem Tnw-Stand im Fluß hatte das Grundwasser Gelegenheit, sich stark zu entspannen. Hiermit verbunden ist ein allmähliches Nachlassen des Gefälles und somit der Abflußgeschwindigkeit. Die lebendige Kraft des Anstaues bei plötlicher Hebung des Vorflutspiegels ist deshalb sehr viel geringer als sonst und bewirkt somit nicht mehr die normale Höhe des Grundwasseranstiegs, obwohl dabei das Thw der Eider durchaus normal oder sogar überhöht sein kann. Bei schwachem Gefälle liegen die gleichen Gründe für einen schwachen Aufstau vor. Dem infolge einer nicht ungewöhnlich niedrigen Tidewelle im Fluß entstehenden Stau im Grundwasser folgt nur eine geringe Strömung, so daß die Dämpfung der zurückgeworfenen Stauwelle geringer wird und diese zugleich weiter landeinwärts dringen kann als bei stärkerer Gegenströmung. Bei starkem Gefälle wird der einlaufenden Stauwelle eine starke Gegenströmung entgegenwirken, die ihre Fortschrittsenergie sehr bald vernichtet, zumal der Impuls immer nur kurzfristig ist. So ist es verständlich, daß der Brunnen V, der im Bereich besonders niedrigen mittleren Druckes und besonders schwachen Gefälles liegt, welches bis ans Ufer reicht, einen größeren Tidehub aufweist, als der Mittellinie in Abbildung 3 entsprechen würde, während der Brunnen 26, vor dem ein sehr starkes mittleres Gefälle zur Eider hin besteht, und der Brunnen 25, der im Bereiche eines Staugebietes liegt (vgl. Abb. 1)

einen kleineren Tidehub aufweisen, als er der Mittellinie in Abbildung 3 entsprechen würde.

Während der künstlichen Entspannung, die unmittelbar am Flußufer ihren größten Wert erreichte, war der Rückstauwelle nicht nur ein sehr starkes Gefälle entgegengesetzt, sondern auch der mittlere Grundwasserdruck sehr stark herabgemindert. Hier heben sich also die Wirkungen stärkeren Druckgefälles zum Flusse und eines ausnehmend niedrigen mittleren Grundwasserstandes nicht gegeneinander auf, wie dies zu normalen Zeiten sehr häufig der Fall ist, sondern beide Einflüsse bewirken gemeinsam eine starke Herabminderung des Tidehubes im Grundwasser.

b) Der Uferwiderstand.

Es bleibt nun noch zu untersuchen, warum schon unmittelbar am Ufer der Tidehub im Grundwasser hinter jenem in der Eider zurückbleibt. Bei Nachprüfung der Gleichungen wurde der Scheitelunterschied durch Einfügung des sogenannten Uferwiderstandes W eingeführt, als jener Größe, um die die Schwingweite der Tidewelle im oberen Teil bei Eintritt in das Grundwasser verringert wird. Geht man nun davon aus, daß die Tideschwingung im Grundwasser eine mittelbare Folge der äußeren Tideschwankung im Flusse ist, das heißt eine Stauerscheinung infolge erschwerten beziehungsweise völlig unterbundenen Grundwasserabflusses, so ergibt sich, daß auch ein unmittelbarer Eintritt der Tidewelle in das Grundwasserbecken nicht stattfindet.

Da die Eidersohle von Schlick gebildet wird, der dem Durchfluß des Grundwassers von unten her einen erheblich größeren Widerstand entgegenstellt als der Sand, so stellt sich im Grundwasser am Flußufer zur Zeit des Abflusses ein stärkeres Spiegelgefälle ein als es zur Bewegung der gleichen Wassermenge weiter ab vom Ufer im Sande erforderlich ist. Dies Spiegelgefälle vom Grundwasserstand zum Eiderwasserstand beträgt allgemein etwa im Mittel 0,60 m und beispielsweise am 3. November um 14 Uhr (vgl. Abb. 7) annähernd 50 cm. Dieses Spiegelgefälle wäre also für den Sonderfall in Nordfeld als eigentlicher Uferwiderstand bei Tnw zu bezeichnen. Man kann ferner annehmen, daß ebenso wie die Tidewelle in der Eider auch die Tideschwankung im Grundwasser eine nahezu harmonische Schwingung darstellt, die von der ersteren erregt, dieser in der Form ähnlich sein muß. Da die Mittellagen beider Schwingungen etwa in der gleichen Höhe liegen, so wird der Unterschied der Schwingweite beider Wellen nach oben annähernd ebenso groß sein wie nach unten.

Diese Annahme wird durch die genannten Zahlen bestätigt. Der Uferwiderstand stellt also auch hier den Wert dar, um den der Ausschlag der Schwingung im Tidegewässer größer ist als jener im Grundwasser, und ist vom Durchlässigkeitswert und der Mächtigkeit jener Bodenschicht abhängig, die das Grundwasser vom Außenwasser trennt.

Abschnitt II.

Die künstliche Entspannung des Grundwassers.

1. Die Arten der künstlichen Beeinflussung des gespannten Grundwasserspiegels.

Durch den Schleusenbau in der Südspitte des Südfelderkoogs wurde der nor-Grundwasserstand male schon vor Inbetriebnahme Grundwasserentspannung sehr stark gestört. Die Baugrube bildete den Mittelpunkt für einen Absenktrichter, der sich nicht nur auf dem nördlichen, sondern auch auf dem südlichen Ufer der Eider ausdehnte und sich mit wachsender Pumpleistung erweiterte und vertiefte. Bevor die künstliche Absenkung in Betrieb genommen wurde, mußte die Baugrube ständig durch Oberflächenpumeindringendem pen von Grundwasser befreit werden, welches bei Anschnitt der sandigen Kleischicht in einzelnen Grundwasserquellen hervorbrach. Aus alten Bohrlöchern, die im Klei stehen geblieben waren, schoß das Wasser mit sehr großer Geschwindigkeit hervor und förderte bisweilen auch Sand aus dem Untergrund mit herauf.

Mit fortschreitender Ausschachtung nahm sowohl die Anzahl der Quellen,

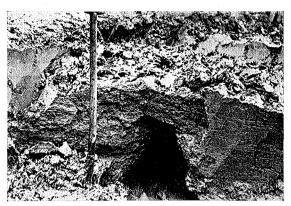


Abb. 8. Grundwasserquelle in der Baugrube vor der künstlichen Entspannung. Aufn. Magens

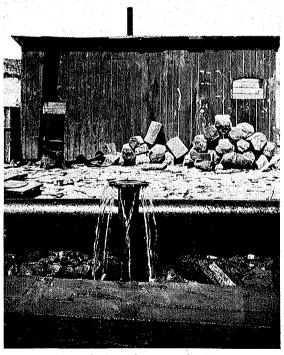


Abb. 9. Nach Außerbetriebsetzung der Entspannungsanlage überlaufender Rohrbrunnen. Aufn. Preuß. Neubauamt / Eiderabdämmung

als auch die von ihnen geförderte Wassermenge zu (Abb. 8). Nach Stilllegung der Absenkanlage begannen nicht nur die Quellen erneut ihre Tätigkeit, sondern das Wasser trat auch aus den Saugleitungen unter eigenem Druck hervor (Abb. 9). Um bei den weiteren Ausschachtungs- und Betonierungsarbeiten eine trockene Baugrube zu haben und der Gefahr eines völligen Aufbrechens der nur noch etwa 3 m starken Kleischicht zu begegnen, wurde ein Brunnensystem von 50 Rohrbrunnen mit 5 m langen Filtern eingebaut und mit 4 Pumpenanlagen das Grundwasser so weit entspannt, als es für die Bauarbeiten notwendig war. Die künstliche Absenkung des Grundwasserdruckes dauerte von Ende Januar bis Anfang Juni 1935.

Es handelt sich dabei innerhalb der großen Baugrube um zwei kleinere einzelne Baugruben, die der Entwässerungsschleuse und die des Binnenhaupts der Schiffahrtsschleuse. Die erstere umfaßt rund 2500 qm von rund 55 m Länge und rund 45 m Breite. Hier waren drei Reihen von Entnahmebrunnen mit je einer Sammelleitung und Pumpe angeordnet.

Die Baugrube am Binnenhaupt hatte etwa 325 qm mit einer Länge und Breite von je rund 18 m. Diese war von einer Ringleitung umgeben, die an die Pumpe 4 angeschlossen war. Die Absenkung begann am 24. Januar 1935 mit Pumpe 4. Am 6. Februar wurde dann die Pumpe 2, am 9. Februar Pumpe 1 und schließlich am 22. Februar die Pumpe 3 in Betrieb genommen. Nacheinander wurden dann mit fortschreitender Vollendung der Bauarbeiten die Pumpen wieder stillgelegt, Pumpe 4 am 25. März, Pumpe 2 am 7. Mai, Pumpe 1 am 21. Mai und Pumpe 3 am 8. Juni 1935. Die Tauchtiefe der Brunnen betrug im Mittel etwa 12,0 m. Zur Bemessung der Entspannungsanlage wurde im Herbst 1934 ein Absenkversuch in der Baugrube durchgeführt. Ein einzelner Entnahmebrunnen, umgeben von einem System von Beobachtungsrohren sollte ein Bild über die Wirkungsweise einer künstlichen Entspannung, vor allem eine Grundlage für die Bestimmung der Größe des Bodenwertes liefern.

Bei allen Zuständen ist der zunehmende Abfall des gespannten Grundwasserspiegels durch laufende Kontrollmessungen in verschiedenen Brunnen bis zu 1500 m von der Baugrube entfernt und auch am Südufer der Eider beobachtet worden. Die geförderten Wassermengen wurden gleichfalls laufend bestimmt. Bei der Absenkanlage und beim Absenkversuch wurden sie mit Hilfe von Ueberfallwehren gemessen, deren Beiwert durch Versuche mit zwischengeschaltetem Meßflügel ermittelt wurde. Der Vergleich der Absenkergebnisse der Versuche und der Absenkanlage mit den im Schrifttum vorgefundenen, theoretisch abgeleiteten Gesetzen führte zur Feststellung, daß, wie auch an anderen Orten mehrfach festgestellt worden ist, die gebräuchlichen Gleichungen für die Praxis genügend mit den Messungen übereinstimmende Ergebnisse liefern.

2. Die Theorie der Grundwasserabsenkung im gespannten Grundwasser.

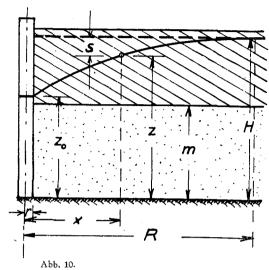
a) Die Spiegelgleichung bei vollkommenem Einzelbrunnen.

Unter Zugrundelegung des Darcyschen Gesetzes gilt für einen Brunnen, der die wasserführende Schicht in ganzer Tiefe durchteuft unter Betrachtung der Abbildung 10 für die dem Brunnen in der Zeiteinheit zustrebende Wassermenge die Gleichung:

$$q = 2 . \pi . x . m . k \frac{dz}{dx}$$
 (10)

Nach Integration innerhalb der Randbedingungen

x = R und z = H oder x = rund $z = z_0$ ergibt sich



$$(H-z) = s = \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot m \cdot k} \cdot \ln \left(\frac{R}{x}\right)$$
 (11)

bezw.
$$(z-z_0) = \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot m \cdot k} \cdot \ln\left(\frac{x}{r}\right)$$
 (12)

oder allgemein zwischen zwei bekannten Werten z1 und z2

$$(z_1 - z_2) = \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot m \cdot k} \cdot \ln \left(\frac{x_2}{x_1}\right).$$
 (13)

In diesen Gleichungen bedeuten

- x und z die Koordinaten eines beliebigen Punktes der Absenklinie, deren Rotationsfläche den Absenktrichter um den Entnahmebrunnen bildet, bezogen auf ein Koordinatensystem, welches in der Sohle der wasserführenden Schicht beziehungsweise in der Achse des Brunnens liegt,
- r den Radius des Entnahmefilters,
- z₀ die Höhe des Wasserspiegels im Entnahmebrunnen über der Grundsohle,
- H die Höhe des ungestörten ursprünglichen Druckspiegels,
- R die sogenannte Reichweite, das ist die Entfernung vom Entnahmebrunnen, in der eine Absenkung nicht mehr eintritt oder richtiger nicht mehr wahrnehmbar ist,
- s die Absenkung im Punkte (x, z),
- m die Stärke der wasserführenden Schicht und
- k den Bodenwert.

Die Gleichungen (10) bis (13) werden allgemein als gültig für alle praktischen Fälle von Entspannungsanlagen angesehen, auch dann, wenn der Brunnen unvollkommen ist, das heißt wenn er die wasserführende Schicht nicht in ganzer Tiefe durchteuft, sondern nur bis zur Tiefe t in sie eintaucht. In diesem Falle soll man die Tauchtiefe t anstelle der Stärke der wasserführenden Schicht m einsetzen und für die Praxis genügend angenäherte Werte erhalten (Schultze, 27).

Bei sehr geringer Entnahmemenge und nicht zu kleinem Bodenwert k ist diese Annäherung erfahrungsgemäß sehr groß. Auch ergaben die seitens der Siemens-Bauunion im Jahre 1936 in Wilhelmshaven durchgeführten Untersuchungen, daß mit durchaus genügender Annäherung derartige Fälle so behandelt werden können, wie es auch bei ungespanntem Grundwasser üblich ist, nämlich mit der Voraussetzung, daß unterhalb der Brunnensohle keine Grundwasserbewegung erzeugt wird.

b) Die Spiegelgleichung bei unvollkommenem Brunnen.

Bei unvollkommener Anlage kann also nach diesen Erfahrungen mit für die Praxis genügender Annäherung angenommen werden, daß unterhalb der Sohle des Brunnens die Wasserbewegung so gering ist, daß sie im allgemeinen vernachlässigt werden kann. Das trifft aber erfahrungsgemäß bei kleineren Bodenwerten nur solange zu, wie die Entnahmemenge nicht größere Werte erreicht. Bohlmann rechnete daher bei der Nachprüfung der Absenkergebnisse bei unvollkommener Mehrbrunnenanlage in Brunsbüttelkoog mit Gleichung (11) und (13) unter Ansatz des vollen m. Sowohl Forchheimer (8), als auch THIEM (34) und PENNINCK (21) wiesen mathematisch und empirisch nach, daß das Grundwasser durch Entnahme auch unterhalb der Brunnensohle in Bewegung gesetzt wird. Hieraus ergibt sich die bekannte Erscheinung, daß vor allem in der Nachbarschaft der Brunnenanlage der Verlauf der Entspannungskurve unvollkommener Brunnen Abweichungen zeigt, deren Größe von der entnommenen Wassermenge, vom Bodenwert und vom Verhältnis ± abhängig ist. Die Betrachtung der wahren Bewegung bei einer unvollkommenen Entnahme, selbst unter Anwendung der oben geschilderten, vereinfachenden Voraussetzungen führt nach Dachler (4) zu einem räumlichen Problem, welches nur mit Hilfe von Kugelfunktionen und unter Anwendung sehr umfangreicher mathematischer Umformungen zu lösen ist, so daß eine Ableitung für die praktische Hydrologie nicht in Frage kommt.

Einfacher gestalten sich die Vorgänge, wenn die Grundwasser führende Schicht nach der Tiefe zu unbegrenzt ist, also m unendlich groß ist.

In diesem Falle bilden die Stromfäden eine Schar von konfokablen Hyperbeln, und die Flächen gleichen Druck- oder Geschwindigkeitspotentials sind Ellipsoide von der Form

(14)

$$\frac{x^2 + y^2}{a^2} + \frac{z^2}{a^2 + t^2} = 1,$$

deren gemeinsamer Brennpunkt in der Brunnensohle liegt. Auf Grund dieses Strömungsbildes gibt Dachler die Gleichung für die Standrohrspiegellinie an:

$$s = (H - h) = \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot t \cdot k} \cdot \ln\left(\frac{a}{t} + \sqrt{1 + \left(\frac{t}{a}\right)^2}\right)$$

Worin bedeuten (Abb. 11):

- H die ungestörte ursprüngliche Höhe des Standrohrspiegels innerhalb der Deckschicht,
- h die infolge der Entnahme abgesenkte Spiegelhöhe in einem beliebigen Punkt (a, h) der Absenklinie, gleichfalls innerhalb der Deckschicht,
- q die Entnahme in der Zeiteinheit,
- t die Tauchtiefe des Brunnens,
- k den Bodenwert,

Abb. 11.

a den kleinen Halbmesser jener Niveauellipse, der der Punkt (a, h) zugeordnet ist, oder der horizontale Abstand des betrachteten Punktes der Absenklinie mit der Druckhöhe h.

Das Koordinatensystem für die Ellipsoide gleichen Druckes sowohl als auch jenes für die Absenkfläche ist so gelegt, daß y = O wird, die x-Achse mit den kleinen Halbmessern der Ellipse zusammenfällt und auf der Grenze zwischen der wasserführenden und wasserundurchlässigen Schicht liegt, die z-Achse mit der Brunnenachse zusammenfällt.

3. Anwendung der Gleichungen auf die Messungen von Nordfeld.

a) Der Grundwasserabsenkversuch.

Eine den mathematischen Voraussetzungen am meisten entsprechende Anlage der Grundwasserentnahme bildete der Absenkversuch. Aus einem Brunnen mit rund 10 m Filterlänge, 10 m Tauchtiefe und einem Durchmesser von 0,20 m wurden nacheinander zwei verschiedene Wassermengen entnommen, die zu $q_1 = 52,58$ und $q_2 = 83,1$ m³/h gemessen und über mehrere Tage annähernd konstant gehalten wurden. Die Absenkungen und die Entfernungen der Beobachtungspunkte von der Entnahmestelle sind in Zahlentafel 2 zusammengestellt.

Zahlentafel 2.

Mittlere Absenkungen in verschiedenen Entfernungen von der Entnahme beim Absenkversuch. t = 10,0 m; H = 17,9 m; m = 26,0 m.

Beobachtungsbru	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
Entfernung v. d. E	0,10	1,10	2,54	5,10	7,38	10,18	15,08	19,98	24,88	
Absenk. in m bei	$q_1 = 52,58$	7,50	3,27	2,11	1,30	0,96	0,70	0,50	0,40	0,22
	$q_2 = 83,10$	10,70	4,44	3,00	1,85	1,37	1,01	0,79	0,62	0,48

Zur Nachprüfung, ob die oben angeführten Gleichungen unter den hier bestehenden Verhältnissen anwendbar sind, sei hier die Bestimmung des Bodenwertes k benutzt.

Wenn sich für beide Versuche und für alle Werte von x ein konstanter Wert für k ergibt, kann die Gleichung als zutreffend bezeichnet werden. Es kommen für den Fall des Absenkversuchs in Frage die Gleichungen (11) bis (13). Für die Anwendung der Gleichung (11) ist die Kenntnis der Reichweite R notwendig. Die Reichweite kann aus den mittleren Absenkungsgrößen unter Anwendung der Gleichung (11) mit verschiedenen Werten von x und s mit ausreichender Genauigkeit ermittelt werden. Unter Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate wird diese umständliche Arbeit erheblich vereinfacht durch das von Sichardt und Weber (30) angegebene Verfahren:

$$\ln R = \frac{\sum s \cdot \sum (\ln x)^2 - \sum (\ln x) \cdot \sum (s \cdot \ln x)}{\sum s \cdot \sum (\ln x) - n \cdot \sum (s \cdot \ln x)}$$
(15)

worin n die Anzahl der Messungen angibt, aus denen die Summen berechnet sind. Hiernach ergeben sich für

 q_1 ln $R_1=3,23$ und $R_1\sim25,2$ m, für q_2 ln $R_2=3,331$ und $R_2\sim23,0$ m Aus Gleichung (11) erhält man nach Umformung

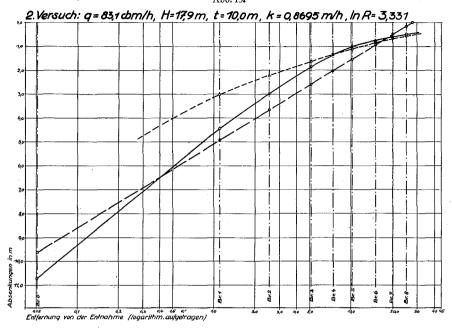
$$m \cdot k = \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot s} \cdot (\ln R - \ln x)$$
 (16)

beziehungsweise wenn man anstatt m die Tauchtiefe t einsetzt:

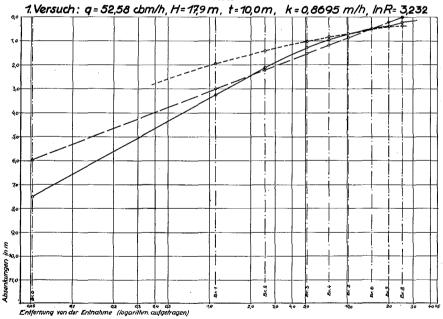
$$t \cdot k = \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot s} \cdot (\ln R - \ln x)$$
 (17)

Der Wert m.k beziehungsweise t.k muß konstant sein für alle Werte von q und x, wenn die Gleichung zutreffen soll.









Es bedøuten:

qemessene Absenkkurve
nach Gleichung (12) errechnete' Absenkungen
nach Gleichung (15) errechnete Absenkungen

Zahlentafel~3. Ermittlung von m . k nach Gleichung (16) für den Absenkversuch $q_1=52,58~m^3/h; \ln R_1=3,23; q_2=83,1~m^3/h; \ln R_2=3,331.$

Beobachtungsbrunnen:	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Entfern. v. d. Entnahme:	0,10	1,10	2,54	5,10	7,38	10,18	15,08	19,98	24,88
Absenkung für q ₁ s ₁ :	7,50	3,27	2,11	1,30	0,96	0,70	0,50	0,40	0,22
m·k für q ₁	6,96	7,98	9,11	10,28	10,70	10,85	8,68	4,78	0,38
Absenkung für q ₂ s ₂ :	10,70	4,44	3,00	1,85	1,37	1,01	0,79	0,62	0,48
m·k für q ₂	7,64	9,34	10,15	11,43	11,87	11,92	8,71	4,91	0,28

Das in Zahlentafel 3 angegebene Ergebnis dieser Rechnung zeigt durchaus wechselnde Werte sowohl für verschiedene Werte von x als auch für q. Für die praktischen Bedürfnisse ist die Annäherung indessen ausreichend, was vor allem durch die graphische Auftragung der Zahlenwerte in Abbildung 12 und 13 ersichtlich ist. Abgesehen von den sich aus der Unvollkommenheit des Brunnens ergebenden geringen Abweichungen für verschiedene Werte von x und q kann daher die Gleichung (11) als anwendbar bestätigt werden.

Am übereinstimmendsten erscheinen die Werte von m.k beim Beobachtungsbrunnen 6, also rund 15 m von der Entnahme. Aus ihnen soll daher unter der Annahme, daß man näherungsweise m=t setzen kann, was wegen der verhältnismäßig kleinen Entnahme möglich ist, der Wert k errechnet werden. Es ergibt sich bei t=10~m

$$k = \frac{8,68 + 8,71}{2 \cdot 10} = 0,8695 \text{ m/h} = 2,42 \cdot 10^{-4} \text{ m/sec}$$

Rechnet man nun nach der Gleichung (11) unter Ansatz der gewonnenen Werte R₁, R₂, t und k die theoretischen Absenkungen in den Beobachtungspunkten aus, dann ergeben sich die Werte, die in Zahlentafel 4 den gemessenen gegenübergestellt sind.

Zahlentafel 4.
Absenkungen während des Absenkversuches errechnet nach

Gleichung (12):
$$s = H - z = \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot t \cdot k}$$
. In $(\frac{R}{x})$ für $H = 17.9$ m; $t = 10.0$ m und $k = 0.8695$ m/h $q_1 = 52.58$ m³/h; $ln R_1 = 3.232$; $q_2 = 83.1$ m³/h; $ln R_2 = 3.331$.

Beobachtungspunkt	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Entfern. x v. d. Entnahme	0,10	1,10	2,54	5,10	7,38	10,18	15,08	19,98	24,88
Absenk. bei q ₁ gerechnet	5,96	3,00	2,21	1,53	1,18	0,87	0,50	0,22	0,01
Absenk. bei q ₁ gemessen	7,50	3,27	2,11	1,30	0,96	0,70	0,50	0,40	0,22
Absenk. bei q ₂ gerechnet	9,62	4,93	3,66	2,59	2,03	1,54	0,95	0,50	0,17
Absenk. bei q ₂ gemessen	10,70	4,44	3,00	1,85	1,37	1,01	0,79	0,62	0,48

Nun sei die zweite in Frage kommende Formel, Gleichung (14) nachgeprüft. Der Einfachheit halber sei der oben gewonnene Wert für k=0,8695 übernommen. Eine geringe Abweichung eines konstanten Wertes ergibt bei dieser Prüfung keine grundsätlichen Fehler, da dadurch lediglich die Steigung (tg α) der Funktion von ln x, bezw. ln $\left(-\frac{t}{a}\right)$ unwesentlich verändert wird, nicht aber die Form der Absenklinie. Aus der Rechnung nach Gleichung (14) ergeben sich die in Zahlentafel 5 mit den gemessenen wiederum verglichenen Werte für s_1 und s_2 , wobei allerdings der Wert $x_0=r$ diesmal fortgelassen worden ist wegen der vorher notwendigen Bestimmung von a aus der Gleichung

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{z^2}{a^2 + t^2} = 1$$

Die Filter der Beobachtungsbrunnen liegen alle zwischen — 19,0 m und — 20,0 m NN, daher ergibt sich ein mittleres z für alle Brunnen zu 9,5 m.

Zahlentafel 5.

Absenkungen während des Absenkversuches errechnet nach Gleichung (14):

$$s = (H^{1}-h) = \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot t \cdot k} \cdot \ln \left(\frac{t}{a} + \sqrt{1 + \left(\frac{t}{a}\right)^{2}}\right)$$

$$f \ddot{u} r \ H^{1} = 7.9 \text{ m}; \ t = 10.0 \text{ m und } k = 0.8695 \text{ m/h}$$

$$q_{1} = 52.58 \text{ m}^{3}/h; \ q_{2} = 83.1 \text{ m}^{3}/h; \ \frac{x^{2}}{a^{2}} + \frac{z^{2}}{a^{2} + t^{2}} = 1. \quad z = 9.50 \text{ m}$$

Beobachtungspunkt	1	2	3	4	_5	6	7	8
Entfernung x v. d. Entnahme	1,10	2,54	5,10	7,38	10,18	15,08	19,98	24,88
kl. Halbmesser d. Niveauellipse a	2,74	4,88	7,73	9,97	12,61	17,26	21,76	26,42
Absenkung bei q1 gerechnet	1,93	1,41	1,03	0,85	0,70	0,53	0,43	0,36
Absenkung bei q1 gemessen	3,27	2,11	1,30	0,96	0,70	0,50	0,40	0,22
Absenkung bei q2 gerechnet	3,04	2,22	1,63	1,34	1,10	0,84	0,68	0,56
Absenkung bei q2 gemessen	4,44	3,00	1,85	1,37	1,01	0,79	0,62	0,48

Wie die errechneten Werte und die graphische Auftragung in Abbildung 12 und 13 zeigen, sind in diesem Falle die Abweichungen erheblich größer, so daß die Anwendbarkeit der Gleichung (14) für den untersuchten Fall nicht bestätigt wird. Die in Gleichung (14) enthaltene vereinfachende Voraussetzung, daß die grundwasserführende Schicht unendlich mächtig sei, führt also zu größeren Abweichungen, als die in Gleichung (11) enthaltene, daß in dem unterhalb der Brunnensohle verbleibenden Grundwasserbereich keine beachtenswerte Bewegung zum Filter hin entsteht. In beiden Fällen aber ist die tatsächliche Absenkung in Entnahmenähe größer, als sich nach der Rechnung ergeben sollte. Und während sich bei Anwendung der Gleichung (11) die beiden Absenkkurven zweimal schneiden, kreuzen sich bei Anwendung der Gleichung (14) die Absenklinien nur einmal.

Der besseren Anschauung wegen ist, wie bereits erwähnt, das Ergebnis der beiden Rechnungen in den Abbildungen 12 und 13 aufgetragen worden als Ordinaten von oben nach unten die Absenkungen, als Abzissen von links nach rechts die Entfernung x beziehungsweise a vom Entnahmebrunnen im Maßstab ihrer natürlichen Logarithmen. Es ist deutlich, daß die Abweichung der Rechnung nach Gleichung (11) nicht erheblich ist, während bei Anwendung der Gleichung (14) ein grundsätzlich andersartiger Verlauf der Kurven zu erkennen ist.

b) Die Gesamtanlage.

Für die Nachprüfung der Mehrbrunnenanlage (im folgenden kurz als Gesamtanlage bezeichnet) müssen vereinfachende Annahmen gemacht werden, die das Endergebnis nicht wesentlich beeinträchtigen.

Es wurden zunächst folgende Betriebsabschnitte mit etwa konstanter Wassermenge und gleichbleibenden mittleren Wasserständen in den Beobachtungsrohren gewählt.

Betriebsabschnitt A vom 29. 1. bis 5. 2. mit $q=200 \text{ m}^3/\text{h}$ Betriebsabschnitt B vom 11. 2. bis 16. 2. mit $q=500 \text{ m}^3/\text{h}$ Betriebsabschnitt C vom 1. 3. bis 25. 3. mit $q=600 \text{ m}^3/\text{h}$ Betriebsabschnitt D vom 1. 4. bis 20. 5. mit $q=430 \text{ m}^3/\text{h}$

Im Abschnitt A war nur die Pumpe 4, im Abschnitt B waren Pumpe 1, 2 und 4, im Abschnitt C alle Pumpen und im Abschnitt D Pumpe 1, 2, 3 in Betrieb.

Die Absenkungen in den einzelnen Entnahmebrunnen konnten nicht festgestellt werden. Es wurde lediglich mit Hilfe einzelner Beobachtungsrohre der Wasserstand zwischen den Entnahmebrunnen und ihrer Umgebung, sowie außerhalb der Baugrube in bis zu rund 1400 m Entfernung von Mitte Entnahme gemessen.

Für jeden Betriebsabschnitt sei eine gleichbleibende Reichweite vorausgesetzt. Da es außerdem für die grundsätzliche Untersuchung der Gültigkeit der Gleichungen durchaus genügt, ist anstelle der Mehrbrunnenanlage ein Einzelbrunnen gedacht. Der Fehler, der hiermit begangen wird, ist bekanntlich nur in Entnahmenähe von Bedeutung, mit größerer Entfernung von der Baustelle jedoch wirkt die Gesamtanlage wie ein Einzelbrunnen mit entsprechend großem Filterumfang.

Die gemessenen mittleren Wasserstände in den Beobachtungsrohren sind für die einzelnen Betriebsabschnitte in der Zahlentafel 6 angegeben.

Zahlentafel 6.

Geförderte Wassermengen und zugehörige Wasserstände bei künstlicher Entspannung (Gesamtanlage).

	gef.Meng.		mittlere Wasserdruckhöhe zu NN in Brunnen											
absch.	in m³/h	Baugr.	13	16	12	IV	II	V	VI	VII	VIII	IX		
A.	200	<u>-4,90</u>				-2,60	-2,30	-1,85	-1,15	-0,25	-1,60	-1,10		
В	500	-7,80				-4,70	-4,00	-3,15	-2,10	-0,60	-2,75	-1,90		
С	600	-8,00				-5,35	-4,75	-3,75	-2,60	-1,00	-3,30	-2,45		
D	430	-7.10	-5.15	-5,10	-4.80	-4,30	-3,65	-2,90	-2,00	-0.75	-2.60	-1,90		

Man erkennt aus Abb. 1, daß der ursprüngliche Wasserspiegel nicht eben ist, daß aber andererseits die vorhandenen Gefälle im Verhältnis zu den Gefällsverhältnissen während der künstlichen Entspannung so gering sind, daß sie bei Betrachtung der letzteren bedenkenlos vernachlässigt werden können. Der ursprüngliche Wasserspiegel sei deshalb als eben und wie im Abschnitt I bei — 0,30 m NN angenommen.

Die Gefällsverhältnisse für die vier Betriebsabschnitte sind mit Hilfe von Linien gleicher mittlerer Druckhöhe in den Abbildungen 14 bis 17 dargestellt. Aus diesen Linien ist deutlich zu erkennen, wie gleichmäßig und völlig ungestört sich der Absenktrichter unter der Eider hindurch auf das gegenüberliegende Ufer ausdehnt. Die Kleischicht zwischen Eidersohle und grundwasserführender Sandschicht ist also gegen Durchfluß von oben nach unten praktisch völlig dicht.

Man erkennt bei den größeren Fördermengen in den Betriebsabschnitten B, C und D ferner eine Verzerrung des Absenktrichters zu ovaler Form, die auf die oben bereits erwähnten geologischen Unregelmäßigkeiten zurückzuführen ist.

Aus den in den einzelnen Rohren beobachteten Absenkwerten sind nun wieder die Werte m.k ermittelt worden. Die hierfür notwendige Berechnung der Reichweiten nach Gleichung (15) ergab für:

Betriebsabschnitt A, $\ln R = 7,4144$ und R = 1660 m Betriebsabschnitt B, $\ln R = 7,4889$ und R = 1790 m Betriebsabschnitt C, $\ln R = 7,5985$ und R = 1995 m Betriebsabschnitt D, $\ln R = 7,6540$ und R = 2110 m.

Mit Hilfe dieser Werte ergeben sich aus der Anwendung der Gleichung (16) die in Zahlentafel 7 angegebenen Werte für m.k.

HehmSüdfelder Koog

130 ex

Abb. 14.
Linien gleicher
Druckspiegelhöhe des
Grundwassers im
Betriebsabschnitt A der
künstlichen
Entspannung.

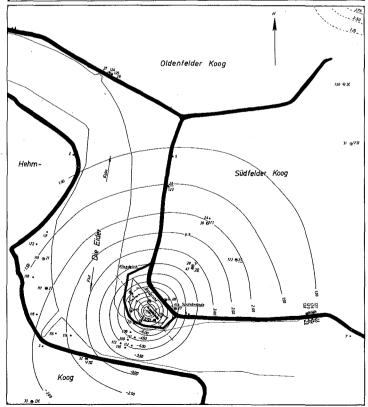


Abb. 15.
Linien gleicher
Druckspiegelhöhe des
Grundwassers im
Betriebsabschnitt B der
künstlichen
Entspannung.

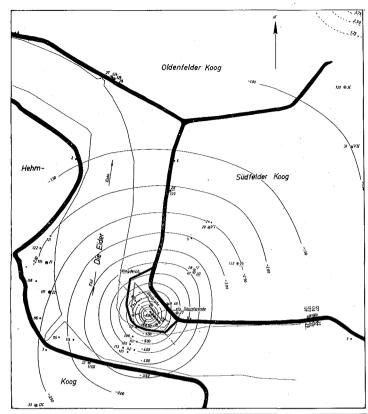


Abb. 16.
Linien gleicher
Druckspiegelhöhe des
Grundwassers im
Betriebsabschnitt C der
künstlichen
Entspannung.

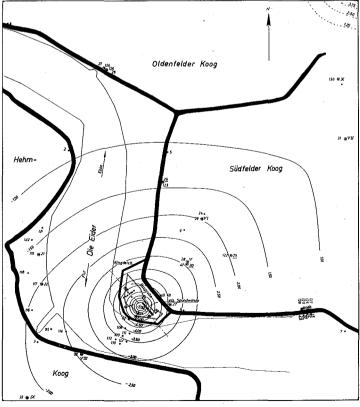


Abb. 17.
Linien gleicher
Druckspiegelhöhe des
Grundwassers im
Betriebsabschnitt D der
künstlichen
Entspannung.

Zahlentafel 7. Werte von x, s und m.k für die künstl. Entspannung durch Gesamtanlage.

Beob. = Brunnen		13	16	12	IV	II	V	VIII	VI	IX	VII	m∙k i.M.
B.=A.: A q = 200 lnR=7,41	x s m·k				200 2,30 29,10	245 2,00 30,45	330 1,55 33,15	440 1,30 32,50	570 0,85 39,80	815 0,90 25,20	1390 0,00 —	31,70
B.=A.: B q = 500 lnR=7,49	x s m·k				145 4,40 45,50	195 3,70 47,80	340 2,85 46,50	420 2,45 47,20	570 1,80 50,50	795 1,60 40,30	1410 0,30 63,70	48,79
B.\$A.: C q=600 lnR=7,60	x s m·k	t N			130 5,05 51,60	190 4,45 50,30	345 3,45 48,70	415 3,00 50,00	570 2,30 56,30	790 2,15 41,30	1420 0,70 46,30	49,21
B.=A.: D q=430 lnR=7,65	x s m·k	65 4,85 49,10	75 4,80 47,50	80 4,50 49,70	125 4,00 48,30	180 3,35 49,10	345 2,60 47,60	405 2,30 49,10	570 1,70 52,40	785 1,60 42,00	1420 0,45 59,40	49,42

B.-A. bedeutet Betriebsabschnitt

Sie sind bedeutend größer als für den Absenkversuch und zeigen auch für die einzelnen Betriebsabschnitte verschiedene Mittelwerte. Innerhalb eines Betriebsabschnittes sind im übrigen die Werte, abgesehen von einzelnen Streuungen, nahezu stetig. Berücksichtigt man aber die vorher schon erwähnte Tatsache, daß die Brunnen V und vor allem VIII und IX wegen äußerer Vorbedingungen ungesetsmäßig niedrige Wasserstände aufweisen, so ist innerhalb eines jeden Betriebsabschnittes ein schwaches Steigen der Größe m. k mit wachsender Entfernung von Entnahmemitte zu beobachten. Außerdem ist jedenfalls zwischen den Betriebsabschnitten A bis C ein Wachsen des Mittelwertes mit der geförderten Wassermenge zu beobachten. Im Betriebsabschnitt D weisen die Brunnen mit größeren x-Werten verhältnismäßig große Absenkungen auf, weshalb sich hier der Mittelwert von m. k noch größer ergibt als bei den übrigen Abschnitten. Von einer weiteren Erörterung dieser Tatsache, die auch mit der größeren Reichweite des Betriebsabschnittes D in Zusammenhang steht, soll hier abgesehen werden.

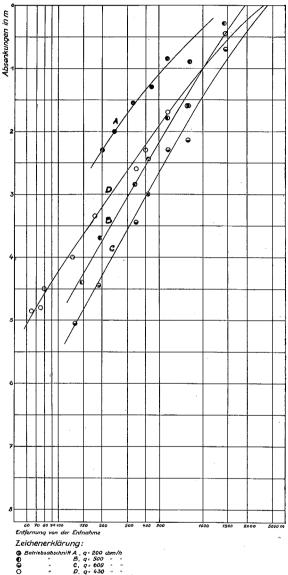
Die Anwendbarkeit der Gleichung (11) wird indessen für die Mehrbrunnenanlage nicht zu bestreiten sein. Dies wird auch durch die Auftragungen in Abbildung 18 bestätigt. Nach Gleichung (11) soll bei stetiger Entnahmemenge die Absenkung in jedem Beobachtungspunkt linear abhängig von dem natürlichen Logarithmus der Entfernung des Punktes von Mitte Entnahme sein. In Abbildung 18 sind entsprechend Abbildung 12 und 13 die bei Nordfeld in den einzelnen Beobachtungsbrunnen gemessenen Absenkungen mit den zugehörigen natürlichen Logarithmen der Entfernung von der Entnahme aufgetragen. Die sich aus den Beobachtungsreihen so ergebenden logarithmischen Absenkkurven sind alle mehr oder weniger gerade, abgesehen von Betriebsabschnitt D, dessen Kurve eine unerhebliche, aber deutliche

Krümmung aufweist. Die Steigung der logarithmischen Absenkkurven, die theoretisch durch den konstanten Ausdruck

$$\frac{\mathrm{ds}}{\mathrm{d} \, (\ln \, x)} \; = \; \frac{\mathrm{q}}{2 \, . \, \pi \, . \, \mathrm{k} \, . \, \mathrm{m}}$$

ausgedrückt ist, ist hier offenbar abhängig von ln x, und zwar verringert sie sich mit zunehmender Größe von ln x. Da für jeden Betriebsabschnitt g gleich bleibt, so ergibt sich eine Abhängigkeit des Wertes k. m von der Entfernung x. die sich auch in der Zahlentafel 7 ausdrückt. Ferner war festgestellt, daß die mittleren Steigungen dieser Kurven untereinander verglichen geringe Abweichungen von Gleichung (11) aufweisen, da k.m bei gleichem x abhängig von q ist. Die Steigungen der logarithmischen Absenklinien weichen daher etwas von den theoretischen Werten ab. Diese für die praktische Anwendung belanglosen Abweichungen ergeben sich gleichfalls zum Teil aus der Unvollkommenheit der Brunnenanlage, die sich offenbar

Abb. 18. **1. Logarithm. Absenkkurven der Gesamtanlage Nordfeld**.



mit wachsender Betriebsdauer und steigender Entnahme vor allem in Brunnennähe auswirkt. Zum Teil sind sie auch durch geologische Ungleichheiten zu erklären. Das Gesamtergebnis der Anwendbarkeit der Gleichungen (11), (12) und (13) wird indessen hierdurch verhältnismäßig wenig beeinträchtigt.

Eine Kontrolle der Gültigkeit der Gleichung (14) erübrigt sich für die Gesamtanlage, weil wegen der Vielbrunnenanlage der für die Gleichung vorausgesetzte Verlauf der Linien gleichen Druckpotentials innerhalb der Sandschicht stark gestört ist, und weil ohnehin bei einer Tauchtiefe der Brunnen von 12 m in eine nur 26 m mächtige Sandschicht die Bedingung einer unendlich großen Mächtigkeit nicht erfüllt ist. Die Gleichung (14) kann für den vorliegenden Fall deshalb ohne besonderen Nachweis als nicht anwendbar bezeichnet werden.

Zusammenfassung.

Die während des Baues der Eiderabdämmung bei Nordfeld angestellten Beobachtungen des Grundwasserstandes führten zu den folgenden Feststellungen.

- 1. Das beobachtete Grundwasser bewegt sich in einer etwa 26 m mächtigen Schicht von Fein- bis Mittelsanden, die von unten wahrscheinlich durch altdiluviales, toniges Geschiebe begrenzt und von einer etwa 10 m mächtigen Decke aus alluvialer Fluß- und Seemarsch (Klei) mit geringen Einlagerungen und Ueberlagerungen von Schilfmoor (Darg) und Torfmoor bedeckt wird. Das Grundwasser ist gespannt bis zu einem Druckspiegel, der am Eiderufer im Mittel 30 cm unter Gelände ansteht und zu den Geesträndern hin ansteigt.
- 2. Der Grundwasserdruck schwankt mit den Gezeiten der Eider, deren Tidehub im Mittel etwa 2,50 m beträgt. Die an anderen Stellen mehrfach gemachte Beobachtung, daß diese Schwankungen zeitlich hinter denen des Tidegewässers um so mehr zurückbleiben und an Größe verlieren, je größer die Entfernung vom Ufer ist, wird durch die Beobachtungen in Nordfeld für nicht allzu kleine Entfernungen vom Eiderufer bestätigt.

Die Anwendbarkeit der von Steggewentz für die Fortpflanzung der Tidewelle im gespannten Grundwasser angegebenen Gleichung

$$\Phi = M + S \cdot e^{-E \cdot x} \cdot \sin n \left(t - \frac{F}{n} \cdot x\right) \tag{I}$$

wird für die Beobachtungen dadurch bestätigt, daß die aus ihr für die Größe des Thw-Scheitels hergeleitete Gleichung

$$A_{x} = (S - W) \cdot e^{-E \cdot x}$$
 (II)

anwendbar ist.

Als Ursache für einzelne geringe Abweichungen wurde festgestellt:

- a) Das Eiderwasser dringt bei Hochwasser nicht in die Grundwasserschicht ein.
- b) Die Gezeitenschwankung entsteht durch Aufstau des bei Tnw in die Eider absließenden Grundwassers, der infolge der geringen Durchlässigkeit der Kleidecke nicht völlig zur Ansammlung des Grundwassers am Ufer führt, sondern eine rückläufige Staudruckwelle verursacht. Es

entsteht dabei eine vorübergehende Umformung von Geschwindigkeitspotential in Druckpotential.

- c) Bei Ansatz der Gleichungen, der nur für ungespanntes Grundwasser durchgeführt wurde, sind die bei gespanntem Grundwasser für die Größe der Tideschwankung mitbestimmenden Größen des natürlichen Druckgefälles bei Tnw und des Verhältnisses des mittleren gespannten Grundwasserspiegels zum mittleren Außenwasserspiegel unberücksichtigt geblieben.
- 3. Die Beobachtungen während der künstlichen Entspannung des Grundwasserspiegels führten zur Kontrolle der Anwendbarkeit der allgemein gebräuchlichen Gleichung für die Absenklinie von Thiem und Forchheimer:

$$s = (H - z) = \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot m \cdot k} \cdot (\ln R - \ln x)$$
 (III)

Es konnte festgestellt werden, daß diese Gleichung für die unvollkommene Anlage bei Nordfeld mit genügender Annäherung Gültigkeit hat. Die bei Nachprüfung der Gleichung (III) sich ergebenden unwesentlichen Abweichungen werden mit der Unvollkommenheit der Entnahmebrunnen erklärt.

Für die für unendlich mächtige Grundwasserträger geltende Beziehung

$$s = (H - h) = \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot t \cdot k} \cdot \ln\left(\frac{t}{a} + \sqrt{1 + \left(\frac{t}{a}\right)^2}\right)$$
 (IV)

wird mit Hilfe des Absenkversuchs eine größere Abweichung von den Messungen festgestellt.

Schriftenverzeichnis.

- BEGER: Zur Beurteilung der Grundwasserabsenkungsfläche beim Brunnenbetrieb. "Bautechnik" H. 3, 1923.
- BRENNECKE-LOHMEYER: Der Grundbau, 4. Aufl., Bd. I.
- BOHLMANN, A.: Die Grundwasserabsenkung bei dem Schleusenbau zu Brunsbüttelkoog, Diss, Braunschweig 1913.
- DACHLER, ROBERT: Grundwasserströmung, Wien 1936.
- DANKWERTS: Theoretische Grundlagen der praktischen Hydraulik. Hannover 1920.
- EMERSLEBEN: Wie fließt das Grundwasser. "Bautechnik" H. 10, 1924.
- FEBRANS: Versorgung der Ortschaften mit Feuerlöschwasser. 2. Aufl. Kiel 1930.
- FORCHHEIMER, PHILIPP: Hydraulik. Leipzig und Berlin 1914. HESS: Beobachtungen über das Grundwasser. Ztschr. d. Arch. u. Ing.-Ver. Hannover
- HECK, H: Das Grundwasser im Zusammenhang mit dem geologischen Bau Schleswig-Holsteins. Berlin 1932.
- 11. HECHLER: Die Ergiebigkeit und Absenkung artesischer Brunnen. "Bautechnik" H. 29, 1923
- HUBER: Höhenlinien des durch Brunnen abgesenkten Grundwasserspiegels. Gewapend Beton H. 5, 1931.
- 13. KEILHACK, K.: Lehrbuch der Grundwasser- und Quellenkunde. Berlin 1912.
- KOEHNE, W.: Grundwasserkunde. Stuttgart 1928. 14.
- KRES: Die Deutschen Küstenflüsse. Berlin 1911. 15.
- KRESS-SICHARDT: Die Bedeutung der Grundwasserabsenkung und der chemischen Bodenverfestigung usw. "Bautechnik" 1933.
- KYRIELEIS-SICHARDT: Grundwasserabsenkung bei Fundierungsarbeiten. Berlin 1930. LUEGER, O.: Theorie der Bewegung des Grundwassers. Stuttgart 1883. 17.

- MOLLER, MAX: Die Wellen, die Schwingungen und die Naturkräfte. Braunschweig 19.
- OESTEN: Ueber Grundwasserfassung durch Brunnen. Wochenschr. d. V. D. I. S. 245. 1882.
- PENNINCK, J. M. K.: Over de Beweging van Grondwater. Ztschr. "de Ingenieur", Š. 482, 1905.
- 22. POESCHL, THEOD.: Lehrbuch der Hydraulik für Ingenieure u. Physiker. Berlin 1924.
- 23. PRINZ, E.: Handbuch der Hydrologie. 2. Aufl. Berlin 1923.
- 24.
- REDLICH, TERZAGHI: Ingenieurgeologie. Wien-Berlin 1929. KAMPE-REINECKE: Die Bewegung der Tidewelle im Tidefluß. Jahrbuch der Gewässerkunde Norddeutschl. Bd. 3, Nr. 4. Berlin 1921.
- 26. RICHERT, J. GUST.: De toenemende daling van den Grondwaterspiegel. "de Ingenieur" S. 109. 1905.
- 27.
- 28.
- SCHULTZE, J.: Die Grundwasserabsenkung in Theorie und Praxis. Berlin 1925. SCHULTZE, FRIEDR. W. O.: Seehafenbau, Bd. I. Berlin 1911. SICHARDT, W.: Ueber Tiefensenkungen des Grundwasserspiegels. Bautechn. H. 47, 49 29. u. 50. 1927.
- 30. SICHARDT, W. u. H. WEBER: Hydrologische Rechnungen für die Grundwasserabsenkung beim Bau der Nordschleusenanlage in Bremerhaven. Bautechn. 1931. SLICHTER: The Motions of Groundwaters. Wash. W. S. P. Nr. 67. 1902.
- 31.
- STEGGEWENTZ, J. H.: De invloed van de getijbeweging van zeen en getijrivieren op de stijghoogte van het grondwater. Diss. Delft 1933. THIEM, A.: Ueber die Ergiebigkeit artesischer Bohrlöcher, Schachtbrunnen etc. Journ. 32.
- 33. f. Gasb. u. Wasservers. München 1870.
- THIEM, A.: Zur Wirkungsweise von Schachtbrunnen. Wochenschr. d. V. D. I. S. 451.
- VREEDENBOURGH, C. G. J.: On the steady flow of water percolating trough soils with homogenous, anisotropic permeability. Proceedings o. t. intern. Conf.
- of Soil Mech. a. Found. Eng. Cambridge Mass. 1936. VREEDENBOURGH u. O. STEVENS: Electric investigation of underground water flow nets. Proc. o. t. int. Conf. of Soil Mech. aso. Cambridge Mass. 1936.
- WALTHER: Beobachtungen über die Grundwasserbewegung hinter einer dichten Uferwand im Tidegebiet. Bautechn. S. 495, 1932, S. 666, 1933.
- 38. WEBER, H.: Die Reichweite von Grundwasserabsenkungen mittels Rohrbrunnen. Diss. Berlin 1928.
- 39. WEIGMANN: Erscheinungsformen des Bodenwassers. D. Wass..-W. H. 4, 1937.
- WEYRAUCH, R.: Die Wasserversorgung der Städte. 2. Aufl. 1. Bd. Leipzig 1914. 40.
- WEYRAUCH, R. u. A. STROBEL: Hydraulisches Rechnen. Stuttgart 1930.

Das nordfriesische Wattenmeer, eine Kulturlandschaft der Vergangenheit*).

Von Albert Bantelmann.

Inhalt.

I.	Eir	nführung	
	A.	Die Landschaft	40
	В.	Aufgabenstellung und Arbeitsweise	41
			42
		Die bisherigen Kenntnisse des Schichtaufbaus	43
			10
11.	Di	e Kulturspuren im Watt, ihre Lage und Deutung	
	A.	Das Gebiet der nördlichen Halligen	
		1. Hallig Langeneß	46
		a) Die Kulturspuren	47
		Der Torfabbau	47
		Folgerungen zur Entstehungs- und Siedlungsgeschichte	50
		Geschichtliche Quellen zur Salzgewinnung aus Torf	52
		Siedlungsreste südlich von Langeneß	53
		2. Hallig Gröde-Appelland	57
		a) Die Kulturspuren	59
		Der Torfabbau	59
		Deichreste	64
		Artefakte aus Feuerstein	66
		b) Die Landschaftsentwicklung auf Grund der Ergebnisse	67
		3. Hallig Habel	70
		a) Die Kulturspuren	72
		Der Torfabbau	72
		Grabenreste	73
		Pflugspuren	75
		Siedlungsreste	75
		b) Die Landschaftsentwicklung auf Grund der Ergebnisse	79
		4. Hallig Hooge	80
		a) Der Torfabbau nördlich von Hooge	80
		b) Die Kulturspuren südlich von Hooge	81
		c) Die Landschaftsentwicklung auf Grund der Ergebnisse	86
	В.	Das Gebiet der ehemaligen Insel Alt-Nordstrand	
		1. Die Landschaft vor dem Untergang der Insel	86
		2. Geschichtliches über die Bodenbeschaffenheit von Alt-Nordstrand	88
		3. Die Zerstörung der Insel durch die Folgen der Sturmflut des Jahres 1634	89
		4. Das Wattgebiet nördlich von Pellworm	92
		a) Die Veränderungen des Gebietes auf Grund von Kartenvergleichen	92
		b) Graben und Siedlungsreste nordöstlich der Rummelloch-Wasser-	
		scheide	93

^{*} Diese Abhandlung erscheint zugleich als Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der Philosophischen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität in Kiel.

c) Graben- und Grubenreste südwestlich der Rummelloch-Wasserscheide	95
d) Kulturspuren auf Sandshörn	101
e) Ergebnisse der Untersuchungen nördlich Pellworm	104
III. Zusammenfassung und Auswertung der Ergebnisse	
A. Die Landschaftsentwicklung	105
B. Die Besiedlung	108
C. Zur Frage der Niveauveränderungen	109
Verzeichnis einiger Ausdrücke und Abkürzungen	112
Schriftenverzeichnis	

I. Einführung.

A. Die Landschaft.

Die vorliegenden Untersuchungen sind ausgeführt in dem Teil des nordfriesischen Wattenmeers, der im Süden durch die Halbinsel Eiderstedt, im Norden durch die Insel Föhr begrenzt ist. Es sind die Gezeiten, die dieser Landschaft ihr Gepräge geben. Schon bei oberflächlicher Betrachtung zeigt sie, je nachdem, ob man sie bei Hoch- oder Niedrigwasser betrachtet, ein ganz verschiedenes Gesicht.

Bei Hochwasser ragen die beiden bedeichten Marschinseln Nordstrand und Pellworm sowie die unbedeichten oder nur mit einem Sommerdeich versehenen Halligen, deren Lage und Namen aus der beigefügten Übersichtskarte zu ersehen sind, aus den sie umgebenden Wasserflächen empor. Die Oberfläche dieser Inseln erhebt sich nur wenige Dezimeter über mittleres Tidehochwasser (MThw)*). In einigen Teilen der bedeichten Marschinseln liegt sie sogar unter MThw, so daß an diesen Stellen der Deichschutz die tägliche Überflutung verhindert. Die unbedeichten Halligen werden bei stärkeren Winden aus westlicher Richtung überflutet, auf ihnen bedeckt eine kurzrasige Salzwiese die Oberfläche. Hier, wo der Ackerbau infolge der unregelmäßigen Überflutungen des Landes durch das Salzwasser nicht möglich ist, bildet die Viehzucht die einzige Wirtschaftsform. Auf den bedeichten Inseln dagegen wird neben der Viehzucht ein intensiver Ackerbau betrieben.

Bei Niedrigwasser beherrschen das Bild ausgedehnte Wattflächen, die gegenüber den Inseln und Halligen einen weitaus größeren Flächenraum einnehmen. Die zum größten Teil aus sandigen oder tonigen Ablagerungen geringen Alters und ausgedehnten Abtragsflächen älterer Sedimente gleicher Zusammensetzung gebildete Oberfläche dieser Watten bieten dem auf die dichte Vegetationsdecke unserer Breiten eingestellten Auge einen zunächst ungewohnten Eindruck. Die Wattflächen sind zerschnitten von einem Netz mehr oder minder tiefer Rinnen, die in ihrer Anordnung an Flußsysteme erinnern. Die breiten Ausläufe dieser Rinnensysteme liegen, wie auch bei

^{*)} Bei unbekannten Ausdrücken und Abkürzungen vergleiche man die beigefügte Tabelle.

Flüssen, seewärts. Die Hauptrinnen — in Nordfriesland Tiefs genannt — sind beständig mit Wasser gefüllt und weisen beträchtliche Tiefen auf. In unserem Untersuchungsgebiet sind drei solcher Rinnensysteme zu unterscheiden:

das Gebiet der Norder- und Süderau,

das Gebiet des Schluts,

das Gebiet des Heverstromes und der Norderhever (Abb. 1).

Die so in ihrem Aussehen kurz gekennzeichnete Landschaft ist in geschichtlicher Zeit gewaltigen Veränderungen unterworfen gewesen. Die Grenze zwischen besiedlungsfähigem Land und der im Bereiche der täglichen Gezeiten liegenden Flächen hat sich ständig verschoben, und zwar in dem heute außerhalb der Seedeiche liegenden Gebiete stark zu Ungunsten des Landes. Zahlreiche Quellen aus Mittelalter und Neuzeit, von denen am bekanntesten die Schilderungen der Chronisten Boetius (3), Heimreich (26). Petreus (43) und Sax (21) sind, bezeugen eine ehemals erheblich weitere Ausdehnung des besiedelten Landes und berichten von gewaltigen Landverlusten, die besonders zwischen dem 13. und 18. Jahrhundert eintraten. Dort, wo früher blühendes Kulturland lag, erstrecken sich heute ausgedehnte von Rinnen zerschnittene Wattflächen. Unter den jungen Wattsedimenten vergraben liegen noch heute vielerorts die letzten Reste menschlicher Tätigkeit in diesem von der See geraubten Lande. Diese Reste, die im folgenden als Kulturspuren bezeichnet werden, treten an günstig gelegenen Stellen bei Niedrigwasser zutage.

B. Aufgabenstellung und Arbeitsweise.

Landverlust einerseits und Bildung von Neuland andererseits sind die sichtbarsten Auswirkungen von Kräften, die an der Umgestaltung des Raumes am Werke sind. Die genaue Kenntnis dieser Kräfte ist von ausschlaggebender Bedeutung für die Schaffung eines wirksamen Küstenschutzes und einer erfolgreichen Landgewinnung. Sie sind deswegen im Rahmen des von dem Herrn Oberpräsidenten der Provinz Schleswig-Holstein aufgestellten Zehnjahresplanes zur Gewinnung von Neuland an der Westküste zum Gegenstand eingehender Untersuchungen gemacht worden. Mit der Durchführung befaßt sich die Westküstenforschung.

Die Kulturspuren sind als Reste ehemaligen Kulturlandes Zeugen der Veränderungen, denen die Landschaft im Laufe der Zeiten unterworfen war. Es liegt nahe zu versuchen, mit Hilfe dieser Zeugen eine genauere Kenntnis der Ursachen und des Verlaufs der Umgestaltungen im Gebiete zu bekommen. Durch Busch (6, 7), Peters (39, 40, 41) und Wegner (57, 58) sind Versuche in dieser Richtung unternommen worden. Die schwierige Zugänglichkeit vieler Teile des Wattenmeeres brachte es jedoch mit sich, daß die Untersuchungen entweder auf einen Ort beschränkt wurden oder aber nicht eingehend genug durchgeführt werden konnten. Erst mit den von der Westküstenforschung zur

Verfügung gestellten Hilfsmitteln war es möglich, eine umfassende und gründliche Untersuchung vorzunehmen.

Gemäß dem von der obengenannten Dienststelle gesetzten Ziele war es die Aufgabe dieser Untersuchungen, die Entwicklungsgeschichte der Landschaft mit Hilfe der Kulturspuren möglichst weit und eingehend zu verfolgen, um auch auf diesem mittelbaren Wege Art und Wirkung der die Veränderungen bedingenden Kräfte festzustellen.

Dabei wurde nach folgenden Grundsäten vorgegangen:

- 1. Der Ausgangspunkt aller Untersuchungen ist der heutige Zustand der Landschaft und die in ihr gestaltend wirkenden Kräfte.
- 2. Um über die Gegenwart hinaus ein umfassendes Bild des Landschaftscharakters der Vergangenheit zu bekommen, sind folgende Arbeitsverfahren entwickelt:
- a) In Gebieten mit Kulturspuren wird mit deren Hilfe das Aussehen und die Ausdehnung der ehemaligen Kulturlandschaft nachgebildet und wenn möglich, an Hand von Funden an Kulturgerät ihr Alter festgestellt.
- b) Wenn Quellen aus der Zeit des Bestehens der heute untergegangenen Landschaft vorhanden sind, werden diese zur Schilderung der ehemaligen Verhältnisse herangezogen.
- c) Die im Hangenden und Liegenden der Kulturspuren befindlichen Schichten werden genau untersucht. Aus dem Aufbau der einzelnen Schicht wird der zur Zeit ihrer Entstehung jeweils herrschende Landschaftscharakter abgelesen. Aus dem Wechsel des Schichtaufbaus kann auf die Art der Anderung der Landschaft geschlossen werden.
- d) Die Zusammenfassung und landschaftskundliche Auswertung dieser Untersuchungen ergibt die Entwicklungsgeschichte der einzelnen Gebiete.
- e) Eine vergleichende Betrachtung der Einzelgebiete liefert eine Übersicht über die Landschaftsentwicklung im Gesamtraum, aus deren Verlauf auf die Art und Wirkung der gestaltenden Kräfte geschlossen werden kann.

C. Die landschaftsgestaltenden Kräfte der Gegenwart.

Die an Wirkung weitaus vorherrschende landschaftsgestaltende Kraft des Gebietes ist die durch verschiedene Ursachen hervorgerufene Bewegung des Wassers. Durch die täglichen Gezeiten wird ein mittlerer Tidehub von etwa 2 bis 3 m verursacht, der wegen der Flachheit des Grundes und der Einengung der Wassermassen zwischen den einzelnen Inseln stark horizontal gerichtete Gezeitenströme zur Folge hat. Das täglich zweimal land- und zweimal seewärts strömende Wasser übt eine umlagernde Wirkung auf den Untergrund aus. Je nach der Lage herrschen in den einzelnen Teilen des Gebietes Einschneidung, Abtrag oder Auftrag von Sedimenten vor. Diese ständige Umlagerung wird durch die lockere Beschaffenheit des aus marinen beziehungsweise glazialen Sedimenten bestehenden Untergrundes sehr geför-

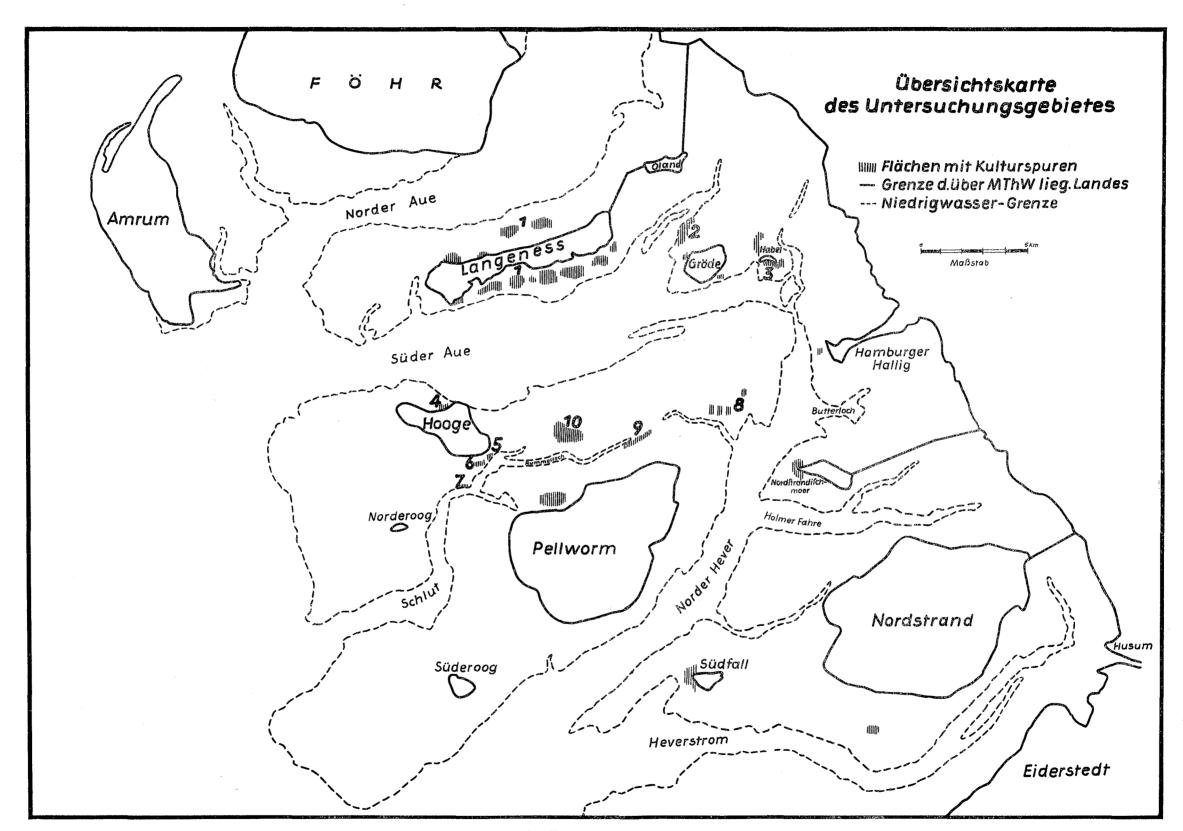


Abb. 1. Das Untersuchungsgebiet.

dert. Das Rinnensystem der Tiefs und Priele ist ein Ergebnis dieser Einwirkung. Neben den Gezeiten wirken die durch den Wind hervorgerufenen Wellen und der bei stark auflandigen Winden auftretende Wasserstau an der Umgestaltung der Landschaft.

Es ist durch die bekannten Forschungen von Schütte (52) und neuerdings auch durch Dittmer (12) mit Sicherheit festgestellt, daß im Bereich der Deutschen Bucht die Wirkung der äußeren Kräfte in der Vergangenheit verstärkt wurde durch eine Senkung des Landes, die ein anhaltendes Ansteigen des Wasserstandes zur Folge hatte. Schütte (52) und Busch (7) nehmen an, daß diese Senkung auch in der Gegenwart andauert. Heck (23) will die Veränderungen, die gerade im nordfriesischen Wattenmeere sehr stark waren, mit einer besonders intensiven Senkung von Teilen dieses Gebietes erklären.

Im folgenden soll das Verhältnis, in dem die einzelnen Kräfte an der Umgestaltung der Landschaft gewirkt haben, auf Grund der Untersuchungsergebnisse klargelegt werden.

D. Die bisherigen Kenntnisse des Schichtaufbaus.

Der Schichtaufbau des von uns betrachteten Gebietes ist in dem halbschematischen Schnitt Abbildung 2 dargestellt. Der Schnitt führt von dem 44 m hohen Stollberg bei Bredstedt durch das Gebiet der nördlichen Halligen bis zur Amrumer Geest. Die Entfernung zwischen beiden Punkten beträgt rund 40 km. Die Überhöhung ist etwa hundertfach. Der Verlauf der Schichtgrenzen konnte auf Grund der Ergebnisse einiger von Simon (55) und zwei vom Verfasser ausgeführter Tiefbohrungen nur allgemein angegeben werden, insbesondere sind die Verhältnisse am heutigen Geestrand noch ungeklärt. Ihre genaue Festlegung ist durch die geologischen Untersuchungen der Forschungsabteilung des Marschenbauamtes Husum in Angriff genommen.

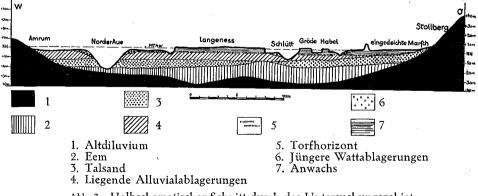


Abb. 2. Halbschematischer Schnitt durch das Untersuchungsgebiet (in Anlehnung an Simon, 55)

Zwischen den beiden Altmoränenhöhen des Stollbergs im Osten und Amrums im Westen sinkt die Oberfläche des Alt-Diluviums bis auf etwa - 30 m NN ab. Der untere Teil der auf diese Weise gebildeten Mulde ist ausgefüllt mit sandigen bis tonigen Sedimenten marinen Ursprungs, den im letten Interglazial gebildeten Ablagerungen des Eemmeeres. Über diesen Sedimenten folgen die Ablagerungen der Schmelzwässer der letzten Vereisung in der Form einer Decke periglazialen Talsandes von wechselnder Mächtigkeit, die sich, wie im Schnitt ersichtlich, nicht ganz geschlossen über das Gebiet erstreckt. Die Oberfläche des Talsandes, die in unserem Untersuchungsgebiet etwa zwischen NN - 6 und NN - 12 m anzutreffen ist, wird häufig von einer Torfschicht bedeckt, unter der sich ein Bleichhorizont befindet. Dieses zeigt, daß die Talsandoberfläche früher außerhalb der Gezeiten gelegen hat. Über dem Talsand liegen Ablagerungen marinen Ursprungs, die in ihren unteren, vorwiegend sandigen Teilen Molluskenschalen führen. An ihrer Oberfläche findet sich an vielen Stellen eine geringmächtige Tongyttja-Schicht. Diese Ablagerungen sind im größten Teil unseres Untersuchungsbereiches von einer mehr oder minder mächtigen Torfschicht bedeckt, die die liegenden Meeresablagerungen klar nach oben abgrenzt. Wir bezeichnen daher die von der Torfschicht bedeckten oder die mit ihnen gleichaltrigen Meeressedimente als liegende Alluvialablagerungen im Gegensats zu den hangenden jüngeren. Die Bildung des genannten Torfhorizontes begann nach Ernst (13) frühestens in der zweiten Hälfte der älteren Hochmoortorfzeit, das heißt etwa 2000 vor der Zeitenwende. Über die Zusammensetung des Torfes und über den Abschluß der Torfbildung wird im Verlaufe der Ausführungen genauer berichtet werden.

Der Torfhorizont ist von jungen Meeresablagerungen bedeckt, die in ihrem Aufbau stark voneinander abweichen. Neben verschiedenartigen Sedimenten, die unter MThw entstanden sind, tritt sehr verbreitet auch eines auf, das bei Sturmfluten über MThw abgelagert wurde. Das für unsere Untersuchungen sehr wichtige Sediment gibt Abbildung 3 wieder. Es besteht aus einer Folge überwiegend waagerecht verlaufender Ton- und Sandschichten. Die Schichtränder sind unregelmäßig ineinander verzahnt. Das Verhältnis von sandigem und tonigem Anteil ist örtlich, teilweise auch innerhalb einer Ablagerung, ganz verschieden. Beim Überwiegen der tonigen Bestandteile ist die Schichtung schwer oder gar nicht zu erkennen. Dieser fette Klei zeigt jedoch infolge Einwirkung der Verwitterungskräfte stets eine Vieleckbildung. Das Sediment ist durchzogen von Resten der Wurzelkanäle von Landpflanzen, deren Verlauf durch braun bis schwarz verfärbte Eisenverbindungen sichtbar wird. Nur bei stark toniger Beschaffenheit werden auch unversehrte, organische Reste angetroffen.

Die Entstehungsweise dieser Meeresablagerung ist durch vielfache Beobachtung bekannt (vgl. Trusheim (56), Schwarz (53), Schütte (51), Wohlen-

BERG (61). Die Bildung erfolgt durch Sedimentation von sandigen und tonigen Stoffen während der Überflutung von Halligen und Vorländern bei starken Winden aus westlicher Richtung auf der Oberfläche des Graslandes. Diese jung aufgewachsenen Schichten werden im folgenden mit Anwachs bezeichnet.*)

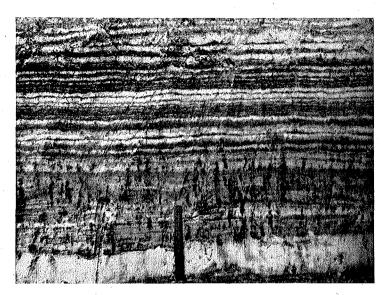


Abb. 3. Sandiger Anwachs mit deutlich erkennbarer Sturmflutschichtung.
Bildarchiv Westküste 6. VIII. 38 Aufn. Bantelmann

II. Die Kulturspuren im Watt, ihre Lage und Deutung.

A. Das Gebiet der nördlichen Halligen.

Die vier untersuchten nördlichen Halligen Langeneß, Gröde, Habel und Hooge haben im Gegensatz zum Südgebiet, das ehemals der bedeichten Insel Alt-Nordstrand angehörte, soweit die geschichtliche Überlieferung reicht, als Halligen ohne umfassende Bedeichung bestanden. Ihr ursprüngliches Gesamtbild hat sich zum größten Teil bis heute erhalten. Die Oberfläche ist bedeckt mit einer kurzrasigen Salzwiesen-Flora, die dem einzigen Erwerbszweig der Bewohner, der Viehzucht, als Weide- und Meedeland nutzbar gemacht wird. Im Durchschnitt liegt die Halligoberfläche etwa NN + 2,00 m (vgl. S. 112). Die höchsten natürlichen Erhebungen liegen mit etwa NN + 2,5 m in der Nähe der Ufer, die tiefsten Senken mit etwa NN + 1,5 m in den uferfernen Ge-

^{*)} Nach einem Vorschlag von Dr. WOHLENBERG, Husum, unter bewußter Verwendung des auf den alten Karten des 17. Jahrhunderts (Meyer) gebrauchten Begriffes und unter Beachtung der noch heute an der Küste angewandten Ausdrucksweise.

bieten. Wie die Wattoberfläche von Tiefs und Prielen, so wird auch die Hallig von zahlreichen, sich verästelnden Rinnsalen zerschnitten, durch welche sich die Be- und Entwässerung des Landes bei Überschwemmungen vollzieht.

Die Halligufer fallen größtenteils steil, meistens unter Herausbildung einer oder mehrerer Terrassen zum Watt ab. Dieser steile Abfall, von Wohlenberg (61) Hochwasserkliff genannt, ist ein Werk der Brandung, die bei jedem Hochwasser an dieser Stelle wirkt und eine stete Zurückverlegung der Halligkanten zur Folge hat. Entsprechend der vorherrschenden Windrichtung ist der Abtrag an den Westufern und Südufern besonders stark. Nur an den geschützten Ostseiten, an denen teilweise eine Neuanlandung stattfindet, kann dieses Steilufer fehlen. Heute sind die gefährdeten Ufer durch Steinbelag gegen weiteren Abtrag geschützt.

Da die Halligoberfläche bei stärkerem Wind aus westlicher Richtung überflutet wird, liegen die Häuser auf Warften, die bis etwa NN + 5 m aufgeschüttet sind. Der hohe Salzgehalt des Grundwassers zwingt die Bewohner, Niederschlagswasser als Trinkwasser zu verwenden. Zum menschlichen Genuß wird das vom Dach herablaufende Regenwasser durch steinerne Rinnen aufgefangen und in Brunnen geführt, die heute aus Ziegelsteinen, früher aber aus Soden aufgebaut waren. Durch die Zuführung von künstlich aufgefangenem Oberflächenwasser erhalten diese Brunnen zisternenartigen Charakter. Es konnte bisher nicht festgestellt werden, ob auch durch die Wände ein Zutritt von Grundwasser möglich ist, der den Vorrat wesentlich ergänzt. Diese Wasserbehälter werden im folgenden, wie bisher im Schrifttum üblich, als Brunnen-bezeichnet; auf abweichende Formen wird besonders hingewiesen. Zum Tränken des Viehs wird Niederschlagswasser verwandt, das aus dem Warftkörper heraustritt und in tief liegenden, künstlich angelegten Teichen, in sogenannten Fethings, gesammelt wird, die oft zu mehreren inmitten jeder Warft liegen. Durch unterirdische Siele wird dieses Wasser gleichfalls in Brunnen geleitet, aus denen es früher mit dem Eimer, heute jedoch vorwiegend mit Pumpen geschöpft wird.

1. Hallig Langeneß.

Die etwa 8 km lange und im Mittel 1 km breite Hallig Langeneß liegt auf einem ausgedehnten Wattsockel zwischen Norder- und Süderau. Die Grenze zwischen dem Halligland und der Wattoberfläche bildet das Hochwasserkliff. Um dem fortschreitenden Abbruch vorzubeugen, ist dieses Kliff heute durch eine Steinpflasterung geschüt. Die Halligoberfläche erhebt sich an den Rändern bis NN + 2,40 m und sinkt im Innern stellenweise bis etwa NN + 1,60 m ab. Die Wattgebiete der Umgebung werden von Abtragsflächen eingenommen. Sie fallen vom Fuße der Halligkanten in Richtung der Tiefs allmählich ab und weisen nur geringmächtige jüngere Ablagerungen auf.

a) Die Kulturspuren. Der Torfabbau.

Der Untergrund der Hallig und des Wattsockels war ursprünglich von dem in der Einleitung erwähnten Torfhorizont durchzogen (vgl. L. Andresen, 1, Wegner, 57, Ernst, 13).

Anstehender Torf ist heute auf den Watten nördlich und südlich von Langeneß nur noch in der Form von unregelmäßig verlaufenden, an Breite stark wechselnden Streifen und einzelnen Inseln von geringer Ausdehnung vorhanden. An diesen Stellen konnte der ungestörte Aufbau des Torfhorizontes festgestellt werden. Der Grenzhorizont zwischen liegendem Alluvium und Torf wird von einem, mit Schilfwurzeln durchsetzten, im oberen Teil bräunlich verfärbten Ton gebildet. Über diesem Grenzhorizont folgt eine bis zu 0,30 m mächtige Lage Schilftorf. Die Schicht wird vielfach überlagert von einem Bruchwaldtorf mit Resten von Wurzeln und liegenden Stämmen der Gattungen Erle, Birke und Eiche. Der Bruchwaldtorf geht nach oben in einen Moostorf über. Zwischen beiden Horizonten trifft man häufig dicke Lagen von reinem Wollgrastorf an. Es wurde eine größte Mächtigkeit der Torfschicht von 0,80 m festgestellt.

Im größten Teile des Wattgebietes um Langeneß ist der Torf durch Menschenhand abgebaut (vgl. Schütte (51), Wegner (57), Andresen (1)). Wegner hat als erster auf Grund genauer Untersuchungen der heute sichtbaren Spuren auf die näheren Umstände geschlossen, unter denen die Torfgewinnung vor sich ging.

Nach Wegner (57) erfolgte der Abbau im Mittelalter unter Halligland. Die Torfschicht war hier von einer etwa 0,50 m mächtigen Decke aus jungem Anwachs bedeckt. Der Abbauvorgang ist in Abbildung 4 verdeutlicht. Er verlief derart, daß man zunächst einen Graben aushob und den aus diesem ausgeworfenen Anwachs beiseite schaffte. Der unter dem Klei (a auf Abb. 4) liegende Torf wurde bis auf die Schilftorfschicht ausgeräumt. Nun wurde auf der einen Seite des Grabens ein ungefähr 0,90 m breiter Streifen hangenden Kleis (b) abgestochen und in Abständen bis zu 5 m quergeteilt. Die auf diese Weise entstandenen großen Kleischollen wurden mit Spaten (nach Andresen mittels Hebebäumen) in den ausgehobenen Graben geworfen, wo sie zwischen dem aus kleineren Kleistücken und Torfgrus bestehenden Abraum liegen blieben. Die Schollen drehten sich beim Fallen 90° bis 150° um ihre Längsachse, sodaß die Rasenflächen im ausgeräumten Graben schräg nach unten zu liegen kamen (c). Der nach der Entfernung dieser Kleischollen zutage tretende Torf konnte nunmehr abgebaut werden. Auf die beschriebene Art wurde Kleistreifen auf Kleistreifen entfernt und der darunterliegende Torf abgebaut.

In den Abbaufeldern blieben in wechselnden Abständen schmale Streifen gewachsenen Bodens stehen. Diese Streifen, die noch heute als "Dämme" aus

anstehendem Torf erhalten sind, sollten wahrscheinlich Wassereinbrüche aus schon ausgeräumten Gebieten verhindern.

Aus weiter unten angeführten geschichtlichen Quellen geht hervor, daß Torf durch Verbrennen zu salzreicher Asche in großem Umfange zur Gewinnung von Salz verwandt wurde.

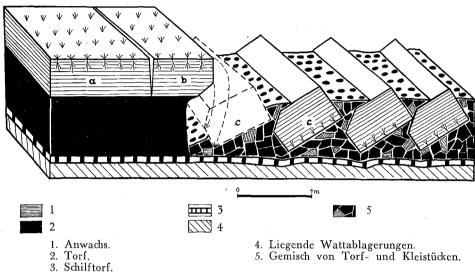


Abb. 4. Der Abbau des unter Halligland anstehenden Salztorfes. (in Anlehnung an ANDRESEN, 1937)

Heute finden sich überall dort, wo anstehender Torf fehlt und keine jüngeren Wattablagerungen den Untergrund bedecken, auf der Wattoberfläche die durch Wellen und Strömung horizontal angeschnittenen Abbauschollen in der Form parallel verlaufender Kleistreifen, die von gleichlaufenden Streifen aus Torfgrus mit Kleistücken unterbrochen sind. Wie die deutliche Bänderung des Kleis zeigt, bestehen die Schollen aus ausgesprochenem Anwachs. Im ursprünglich unteren Teil sind in die Bänderung zuweilen dunkle Torfgruslagen eingeschaltet.

In dem Klei stecken häufig Wurzeln von Salzwiesenpflanzen in deutlich erkennbarer Wachstumslage. Die Wurzelspite zeigt schräg nach oben, der Wurzelhals, wie auch aus Abbildung 4 ersichtlich, schräg nach unten. An der zur Schichtung parallelen Unterkante der Kleischollen, also der ursprünglichen Oberfläche, fanden sich bei einigen Grabungen Blätter von Gramineen, Statice limonium und Triglochin maritima. Ernst (14) erwähnt außerdem viele Samen von Chenopodiaceen. Diese Pflanzen beweisen, daß der Abbau auf Halligland erfolgte.

Die Kleischollen treten nicht nur im Wattuntergrund auf, sondern auch unter der Kleidecke der heutigen Hallig. An der Nordkante des "Ridd",

eines Halligprieles inmitten von Langeneß, wurde gemeinsam mit Herrn Ludwig Andresen, Langeneß, ein Profil gegraben, welches in Abbildung 5 wiedergegeben ist. Das Profil weist folgende Maße auf:

Schilftorf bis Schollenoberkante.			$0,70 \mathrm{m}$
Schollenoberkante bis Halligrasen			1,25 m
Gesamthöhe des Profils			1,95 m
Breite der Schollen			0,90 m
Mächtigkeit der Schollen			0.50 m

Die Oberkante des Profils liegt in einer Höhe von NN+1,57 m. Der Schilftorf liegt demnach an dieser Stelle NN-0,38 m.

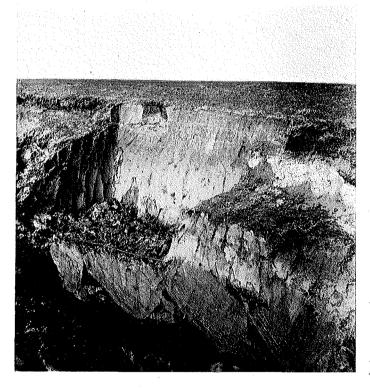


Abb. 5 Abbauschollen unter dem Halligland von Langeneß. (Aus ANDRESEN, 1937, Abb. 46, S. 13.) Aufn. Andresen

Die Zwischenräume zwischen den einzelnen Schollen sind mit dem schon beschriebenen Torfgrus und hineingemengten Kleistücken ausgefüllt. Der die Schollen diskordant bedeckende Klei zeigt eine deutliche Zweiteilung in eine tiefer gelegene, ungefähr 0,55 m mächtige Schicht blaugrauen, fetten Verlandungskleis ohne deutliche Bänderung, der unter MThw abgelagert ist, und eine darüberliegende gut gebänderte, mit Wurzelresten durchsetzte Anwachszone von ungefähr 0,75 m Mächtigkeit.

Stellenweise trifft man innerhalb der Abbaugebiete Felder oder Streifen an, die aus einer fest verkrusteten, gelblichgrauen bis grauen Masse bestehen. Diese Masse enthält zahlreiche Stückchen von rotgebranntem Ton und halbverbranntem Torf. Wegen des Gehalts an gebranntem Ton, der von einem ehemaligen Verbrennungsprozeß zeugt, kann kein Zweifel darüber bestehen, daß es sich bei dieser Masse um Asche handelt. Ein Aschegebiet von mehr als 100 m² Ausdehnung, das nach mündlichen Angaben von Herrn Ludwig Andresen, Langeneß, eine Mächtigkeit von über 1,50 m besith, liegt südöstlich von Thamenswarft nahe unter der Halligkante. In dieser Asche fanden sich Brettchen sowie halbverbrannte Holzscheite.

Folgerungen zur Entstehungs- und Siedlungsgeschichte.

Aus dem oben geschilderten Befund lassen sich im Rahmen unserer Betrachtungen folgende Schlüsse über die Entstehung der Landschaft vor dem Torfabbau und über ihr Aussehen zur Zeit des Abbaus ziehen.

Wie später (S. 105) genauer belegt wird, bedeckten frühestens von etwa 2000 vor der Zeitwende an bis zu einem noch nicht bestimmten Zeitpunkt nacheinander ausgedehnte Schilfsümpfe, Bruchwälder und Hochmoore das Gebiet der heutigen Hallig Langeneß. Diese Fazies müssen als ausgesprochene Süßwasser- beziehungsweise Landbildungen außerhalb des Bereiches der Gezeiten der Nordsee entstanden sein, das heißt, sie müssen zur Zeit ihrer Entstehung eine höhere Lage zum Wasserspiegel der Nordsee gehabt haben als heute, wo sie in der Nähe des Wasserspiegels, an anderen Orten unseres Untersuchungsbereiches sogar noch erheblich tiefer liegen. Eine so tiefe Lage wäre selbst im Schutze eines im Westen vorgelagerten Dünen- oder Diluviallandgürtels unmöglich gewesen; schon Meyn (35) weist darauf hin, daß bei unserem Klima die Mooroberfläche in einem solchen Fall wenn auch nicht von Salzwasser, so doch von Süßwasser bedeckt worden wäre.

Die Oberfläche der Moore kam in den Bereich der Gezeiten, wurde jedoch, wie aus dem Aufbau des Anwachses der Abbauschollen, also des ursprünglich hangenden Kleis, erkennbar, nicht zu Wattboden. Nur die Sturmfluten überfluteten die Oberfläche der Moore. Die gegen Salzwasser empfindliche Moorvegetation starb ab, an ihre Stelle trat eine Salzwiesengesellschaft, die zunächst im oberflächlich etwas aufgearbeiteten Torf wurzelte, wie der Fund eines Triglochinrasens auf der Torfoberfläche im Hooger Gebiet durch Wolff (63) beweist. Durch die Sturmfluten setzte eine Überschlickung der Torfoberfläche mit Klei ein. Der Klei war zunächst stark mit Torfgrus angereichert, eine Tatsache, die wohl zu erklären ist durch die Zerstörung von Torflagern in Gebieten, die der Wirkung des bewegten Wassers besonders ausgesetzt waren. Später setzte dann die gewöhnliche Sturmflutschichtung ein, deren Entstehung wir noch heute verfolgen können.

Als die Sturmflutablagerungen eine Mächtigkeit von durchschnittlich 0,50 m bis 0,60 m erreicht hatten, wurde die natürliche Entwicklung durch Eingriffe des Menschen unterbrochen. Durch den oben beschriebenen Torfabbau wurde eine Torfschicht von wechselnder Mächtigkeit (festgestellt wurde eine Mächtigkeit von etwa 0,80 m) entfernt und die Oberfläche des Landes entsprechend gesenkt.

Die Überlagerung der Abbauschollen durch Wattsedimente (Abb. 5) spricht dafür, daß nach der Entfernung der Torfschicht die Oberfläche unter MThw gelegen hat, das heißt in ein Wattgebiet verwandelt wurde. Wie die darüber lagernden Anwachsschichten beweisen, kam es dann zum zweiten Male zur Bildung von Halligland.

Nimmt man für die Torfschicht die in der Gegenwart angetroffene Maximalmächtigkeit von 0,80 m an, so hätte bei der Schollenmächtigkeit von 0,50 m die Oberfläche zur Zeit des Abbaus auf etwa NN + 1,00 m gelegen, also etwa 0,60 m bis 1,40 m tiefer als die heutige Halligoberfläche. Unberücksichtigt sind bei diesen Angaben die in ihrem Ausmaße nicht bekannten Sackungserscheinungen.

Die Sturmflutschichtung des Anwachses wurde sowohl in den Abbauschollen als auch in den waagerecht hangenden Lagen in sämtlichen Aufschlüssen gänzlich ungestört angetroffen. Es haben sich nirgends Anzeichen gefunden, die auf Zerstörung eines Teiles der Bänderung durch Aufpflügen schließen lassen. Dieses Fehlen von Spuren des Ackerbaus spricht dafür, daß das Gebiet um Langeneß seit der ersten Überflutung des Torfes durch Meerwasser Halligland ohne umfassende Bedeichung gewesen ist. Ob einzelne Warftgemeinschaften kleinere Gebiete mit Sommerdeichen umgaben, um etwas Getreidebau treiben zu können, konnte auf Grund der bisherigen Untersuchungsergebnisse nicht geklärt werden.

Die Ausdehnung der Torfabbaugebiete um Langeneß ist aus der von Andresen (1) veröffentlichten Karte zu ersehen. Diese Karte zeigt, daß der Torfabbau unter Halligland sich im Norden und Süden der Hallig Langeneß mindestens bis zum Rande des heutigen Wattsockels erstreckt hat. Im Westen ist die Erstreckung der Abbaugebiete wegen allzu starker Abtragung des Watts, im Osten wegen Überschlickung nicht erkennbar. Auch im Norden und Süden wird ein beträchtlicher Teil der Abbauspuren durch die fortschreitende Austiefung der Gebiete im Bereich der Norder- und Süderau zerstört sein. Eine naturgetreue Nachbildung der Ausdehnung der Hallig für die Zeit des Torfabbaus ist aus diesem Grunde nicht möglich.

Wir können auf Grund dieser Untersuchungsergebnisse einerseits auf eine ehemals erheblich größere Ausdehnung des Halliglandes und zum andern auf eine tiefe Lage der Landoberfläche zur Zeit des Torfabbaus schließen.

Geschichtliche Quellen zur Salzgewinnung aus Torf.

Geschichtliche Belege über Salztorfabbau unter einer Decke von Anwuchs sind nur aus Holland bekannt. Für das Gebiet Nordfrieslands hat HÄBERLIN (19) die vorhandenen geschichtlichen Quellen über die Gewinnung von Salz aus Torf zusammengefaßt. Soweit genauere Angaben vorliegen, handelt es sich dabei stets um Abbau im offenen Watt und nicht um den von uns geschilderten Abbau unter der Hallig. Die von HÄBERLIN gebrachten Angaben über den Zeitraum, die Art der Veränderung des Untergrundes und die Ausdehnung des Torfabbaues seien im folgenden kurz angeführt.

Der Beginn des der Salzgewinnung dienenden Torfabbaus ist unbestimmt. SAXO GRAM-MATICUS (45) weist um 1180 als erster darauf hin mit den Worten: "Aus gebranntem Torf wird Salz gekocht." Nach dem um das Jahr 1230 entstandenen Waldemar'schen Erdbuch, in dem die Besteuerung der "Brennstellen" hervorgehoben wird, scheint zu dieser Zeit die Salzgewinnung in Nordfriesland eine nicht geringe Rolle gespielt zu haben.

Für spätere Zeitabschnitte ist die Salzgewinnung nach HABERLIN für folgende Orte bezeugt: im 15. Jahrhundert für Süderstapel, Norderstapel, Rödemis, Strand, Eiderstedt, Lundenbergharde, Schobüll, Loheide, im 16. Jahrhundert für Melfshallig und Nordstrand. Ferner ist für die ehemalige Verbreitung des Verfahrens eine Bemerkung von PETER PETREUS (1, c. HABERLIN (19), S. 23) wichtig: "Es ist nicht zu leugnen, daß man früher in mehr Orten als jett (um 1770) im Amt Tondern Salz verfertigt hat. Als namentlich in Fahretoft, Deezbüll und Wiedingharde, in welcher letterer Gegend sich an verschiedenen Orten zu Emmelsbüll hohe Warffen mit Häusern sich befinden, welche Hügel von ausgeworffenen Salzschlacken bestehen." Diese Angaben über Salzaschefunde bilden eine Parallele zu den weiter unten beschriebenen Salzaschelagern um die Siedlungsreste bei der Hallig Langeneß.

Von Nordstrand gibt Johannes Petreus (43), der in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts als Pastor in Odenbüll wirkte, eine kurze Beschreibung der Salzgewinnung (Müller (37), S. 8).

Die letzten Nachrichten über Salzgewinnung aus Torf stammen aus Dagebüll und Galmsbüll. Im Gebiete beider Gemeinden ist Salzgewinnung nachweislich bis 1782 betrieben worden. Aus dieser letzten Zeit (1768) liegt ein ausführlicher Bericht vor, der von Häberlin (19) vollständig wiedergegeben ist und einige Bemerkungen über die Art der Veränderung des Untergrundes enthält.

Nach diesem Bericht wurde der Salztorf bei Niedrigwasser auf den im Wattenmeer vorhandenen Torfbänken abgebaut, nachdem zunächst die hangenden jüngeren Ablagerungen entfernt worden waren. Der Torf wurde in besonders für diesen Zweck gebaute Schiffe geladen und bei Hochwasser an Land gebracht. In sogenannten Salzkögen — das sind von niedrigen Deichen umgebene Vorlandflächen — wurde der Torf getrocknet und verbrannt. Der weitere Arbeitsgang, das Auslaugen des Salzes aus der Torfasche durch Seewasser und das Eindampfen der derart gewonnenen Sole, wurde in kleinen Häusern, "Salzbuden", vorgenommen. Es ist aus dem Bericht nicht zu ersehen, ob diese Salzbuden in den Salzkögen lagen.

In Holland scheint die Salzgewinnung aus Torfasche in noch stärkerem Maße betrieben worden zu sein als in Nordfriesland. De Jong (28) gibt in einem Berichte eine genaue Beschreibung des Arbeitsganges dieser holländischen Industrie.

Er führt darin an, daß das Torfgraben meistens auf Außendeichsländereien betrieben wurde. Damit die Flut den Abbau nicht störte, wurden niedrige Deiche mit kleinen Entwässerungsschleusen um die Abbaugebiete aufgeführt. Durch diese Maßnahmen war man imstande, in der südwest-niederländischen Marsch den hier bis über 3 m mächtigen Torf bis in größere Tiefen abzubauen. Den auf diese Weise durchgeführten Abbau nannte man "moerdijken", den Unternehmer "moerdijker", die sehr zahlreich benötigten Arbeiter "gravers" oder "delvers". Während der Zeit des Torfabbaues wohnten die Arbeiter in zuweilen recht großen Siedlungen, die nur für den Abbaubetrieb errichtet wurden. Nachdem ein Gebiet ausgeräumt war, wurde es verlassen, und die Gruben füllten sich mit Meeresablagerungen, so daß nach wenigen Jahren nur noch Flurnamen an die betreffenden Stellen erinnerten. Welchen Umfang ein "moerdijk", das heißt die zur Torfgewinnung eingedeichte Fläche, erhalten kann, gibt DE JONG an in dem Beispiel des 1412 bis 1416 eingedeichten Moorlandes "de Goote" auf Voorne, einer Insel in der Rhein-Maas-Mündung. Dieses Gebiet hatte eine Gesamtgröße von 550 ha.

Auch im Innern von Kögen wurde nach DE JONG der Torfabbau ausgeübt. Nach dem Abbau wurden die entstandenen Gruben wieder mit Klei gefüllt, der teilweise den ursprünglich hangenden Bodenschichten entstammte, teilweise den umliegenden Ländereien entnommen wurde. Es entstand auf diese Weise niedrig gelegenes Land, das während eines großen Teiles des Jahres unter Wasser stand. DE JONG führt weiter an, daß diese niedrig gelegenen Ländereien eine Gefahr für die Deiche bildeten, in deren Nähe sie lagen. Das Land des Polders "Zwartewaal" auf Voorne wurde durch den Torfabbau beinahe wertlos und mußte 1520 von dem größten Teil der Bevölkerung verlassen werden, da diese nicht imstande war, die Deichlasten zu tragen. Um der Gefährdung der Deiche durch den Torfabbau zu begegnen, wurden im 14. und 15. Jahrhundert zahlreiche Verordnungen erlassen. Der Abbau im Außendeichgebiet mußte zwei Meilen, der in den Kögen gewöhnlich 120 m von

den Deichen entfernt bleiben.

Die an den Orten des Torfabbaus selbst hergestellte Salzasche, "zelle" genannt, wurde auf Schiffen nach den Salzbuden, "panneketen" oder "zoutketen", verfrachtet, um dort weiter verarbeitet zu werden. Die in den Salzbuden beschäftigten Leute wurden "pannemannen" genannt, sie hatten ausschließlich mit der Gewinnung des Salzes aus der Asche zu tun und bildeten eine besondere Zunft. Die geschäftlichen Beziehungen zwischen "moerdijkers", "pannemannen", Schiffern, Kaufleuten, und den die Siedekessel liefernden Schmieden waren durch Gesetze genau festgelegt. Schon aus dieser starken Unterteilung des Arbeitsganges kann man auf dessen Umfang schließen. Die Wichtigkeit dieser Industrie wird durch andere Angaben von DE JONG bestätigt.

Am Ende des 15. Jahrhunderts begann man in Holland wegen der Gefährdung der Deiche den Torfabbau durch Verordnungen örtlich zu beschränken. Um diese Zeit trat das spanische Salz mehr und mehr an die Stelle des in Holland gewonnenen. Im Jahre 1515 wurde der Salztorfabbau durch Karl V. verboten. Damit war diese Industrie, die einen gewaltigen Eingriff in den Landschaftscharakter der Marschgebiete bedeutete, in Holland lahmgelegt, während sie sich in Nordfriesland noch bis ins 18. Jahrhundert hielt.

Siedlungsreste südlich von Langeneß.

Für die zeitliche Festlegung der aufgefundenen Kulturspuren und für die naturgetreue Nachbildung der ursprünglichen Kulturlandschaft sind Siedlungsreste und die auf ihnen aufgefundenen Kulturgeräte von besonderer Wichtigkeit. Es fanden sich im Wattgebiet von Langeneß südlich der Warft Treuberg zwischen den Torfabbaufeldern an drei Stellen Siedlungsreste, die, wie die folgenden Ausführungen ergeben werden, mit dem Torfabbau im unmittelbaren Zusammenhang stehen. Die Funde an Kulturgerät aus ge-

schichtlicher Zeit sind bei Langeneß fast ganz auf diese Siedlungsreste beschränkt. Daneben sind aus der Umgegend auch zwei vorgeschichtliche Funde bekannt (Bantelmann (2)). Ein Flintdolch fand sich auf Marschnack, einem Sande westlich von Langeneß. Weiter im Norden kennt man den Fund einer Flintsichel aus dem Watt südlich von Goting auf Föhr. Dieser Typus von Werkzeugen gehört der Steinbronzezeit an.

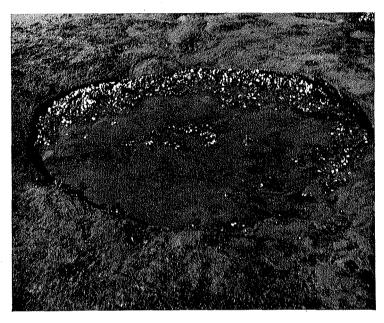


Abb. 6.
Rest eines Brunnens
ohne Sodenkranz im
Torfgebiet bei Hallig
Langeneß.
Bildarchiv Westküste
27. III. 37
Aufn. Bantelmann

Die Siedlungsreste aus geschichtlicher Zeit sind mit den Buchstaben A, B und C bezeichnet. Die Entfernung des Siedlungsrestes A von der heutigen Halligkante beträgt etwa 350 m, B und C liegen etwa 500 m von der Kante entfernt.

Im Gegensatz zur Umgebung ist der Torf an den drei Stellen nicht abgebaut, sondern inselartig stehengeblieben. Da alles ehemals Hangende abgetragen ist, tritt die Torfoberfläche frei zutage und ragt etwa 0,10 m bis 0,20 m über ihre Umgebung hinaus. Die Ränder der Torfinseln sind scharf abgestochen. Der Torf zerfällt beim Abgraben in dünne, feste, horizontal gelagerte Platten. Der hohe Grad dieser Schieferung wird durch eine ehemals starke Belastung verursacht sein. Als Beispiel für den Erhaltungszustand und das Aussehen einer solchen Siedlung ist im folgenden Abschnitt der Siedlungsrest A beschrieben.

Die Torfinsel des Siedlungsrestes A hat eine Länge von etwa 30 m und eine Breite von etwa 20 m. Auf ihr sind sieben runde, in den Torf gegrabene Löcher von 1,50 m bis 2,10 m Durchmesser erkennbar, die als Reste ehemaliger Brunnen anzusprechen sind (Abb. 6). Wegen des stellenweise dichten Besatzes der Oberfläche mit der Miesmuschel (Mytilus edulis) ist es möglich, daß weitere Reste übersehen wurden. Es fehlt bei diesen Brunnenresten ein Sodenkranz, der für die im übrigen nordfriesischen Wattgebiet gefundenen Brunnen typisch ist. Nur außerhalb der Torfinsel wurde ein Sodenkranz festgestellt. Einige der Brunnen wurden im Verlaufe der Untersuchungen ausgegraben, die Ergebnisse zweier Grabungen sind im folgenden beschrieben.

Brunnen a:

Durchmesser an der Oberfläche 1,50 m

Inhalt: 0,00-0,25 m dunkler Schlick mit zahlreichen Hydrobien.

0,25—0,90 m ein Gemisch von Dung, Torf- und Kleistücken, mit Aschelagen abwechselnd. Aschegehalt mit wachsender Tiefe zunehmend.

Funde: 1 Tonscherbe, 1 Wetstein, Knochen von Haustieren.

Die Wandungen bestehen bis in eine Tiefe von 0,75 m aus dem anstehenden Torf, unter 0,75 m aus den tonigen Ablagerungen des liegenden Alluviums. Die Tiefe des Brunnens konnte nicht festgestellt werden.

Rechteckige Grube h:

Größe: 1,44 m mal 1,57 m.

Tiefe: 0,37 m.

Inhalt: 0,00-0,20 m dunkler Schlick mit Hydrobien.

0,20-0,30 m ein Gemisch von Kleistücken, Torfstücken, Torfgrus und Dung.

0,30-0,37 m reiner Ascheschlamm.

Funde: In 0,30 m Tiefe eigenartig geformte große Schlacken.

Über den Verwendungszweck der rechteckigen Grube ist nichts bekannt. Im Nordwestteil der Torfinsel ist ein mit Kleisoden angefüllter Graben von etwa 0,80 m Breite in den Torf gegraben. Ein quer zum Grabenverlauf gestochener Schnitt zeigt die auf Abbildung 7 dargestellten Verhältnisse. In der Sohlenmitte des Grabens verläuft in seiner Längsrichtung ein 0,16 m breiter und 0,24 m tiefer zweiter Graben. Dieser zweite Graben zeigte sich im Schnitt von einer 0,38 m breiten und 0,21 m mächtigen Kleisode bedeckt, deren mit Halligrasen besetzte Seite nach unten zeigt. Über dieser Sode liegen zahlreiche kleinere Torf- und Kleistücke. Der tief gelegene Graben ist gefüllt mit einem groben, an Cardium-Schalen reichen Sand von graublauer Färbung. Der Sand lief bei der Grabung des Profils aus dem Graben heraus, so daß ein viereckiges Loch sichtbar wurde, dessen Seiten und Unterkante aus anstehendem Torf, und dessen Oberkante aus dem erwähnten Kleistück bestand. Es handelt sich hier offenbar um die Reste eines Sieles, welches das Zulaufen oder den Abzug von Wasser ermöglichen sollte.

Kranzförmig um die Torfinsel herumgelagert finden sich im Wattboden Bänke von deutlich geschichteter Salzasche. Die Schichten steigen zur Torfinsel hin an. Außerhalb des Bereiches der Salzaschelagen besteht der Boden teils aus Wattablagerungen, teils aus einem Gemisch von Klei- und Torfstücken. Die Salzasche liegt in Gruben, die in diesen Boden gegraben sind.

Die in den Brunnen und auf der Oberfläche des Siedlungsrestes gefundenen Tonscherben gehören nach mündlicher Mitteilung von Herrn Museumsdirektor Dr. Tidelski, Husum, dem 14. bis 15. Jahrhundert an.

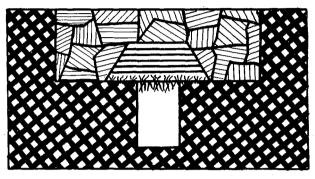


Abb.7.
Schnitt durch ein mit Kleisoden abgedecktes Siel bei Hallig Langeneß (schematisch).

Torf Hnwachs

<u>1m</u>

Da der Torf im Untergrund der durch die Brunnenreste bezeugten Siedlung erhalten geblieben, ringsum aber flächenhaft abgebaut ist, ist anzunehmen, daß die Gründung der Siedlung vor dem Torfabbau oder spätetens gleichzeitig mit ihm erfolgte. Wäre die Siedlung später gegründet, so wäre der anstehende Torf auch unter ihr abgebaut. Zur Zeit der Gründung muß daher die beim Torfabbau in der Umgebung bewegte Kleischicht auch die Siedlung bedeckt haben. Wie aus dem blättrigen, festen Aufbau des Torfes zu ersehen ist, muß ein stärkerer Druck auf den Untergrund ausgeübt worden sein. Wahrscheinlich wird sich an dieser Stelle eine Warftaufschüttung befunden haben. Da der Umfang der Torfinsel sehr gering ist, kann die Warft nicht sehr hoch gewesen sein. Es kann hier jedoch nach erfolgtem Abbau an den Seiten neue Erde aufgeschüttet sein, wie es für die Siedlung C mit einiger Sicherheit belegt ist.

Da reichlich Salzasche gefunden ist, kann man annehmen, daß es sich um eine Siedlung handelt, auf der die Gewinnung von Salz aus der Salzasche betrieben wurde. Die Asche wurde nach erfolgtem Auslaugen wahrscheinlich auf die Warftböschung und in Gruben geschüttet, die damals wie heute den Fuß der Halligwarften umsäumten. Die Anhäufung von eigentümlich gebauten ringlosen Brunnen, sowie der Salzaschegehalt der in ihnen abgelagerten Bodenmassen lassen vermuten, daß es sich bei diesen Brunnen nicht um Trinkwasserbehälter handelte, sondern daß aus ihnen die für die Auslaugung des Salzes aus der Asche benötigten Wassermengen geschöpft

wurden. Bereits Häberlin gibt das Vorhandensein lediglich für diese Zwecke errichteter Brunnen bei seiner Beschreibung der Salzgewinnung bei Galmsbüll und Dagebüll auf Grund von Berichten aus dem Jahre 1769 an.

Nach dem vorliegenden Befund ist mit einiger Sicherheit erwiesen, daß die beschriebene Siedlung der Salzgewinnung diente. Aus der Schichtlage ist erkennbar, daß ihre Gründung vor oder während des Torfabbaus unter dem Halligland in der Umgebung erfolgte. Die aufgefundenen Scherben lassen darauf schließen, daß die Siedlung dem 14. bis 15. Jahrhundert angehörte. Auf Grund dieser Altersangabe ist anzunehmen, daß zu dieser Zeit die über dem Torf liegende Kleischicht etwa 0,50—0,60 m mächtig war und daß die Oberfläche des Halliglandes entsprechend tiefer lag als heute (Zahlenangaben s. S. 54).

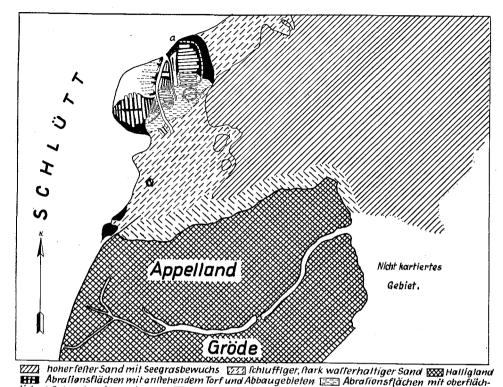
Die heutige Form des Siedlungsrestes entstand durch Abtragung des Warfthügels und der unter diesem liegenden Kleischicht bis auf den Torfhorizont durch das Meer. Die Torfoberfläche stellt demnach eine Abtragsfläche dar, in der von der ursprünglichen Siedlung nur diejenigen Teile erkennbar sind, die tief in den Untergrund hineingegraben wurden. Alle ursprünglich über der heutigen Höhenlage liegenden Siedlungsspuren sind restlos zerstört. Ähnliche Verhältnisse findet man bei allen bisher im Watt vorgefundenen Siedlungsresten (vgl. Wohlenberg, 62).

2. Hallig Gröde-Appelland.

Die Doppelhallig Gröde-Appelland liegt zwischen der Süderau und dem in nordöstlicher Richtung von dieser abzweigenden Schlütt. Das westlich der Hallig im inneren Winkel zwischen den beiden Tiefs liegende Wattgebiet wird durch den hier stark wirkenden Abtrag schnell vertieft. Diese Vertiefung verursachte vor Anlage des heute vorhandenen Steinbelages einen starken Abbruch des West- und Südwestufers des Halliglandes. Am Nord- und Nord ostufer der Hallig erstreckt sich im Wind- und Stromschutz der hohe, aus jungen Sedimenten bestehende Rocheley-Sand in nordöstlicher Richtung bis in die Nähe des Festlandes. Kulturspuren finden sich, wie aus Abbildung 8 ersichtlich, besonders im Norden Appellands auf einer Abtragsfläche, die sich zwischen dem tiefen Wasser des Schlütts im Westen und Norden und den jungen Wattablagerungen des Rocheley-Sandes im Osten erstreckt.

Die Westgrenze der jungen Ablagerungen des Rocheley-Sandes wird durch fortschreitenden Abtrag in östlicher Richtung zurückverlegt. Auf der Grenze zwischen der Abtragsfläche, auf der die älteren Ablagerungen zutage treten, und den jungen Sandablagerungen liegt ein Muschelpflaster, in dem die Schalen der an Ort und Stelle freigespülten Sandklaffmuschel (Mya arenaria) und Pfeffermuschel (Scrobicularia plana) den Hauptbestanteil bilden.

Auf der Abtragsfläche sind die älteren Ablagerungen zum Teil bedeckt mit einer dünnen Schicht tonigen, stark wasserhaltigen Sandes. Die von die-



lich ahstehendem Anwachs

SSS junge schlickige Anlandung bei MTnw mit Watter bedeckt-

Abb. 8. Wattgebiet mit Kulturspuren nördlich von Gröde-Appelland.

sem Sand bedeckten Flächen verändern nach jedem stärkeren Wind ihre Lage und Ausdehnung.

Um einen Überblick über die Schichtenfolge des Gebietes mit Kulturspuren zu bekommen, wurde eine Bohrungsreihe von der Westspite Appellands in nordwestlicher Richtung bis zum Rande des Schlütts angelegt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 9 dargestellt und im folgenden kurz beschrieben. (Eine genaue Beschreibung der einzelnen Schichten erfolgt bei der Besprechung der Kulturspuren).

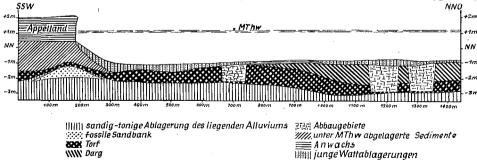


Abb. 9. Schnitt durch das Wattgebiet nördlich von Gröde-Appelland.

Die Westspite der Hallig Appelland besteht, wie diese Abbildung zeigt, nur bis in eine Tiefe von etwa 1,40 m aus Anwachs. Die Oberfläche der Torfschicht, die auch hier, ebenso wie bei Langeneß, den Untergrund durchzieht, liegt in einer Tiefe von etwa 3,50 m unter der Halligoberfläche. Zwischen der Unterkante des Anwachses und der Torfschicht ist eine etwa 2,00 m mächtige Lage eines hellgrauen, sandigen Kleis und eines dunkelmausgrauen, tonigen Feinsandes eingeschaltet, die unter MThw abgelagert sind. Die Ablagerung läßt darauf schließen, daß sich an dieser Stelle nach der Überflutung der Torfschicht eine Wattfläche befand, die allmählich zu Halligland auflandete. An der nördlich der Hallig liegenden Abtragsfläche sind dagegen Reste einer Anwachsdecke erhalten, die der Torfschicht unmittelbar aufliegt. Ihr Vorkommen, beweist, daß in dem betreffenden Gebiet, ebenso wie bei Langeneß, die Halligbildung unmittelbar nach der Überflutung der Moore erfolgte.

Die Torfschicht weist sowohl in ihrer Mächtigkeit als auch in der Höhenlage und ihrem Aufbau starke Verschiedenheiten auf. Die Mächtigkeit wechselt zwischen 0,20 und 1,50 m; die Unterkante liegt in der Nähe der Hallig auf etwa NN — 2,00 m, fällt jedoch nach Norden auf NN — 3,00 m ab. Dort, wo die Torfschicht tief liegt, ist sie überlagert von einer mehr als 1 m mächtigen Dargschicht.

Die unter der Torfschicht liegenden Ablagerungen des liegenden Alluviums sind toniger bis feinsandiger Natur und in ihrem liegenden Teil marinen, im hangenden Teil brackischen Ursprungs, wie später noch näher erläutert wird. Unter und vor der Westspite Appellands liegt auf der Oberfläche der Ablagerungen des liegenden Alluviums eine bankförmige Ablagerung aus mittelgrobem Sand, über die sich die Torfschicht, wie Abbildung 17 zeigt, kuppelförmig emporwölbt.

a) Die Kulturspuren. Der Torfabbau.

Unter den um Gröde auftretenden Kulturspuren herrschen die Torfabbaugebiete vor. Im Gegensatz zum Wattgebiet um Langeneß, in dem die Abbauschollen der Obersläche das Gepräge geben, treten auf den Abtragsslächen von Gröde-Appelland "Dämme" aus anstehenden Schichten besonders hervor, die einzelne, regelmäßig angelegte Abbauselder voneinander trennen. Die Dämme sind 1 bis 2 m breit und haben einen geraden Verlauf. Ein Teil der derart abgegrenzten Abbauselder ist auf Abbildung 8 als weiße Felder innerhalb der Abtragssläche dargestellt. Da der größte Teil der Fläche zur Zeit der Einmessung versandet war, konnte nur ein sehr kleines Gebiet ausgenommen werden. Aber schon dieser kleine Ausschnitt zeigt in der Regelmäßigkeit der Lage der Abbauselder, daß bei ihrer Anlage planmäßig vorgegangen wurde. Die Abbildung 10 zeigt parallel verlausende Längsdämme aus Torf, welche Abbaugebiete von je 100 bis 120 m Länge

und 12 bis 13 m Breite voneinander trennen. Die Oberfläche dieser Dämme liegt höher als die der Abbaugebiete, sodaß auch bei Ebbe das Wasser aus den Abbaufeldern nicht vollständig ablaufen kann. Die Schmalseiten der beschriebenen Abbaugebiete sind auf der Abbildung 11 sichtbar. Im Gegensatzur regelmäßigen Ausbildung der Längsdämme wechselt die Breite der Querdämme stark. Die Oberfläche der eigentlichen Abbaugebiete besteht aus einem Gemisch von kleinen Klei- und Torfsoden mit einzelnen großen Kleischollen. Dort, wo Darg ansteht, überwiegen Soden aus diesem Material. Die Ursache der Höhenunterschiede zwischen den Abbaugebieten und den Dämmen liegt in der besseren Widerstandskraft des stark durchwurzelten, zusammengepreßten anstehenden Torfs der Dämme gegenüber den Ablagerungen der Abbaugebiete, die durch das bewegte Wasser leicht abgetragen werden.

Überlagert eine Decke von Anwachs den Torf, so liegt, wie Abbildung 12 zeigt, das Gemisch von Torf- und Anwachssoden innerhalb der Abbaugebiete höher als die Oberfläche des anstehenden Kleis der Umgebung. Der anstehende Klei ist demnach durch den Abtrag stärker in Mitleidenschaft gezogen als das Gemisch von Torf- und Kleisoden der Abbaugebiete.

Im Darggebiet ist ein Höhenunterschied zwischen ungestörtem Sediment und Abbaufeldern meistens nicht vorhanden. Der Unterschied im Widerstand gegen den Abtrag ist in diesem Falle ziemlich gleich.

Um einen Aufschluß über die Mächtigkeit und Zusammensetzung der Torfschicht zu bekommen, wurden an verschiedenen Dämmen Querschnitte gegraben. Abbildung 13 zeigt einen solchen Schnitt aus einem Gebiet mit oberflächlich anstehendem Torf. Die Mächtigkeit der Torfschicht beträgt 1,35 m. Die Oberfläche liegt auf NN — 1,09 m. Der in der Mitte der Abbildung sichtbare Torfdamm ist von den seitlich liegenden Abbaugebieten scharf abgegrenzt. Die Breite des Dammes beträgt an der Oberfläche 1,05 m, am Sockel 1,37 m. Der Torf enthält in den unteren Lagen Reste von Sumpfpflanzen (Phragmites und Typha), in den oberen Lagen zahlreiche Baumwurzeln. In einer Tiefe von 0,57 m ist ein 5 cm mächtiges Kleiband in den Torf eingelagert. Das Band geht nach oben und unten durch feine Lagen gelbbraunen Faulschlammes in den Torf über. Das Auftreten von zahlreichen Resten der Meerstrandssimse (Scirpus maritimus) beweist, daß das Wasser, welches die Ablagerung verursacht hat, brackisch gewesen sein muß.

Die seitlich des Dammes liegenden Abbaugebiete sind, wie Abbildung 13 zeigt, angefüllt mit einem Gemisch von Soden aus Anwachs und Torf. Die Sohle des Abbaugebietes liegt zwischen 1,10 und 1,25 m unter der heutigen Wattoberfläche, der Abbau erstreckte sich demnach an dieser Stelle bis zu einer Tiefe von etwa 3,65 m unter heutigem MThw. Die Oberfläche der Ablagerungen des liegenden Alluviums liegt NN — 2,44 m, also etwa 2 m tiefer als unter den untersuchten Abbaugebieten von Langeneß.



Abb. 10.
Torfabbaugebiete
bei Gröde-Appelland,
durch Dämme anstehenden
Torfs voneinander getrennt
(Längsdämme).
Bildarchiv Westküste
27. V. 38



Abb. 11. Unregelmäßig verlaufende Querdämme der auf Abb. 10 sichtbaren Abbaugebiete. Bildarchiv Westküste 27. V. 38



Abb. 12. Abbaufeld im Gebiet mit oberflächlich anstehendem, fossilem Anwachs. Bildarchiv Westküste 27. V. 38 Aufn. Bantelmann

Im nördlichen Teil des Gebietes mit Kulturspuren ist der anstehende Torf von der schon erwähnten Dargschicht bedeckt. Auch hier wurden zur Klärung der Lagerungsverhältnisse einige Schnitte durch Dämme aus anstehenden Schichten gezogen.

Abbildung 14 zeigt einen derartigen Querschnitt mit dem Damm in der Mitte und den Abbaugebieten zu beiden Seiten. Die Wattoberfläche liegt auf NN — 0,93 m. Die Tiefe des Profils beträgt 1,85 m. Der Damm ist an der Oberfläche 1,24 m, am Grunde 1,59 m breit und etwa 1,60 m hoch. Er ist bis in eine Tiefe von 0,90 m aus einem grauen, in horizontalen Bändern braun verfärbten Darg aufgebaut. Die aus sehr feinem Ton bestehende Grundmasse des Sediments ist durchsetzt von zahlreichen Wurzeln von Schilf und anderen Sumpfpflanzen, darunter auch Scirpus maritimus. Der Darg geht nach unten über eine dünne Lage reinen Schilftorfs allmählich in eine etwa 0,60 m mächtige Schicht von dunklem Flachmoortorf über, in dem sich neben zahlreichen Wurzelstöcken von Sumpfpflanzen auch einzelne Baumwurzeln befinden. Der Übergang dieser Torfschicht zu den Ablagerungen des liegenden Alluviums erfolgt über eine etwa 0,30 m mächtige Schilftorf- beziehungsweise Darglage, unter der an einigen Stellen eine geringmächtige olivbraune, sehr dünn geschichtete Tongyttja angetroffen wurde.

Für die Nachbildung der landschaftlichen Verhältnisse ist es von größter Wichtigkeit, den Salzgehalt des Wassers, das die beschriebenen Sedimente heranbrachte, möglichst genau zu kennen. Aus diesem Grunde wurden aus dem Torfdamm in verschiedener Tiefe zwölf Proben entnommen und im Auftrage der Forschungsabteilung Husum von Herrn Chr. Brockmann, Wesermünde, auf die Zusammensetzung der Diatomeenflora untersucht. Die im folgenden angeführte Zusammenstellung der Ergebnisse hat die im Untersuchungsgebiet auf Grund der mit bloßem Auge sichtbaren Schichtstruktur und der Pflanzenreste gezogenen Schlüsse vollauf bestätigt, in den Grenzlagen jedoch noch wesentlich ergänzt.

Ausgangspunkt der Tiefenangaben ist die Wattoberfläche. Die Proben 1 bis 5 entstammen dem Darg, 6 bis 7 dem Torf, 8 bis 10 dem Übergang der Torfschicht zu den Ablagerungen des liegenden Alluviums und 11 und 12 den tonigen Ablagerungen des liegenden Alluviums.

BROCKMANN berichtet dazu folgendes:

,,Probe	Tiefe	Befund
1 2		Darg, oberes Brackwasser, wenig marine Einschwemmungen toniger Darg, oberes Brackwasser, viel marine Einschwemmung
3	67 cm	humoser Ton, oberes Brackwasser, viel marine Einschwemmung
4 5		weicher Ton, oberes Brackwasser, viel marine Einschwemmung stark humoser Ton, oberes Brackwasser, wenig marine Einschwemmung.
6 7		Moor, keine marinen Spuren, wahrscheinlich Verlandung Moor, keine marinen Spuren, wahrscheinlich Verlandung

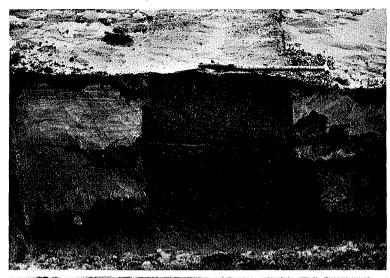


Abb. 13.
Schnitt durch einen
Torfdamm zwischen zwei
Abbaugebieten.
Bildarchiv Westküste
28. V. 38



Abb. 14. Schnitt durch einen Torfdamm mit darüber lagernder Dargschicht. Bildarchiv Westküste 26. V. 38

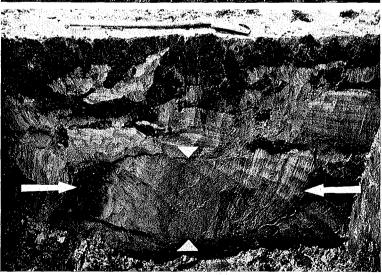


Abb. 15.

Schnitt durch eine im
Abbaugebiet liegende
Scholle aus Anwachs.
Die Pfeile geben die Oberund Unterseite in
ursprünglicher Lagerung,
die Dreiecke die seitliche
Abgrenzung der Scholle an.
(linker Pfeil: Schollenunterseite,
rechter Pfeil: Schollenoberseite)
Bildarchiv Westküste
28. V. 38
Aufn. Bantelmann

- 8 175 cm toniger Darg, Brackwasser, viel marine Einschwemmung
- 9 180 cm Süßwassermoor, geringe marine Einschwemmung
- 10 202 cm Süßwasser-Grundschlamm mit geringer mariner und brackischer Einschwemmung
- 11 243 cm Brackisch-marines Schlickwatt
- 12 250 cm Brackisch-marines Schlickwatt

"Die Schichten 1—10 fasse ich als verschiedene Fazies des Jungalluviums auf. Von 10—1 aufsteigend haben wir typische Sedimentbildungen des Sietlandes. Der Wechsel vom Süß- zum Brackwasser zwischen Nr. 9 und 8 braucht nicht in Senkung begründet zu sein. Derartigem Fazieswechsel begegnet man oft in geringen Profilabständen. Er ist im unbedeichten Gebiet eine Folge von Prielverlagerungen."

Bei der Grabung der Schnitte durch die Torfdämme wurden neben Dargund Torfbrocken auch solche aus Anwachsschichten angetroffen. Es bestand daher der Grund zur Annahme, daß hier der Abbau des Torfes wie bei Langeneß auf einer Hallig erfolgt war. Um diese Frage zu klären, wurden parallel zu den Längsdämmen der Abbaufelder Profile gegraben, mit dem Ziele, auf diese Weise Querschnitte von Schollen zu bekommen, die parallel zu den Schmalseiten der Felder gekippt waren. Die Grabungen führten in zwei Fällen zu dem gewünschten Ergebnis.

Abbildung 15 zeigt einen Schnitt durch eine vollkommen erhaltene Scholle zwischen kleineren Klei- und Torfsoden in einem Abbaugebiet liegend. Senkrecht zur Bänderung gemessen, hat der Schnitt durch die Scholle eine Länge von 1,70 m. Der senkrechte Verlauf der Bänderung zeigt, daß die Scholle beim Abbau um 90° gekippt ist. Auf der linken Seite ist der ursprüngliche Übergang zum liegenden Torf in einer Mächtigkeit von 0,16 m erhalten, nach rechts folgt, ursprünglich über dem Torf liegend, ein sehr fetter, eng gebänderter und gut durchwurzelter Anwachs, der allmählich immer sandhaltiger wird, sodaß am rechten Ende der Scholle breite Sandstreifen nur von dünnen Tonstreifen unterbrochen sind. Da eine andere Grabung dieselbe Schollenlänge ergab, kann man daraus folgern, daß zur Zeit des Torfabbaus eine etwa 1,55 m mächtige Kleischicht den Torf beziehungsweise Darg bedeckte. Diese Kleischicht und in vielen Fällen auch noch die darunter lagernde Dargschicht mußten entfernt werden, um an die abzubauende Torfschicht zu gelangen.

Der Übergang vom anstehenden Torf zum Anwachs liegt in nächster Nähe des Schnittes etwa NN — 1,05 m. Bei einer Mächtigkeit der Kleidecke von 1,5 m lag demnach die Halligoberfläche zur Zeit des Abbaus auf etwa NN $^+$ 0,50 m, das ist etwa 1,50 m tiefer als der heutige Westteil von Appelland.

Deichreste.

Der Torfabbau wird nur während der warmen Jahreszeit stattgefunden haben. Während dieser Zeit werden die Halligen nur selten überflutet. Da aber eine Überflutung der großen Abbaufelder eine empfindliche Störung mit sich bringen mußte, wurden, wie es für Holland durch Quellen belegt ist

(DE JONG, 28), weite Gebiete mit Kajedeichen*) umgeben. Von Nordfriesland war bisher nichts Derartiges bekannt. Erst auf Grund der nunmehr im Watt vorgefundenen Reste ist es möglich, eine solche "Bedeichung" nachzuweisen.

Dort, wo Torf und Darg die Wattoberfläche bilden, wurden Gebiete mit Abbaufeldern an verschiedenen Stellen umschlossen von einer Reihe hintereinander liegender Gruben (a auf Abbildung 8), deren Schmalseiten durch einen 0,50 m bis 0,60 m breiten Damm aus anstehendem Material voneinander getrennt sind. Abbildung 19 zeigt derartige Gruben, die eine Größe von etwa 3 m mal 6,5 m besitzen und teils mit jüngeren Wattablagerungen, teils mit Wasser ausgefüllt sind. Zwischen den Grubenreihen und den Abbaugebieten, die auf der Abbildung 19 links sichtbar sind, ist eine kleine, rinnenförmige Vertiefung der Wattoberfläche an der Wasseransammlung erkennbar. Diese Vertiefung verläuft parallel zu den Grubenreihen, ist allerdings nicht überall nachzuweisen.

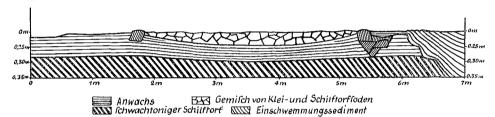


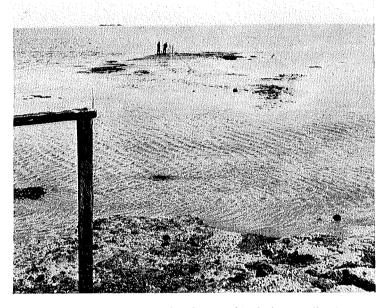
Abb. 16. Schnitt durch den auf Abb. 20 sichtbaren Deichrest.

Aus diesem, an verschiedenen Stellen angetroffenen Befund läßt sich folgendes schließen: Die Gruben sind als "Püttlöcher", das heißt Erdentnahmestellen zu deuten. Die reihenförmige Anlage sowie die rinnenförmige Vertiefung der Wattoberfläche deuten darauf hin, daß das entnommene Material zum Bau von Deichen verwandt wurde. Nach dem Verlauf der Grubenreihen muß es sich dabei um Kajedeiche zum Schutze des Torfabbaus gehandelt haben. Da die Gruben heute nur eine Tiefe von 0,10 bis 0,40 m aufweisen, scheinen diese Deiche hauptsächlich aus dem ursprünglich über dem Darg oder Torf liegenden Anwachs gebaut worden zu sein.

Dort, wo noch eine Decke von Anwachs erhalten ist, finden sich die Reste der eigentlichen Deiche. Diese Reste liegen in einer Höhe von etwa NN — 0,30 m und umschließen nur kleine Torfabbaugebiete, über die später wahrscheinlich erneut die Hallig aufwuchs. Abbildung 20 zeigt einen solchen Deichfuß von etwa 3,80 m Breite. Der Fuß ist seitlich begrenzt von zwei parallel verlaufenden Sodenreihen aus Anwachs. Zwischen den Reihen ist die Oberfläche bedeckt mit einem Gemisch von Klei- und Torfsoden. Auf der rechten Seite ist der Fuß begleitet von einem Wattsediment mit wannenförmig verlaufender Schichtung.

^{*)} Als Kajedeiche bezeichnet man zum Schutze eines Bauwerks vorübergehend errichtete Deiche.

Ein senkrecht zum Verlauf des Deiches gezogener Schnitt ergab das in Abbildung 16 dargestellte Bild. Über einem leicht tonigen Schilftorf liegt eine Schicht fetten Anwachses von etwa 0,50 m Mächtigkeit. Diese Schicht ist in der Deichmitte etwas eingedrückt. Die randlichen Kleisoden stehen aufrecht und sind etwas nach innen geneigt. Ihre Dicke schwankt zwischen 0,18 m und 0,20 m. Das zwischen beiden Sodenreihen liegende Gemisch Torf und Klei-



Bildarchiv Westküste 16. VII. 38 Aufn Bantelmann

Abb. 17. Eine von anstehendem Torf bedeckte Sandbank, der Fundplatz der Artefakte aus Feuerstein.

soden besitzt eine größte Mächtigkeit von 0,25 m. Auf der rechten Seite des Profils verläuft, 0,40 m von der rechten Sodenkante entfernt, eine Grubenreihe, aus der die Baustoffe zum Bau des Deiches entnommen sind. Die Gruben sind heute mit einem geschichteten Einschwemmungssediment ausgefüllt.

Artefakte aus Feuerstein.

An der Westspite von Appelland ist die hier unmittelbar vor der Steindecke zutage tretende Torfschicht bis in eine Entfernung von 90 m von der Halligkante schwach emporgewölbt (Abb. 17). An dieser Stelle ist die Torfschicht von einem mittelgroben, weißgrauen Sand unterlagert. Da der Sand sich von den anderen im Gebiet angetroffenen Sedimenten unterschied, wurde durch Grabungen und Bohrungen die genaue Schichtlage und Verbreitung des Sandes festgestellt.

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Abbildung 18 dargestellt. Es handelt sich um eine bankförmige Aufschüttung auf der Oberfläche des liegenden Alluviums. Die Oberfläche des Sandes liegt im höchsten Punkt NN — 1,08 m, das ist mehr als 3 m unter der benachbarten Halligoberfläche. Die größte Mächtigkeit der Ablagerung beträgt 0,80 m. Ihre Ränder fallen nach Norden und Nordosten steil, nach Südwesten ganz flach ein. Bohrungen auf der Hallig ergaben, daß die Schicht sich in östlicher Richtung bis unter das heutige Appelland erstreckt. Über die Ränder des Sandes sind zungenförmig schwarzgewölkte, tonige Ablagerungen gebreitet, die zeigen, daß eine nachträgliche Überschlickung der tiefer gelegenen Teile des Sandes stattgefunden hat. Der Sand und der randlich gelegene, sandige Ton sind von Schilfwurzeln durchzogen.

An dem steilen Nordostabfall des Sandes wurden etwa 40 Flintabschläge und ein Schaber gefunden. Die Artefakte lagen, wie auch aus dem Profil erkennbar, auf der Oberfläche des Sandes, eingebettet in den darüber lagern-

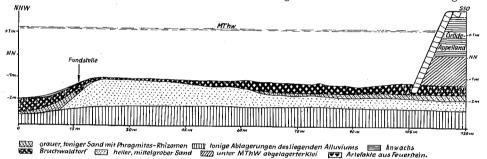


Abb. 18. Schnitt durch die fossile Sandbank mit der Fundstelle der Artefakte bei Gröde-Appelland (vergl. Abb. 17, die MTnw-Linie bei — 1,70 m NN).

den, schwarzgewölkten Ton. Der Fundplats nahm eine Fläche von zwei Quadratmetern ein und war von einer 0,30 m mächtigen Bruchwaldtorfschicht bedeckt. Außerhalb dieses Fundplatses wurde im Sand nur ein Abschlag gefunden, dagegen keine unbearbeiteten Steine.

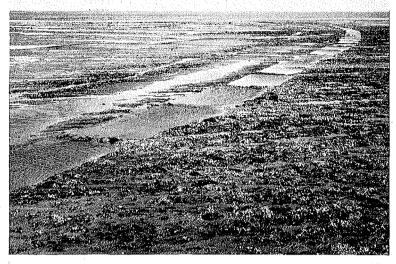
Die Fundumstände lassen darauf schließen, daß es sich hier um einen Lager- oder Wohnplat steinzeitlicher, vielleicht auch bronzezeitlicher Jäger oder Fischer handelt. Da sich unter dem anfallenden Material kein typisches Stück befand, läßt sich eine genaue zeitliche Einordnung nicht durchführen.

b) Die Landschaftsentwicklung auf Grund der Ergebnisse.

Während der Entstehung der Ablagerungen des liegenden Alluviums stand das Gebiet unter dem Einfluß des Meeres. Der Fund der Feuersteinartefakten an der Oberfläche des liegenden Alluviums beweist, daß Menschen sich zum mindesten zeitweilig auf den höchsten, sandigen Stellen niederließen, um von hier aus entweder zu fischen oder zu jagen.

In der Folgezeit verlor das Meer an Einfluß. Wahrscheinlich kam es jedoch nicht zu einer eigentlichen Marschbildung, sondern es verblieben zunächst mehr oder minder ausgedehnte Restseen brackischer Natur. Später





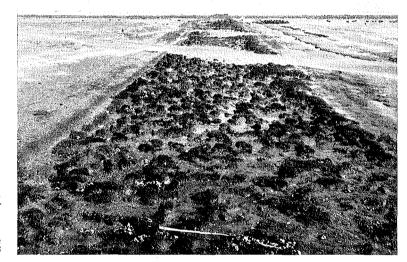


Abb. 20.
Mit Sodenresten bedeckter
Fuß eines ehemaligen
Deiches (vgl. Abb. 16).
Bildarchiv Westküste
7. VII. 38

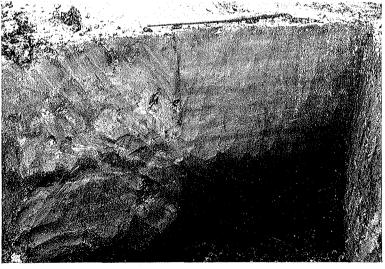


Abb. 21
Schnitt durch den Rand
eines Abbaufeldes
nördlich der Hallig Habel.
Links die mit Abraum
gefüllten Entnahmestellen,
rechts die anstehenden
Sedimente Darg,
darunter Torf,
Bildarchiv Westküste
22. VI. 38
Aufn. Bantelmann

bedeckte sich die Oberfläche, wie die Schilftorfschicht zeigt, mit ausgedehnten Schilfsümpfen. Diese Schilfsümpfe wurden, zunächst an den höchstgelegenen Stellen, schnell abgelöst von einem Sumpfwald mit lockerem Baumbestand, in dem Erlen, Birken und Eichen vorherrschten. Allmählich drang der Bruchwald auch in die tiefer gelegenen Teile des Gebietes vor, der Baumwuchs blieb hier jedoch sehr spärlich, Sumpfgräser und krautige Flachmoorgewächse bedeckten die Flächen. Dünne Schichten toniger Ablagerungen, in denen sich Reste von Brackwasserpflanzen befinden, liegen inmitten der Torfschichten und zeigen, daß gelegentlich Überschwemmungen des Moorlandes durch Salz- oder Brackwasser stattfanden. Gegen Ende der Entwicklung der Moore wurde an den höchsten Stellen der lockere Bruchwald abgelöst von einem ausgesprochenen Hochmoor, welches neben Torfmoos ausgedehnte Wollgrasbestände aufwies und im Endzustand verheidet war.

In den Gebieten mit tiefliegender Oberfläche des liegenden Alluviums machte sich das erneute Vordringen stärkeren Meereseinflusses zuerst bemerkbar. An diesen Stellen wurde das Wachstum der Niederungsmoore durch häufige Brackwasserüberschwemmungen beendet. An ihre Stelle traten Schilfsümpfe von der Art, wie sie in den Brackwassergebieten der Unterelbe und der Untereider noch heute anzutreffen sind. Im Schutze des dichten Bewuchses dieser mit Schilf bestandenen Gebiete wurden bei Überschwemmungen feinste Tonteilchen abgelagert, die gemeinsam mit den Pflanzenresten die heute im nördlichen Teil des Untersuchungsgebietes liegenden Dargschichten bildeten.

In der Folgezeit kam die mit Mooren und Schilfsümpfen bedeckte Landoberfläche in wachsendem Maße in den Bereich der Überflutungen durch das
Meerwasser. Da das Land sich wahrscheinlich von oben dem Gezeitenbereich
näherte, wurde es zunächst nur von den höchsten Sturmfluten erreicht, wobei
die Sumpf- und Moorpflanzenbestände durch das Salzwasser abgetötet wurden. Die Oberflächenschichten der Moore wurden, wie die Grenzlagen zeigen,
zunächst etwas aufgearbeitet und der Torfgrus dann abgelagert.

Mit zunehmender Höhe und Bewegung der bei den Überschwemmungen das Land bedeckenden Wassermassen lagerte sich ein Teil der mitgeführten tonigen Sedimente ab. Die auf diese Weise gebildete dünne Kleilage bedeckte sich mit einer dichten Salzwiesengesellschaft. An die Stelle der Moore und Schilfsümpfe trat hier, ebenso wie in der Umgebung von Langeneß, Halligland, dessen Kleischicht bei jeder Überflutung mächtiger wurde. Unter dem Westteil von Appelland trat dagegen die Halligbildung erst sehr viel später ein, nachdem dieses Gebiet als Watt im Bereiche der täglichen Gezeiten gelegen hatte.

Als der Anwachs etwa 1,50 m mächtig war, setzte eine weitgehende Zerstörung der Halligflächen durch den Torfabbau ein. Große Gebiete ehemaligen Halliglandes wurden damit für die menschliche Besiedlung unbrauchbar ge-

macht. Auch die vom Torfabbau nicht berührten, nördlich Appelland gelegenen Flächen, wurden in der Folgezeit durch Abtrag entfernt.

3. Hallig Habel.

Habel ist mit einer Längserstreckung von 650 m und einer mittleren Breite von 100 m für eine dauernde Besiedlung heute zu klein. Noch im Jahre

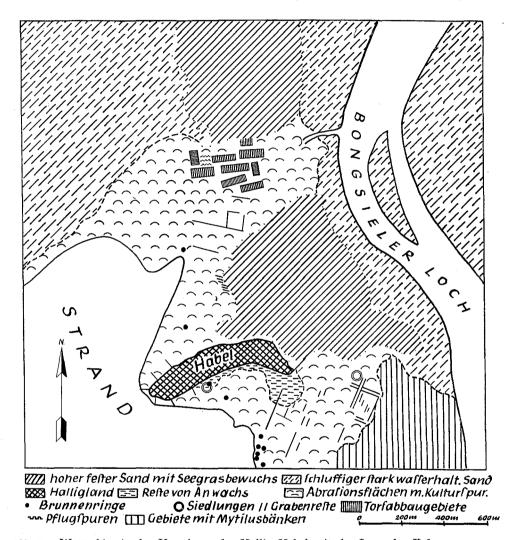


Abb. 22. Wattgebiet in der Umgebung der Hallig Habel mit der Lage der Kulturspuren.

1770 war die Hallig nach Müller (36) so groß, daß sieben Familien sich auf ihr ernähren konnten. Im Jahre 1912 wurde sie von dem letzten Besitzer verlassen. Seitdem ist das einzige Haus während des größten Teiles des Jahres unbewohnt. Diese Veränderung der Hallig seit dem Ende des 18. Jahrhunderts

zeigt den Verlauf der Entwicklung, den wir durch die Untersuchungen der Kulturspuren auf längere Zeiträume ausweiten konnten.

Der die Hallig umgebende Wattsockel springt in der Form einer schmalen Halbinsel vom Rocheley-Sand in südlicher Richtung vor. Der Wattsockel ist im Westen und Süden von dem letzten Ausläufer der Süderau, Strand genannt, im Osten vom Bongsieler Loch begrenzt. Etwa 600 bis 700 m nördlich der Hallig verläuft vom Strand zum Bongsieler Loch eine breite Rinne mit flachen Böschungen, die sich gegenwärtig schnell zu vertiefen scheint.

Wie aus Abbildung 22 zu ersehen ist, nehmen die jüngeren Wattablagerungen in der Umgebung von Habel einen verhältnismäßig geringen Raum ein. Im Nordosten der Hallig liegt ein hohes, im Sommer mit Zwergseegras (Zostera nana) bewachsenes Sandwatt, das sich nördlich der oben genannten Rinne bis zum Rocheley-Sand fortsetzt. Die Ränder des Bongsieler Loches sind mit einem tonigen, stark wasserhaltigen Sand bedeckt. In den übrigen Teilen des Wattsockels herrschen Abtragsflächen vor, auf denen vorwiegend Darg und in geringerem Maße auch Anwachs zutage treten. Kulturspuren finden sich in den beiden letztgenannten Ablagerungen.

Südöstlich der Hallig sind die Dargflächen bedeckt mit Miesmuschelbänken, deren Verbreitung von Jahr zu Jahr starken Schwankungen unterworfen ist. Die Abbildung 22 zeigt die Verbreitungsgrenzen des Jahres 1937. Im Jahre 1938 erstreckten sich die Bänke bis fast an die Ostspite der Hallig, so daß die Untersuchung der Kulturspuren im Ostgebiet in diesem Jahre unmöglich war.

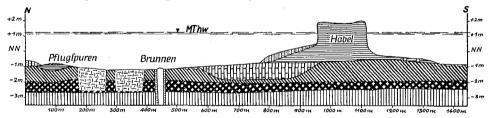


Abb. 23. Der Schichtaufbau des Wattgebietes von Habel (Zeichenerklärung s. Abb. 9).

Der durch zahlreiche Bohrungen und Grabungen genau festgestellte Schichtaufbau ist in Abbildung 23 dargestellt. Die Halligoberfläche liegt im Mittel ungefähr auf NN + 2,00 m. Wie aus der Abbildung ersichtlich, besteht der Untergrund der heutigen Hallig aus einer 2,50 bis 3 m mächtigen aus Anwachs aufgebauten Schicht, die unmittelbar auf dem darunterliegenden Darg ruht. Im unteren, fetten Teile sind zahlreiche Wurzelstöcke von Triglochin maritima erhalten. In dem nördlich der Hallig liegenden Wattgebiet finden sich geringe Reste derselben Kleiart. Die unter diesen Ablagerungen liegende Dargschicht zeigt denselben Aufbau wie die bei Gröde-Appelland beschriebene, sie ist teilweise mehr als 1 m mächtig und liegt zwischen NN — 1,0 m und NN — 2,0 m. Nordwestlich der Hallig ist ein dunkelgrauer Klei

mit muldenförmiger Schichtung in den Darg eingesenkt, der zahlreiche Stengelund Blattreste von Schilfrohr (Phragmites communis) enthält. Wahrscheinlich handelt es sich um die Ablagerungen in einem verlandenden Wasserlauf, der an dieser Stelle gegen Ende der Dargbildung vorhanden war. Zwischen der Unterkante der Dargschicht und den tonigen Ablagerungen des liegenden Alluviums liegt eine 0,50 bis 0,90 m mächtige Flachmoortorfschicht mit zahlreichen Resten von Sumpfpflanzen und nur wenig Baumwurzeln, die nach unten durch eine Lage zunächst reinen, dann dargigen Schilftorfs von den Ablagerungen des liegenden Alluviums getrennt ist.

a) Die Kulturspuren. Der Torfabbau.

Wie bei Langeneß und Gröde-Appelland treten auch bei Habel Spuren ehemaligen Torfabbaus zutage. Wie Abbildung 23 zeigt, finden sie sich etwa 800 m nördlich der Halligkante in der zwischen dem Bongsieler Loch und dem Strand verlaufenden flachen Vertiefung. Die Abbaugebiete sind im Gegensatz zu den nördlich Appelland gefundenen unregelmäßig angelegt und von geringerer Anzahl. Da die Oberfläche im betreffenden Gebiete vorwiegend aus Darg besteht, der anstehend und bewegt dem Abtrag den gleichen Widerstand entgegensetzt, ist die Begrenzung der Abbaugebiete oft sehr schwer zu verfolgen.

Abbildung 21 zeigt einen Schnitt durch den Rand eines Abbaugebietes. Auf ihm ist rechts das anstehende und links das bewegte Sediment zu erkennen. Die Oberfläche des Schnittes liegt auf NN — 1,25 m, die Tiefe bis zum liegenden Alluvium beträgt rund 2 m. Die vom Abbau nicht berührte rechte Seite besteht in ihrem oberen Teil aus einer etwa 1,10 m mächtigen Schicht eines grauen, in horizontalen Bändern bunt verfärbten Dargs. Darunter liegt eine rund 0,90 m mächtige Flachmoortorfschicht, die in ihren oberen Teilen Holzreste enthält, im übrigen aber vollkommen von hellen Wurzeln von Sumpfpflanzen durchzogen ist. Der untere Teil besteht aus reinem Schilftorf. Das auf der linken Seite der Abbildung sichtbare Abbaugebiet ist mit einem Gemisch von Soden aus Darg und Anwachs bedeckt. Der Abbau des Torfes erstreckte sich, da der aus Schilftorf bestehende untere Teil der Torfschicht nicht mit ausgeräumt wurde, bis in eine Tiefe von NN — 2,65 m.

Aus diesem, durch andere Grabungen ergänzten Befund, ergibt sich, daß man in der Umgebung von Habel bis in eine Tiefe von rund 4 m unter heutigem MThw grub, um eine Torfschicht von 0,50 bis 0,70 m Mächtigkeit abzubauen.

Um die Art und Mächtigkeit der ehemals hangenden Ablagerungen zur Zeit des Abbaus festzustellen, wurde ebenso wie bei Gröde nach vollständigen Abbauschollen gesucht. Abbildung 25, ergänzt durch Abbildung 24, zeigt einen Schnitt durch zwei derartige Schollen. Die Oberfläche des Schnittes

liegt auf NN — 1,12 m. Die Schollenschnitte sind umgeben von kleinen Soden aus Darg und haben eine Größe von 1,00 m mal 0,95 m. Der ehemals liegende Teil der Schollen besteht aus Darg, der in eine 0,50 m mächtige Lage aus sehr fettem und stark durchwurzeltem Anwachs übergeht. Auf der ehemaligen Oberfläche, auf der keine oberirdischen Pflanzenteile festgestellt werden konnten, liegt eine 0,5 bis 1 cm mächtige Sandschicht.

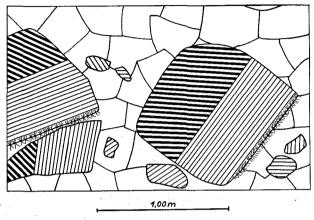


Abb. 24. Schnitt zur Vers deutlichung derauf Abb. 25 sichtbaren Abbauschollen

Darg El Anwachs

Die Grenze zwischen Darg und Anwachs liegt in der Nähe des Schnittes etwa NN — 1,30 m. Bei einer Mächtigkeit des Anwachses von 0,50 m lag die Oberfläche zur Zeit des Abbaus in einer Höhe von ungefähr NN — 0,80 m, das ist 2,80 m tiefer als die heutige Halligoberfläche. Gegenüber der bei Gröde errechneten Höhenlage der Halligoberfläche von NN + 0,50 m bedeutet das einen Höhenunterschied von 1,30 m.

Grabenreste.

Auf der Oberfläche des Dargs finden sich sowohl nördlich als auch südlich von Habel zahlreiche Überreste ehemaliger Gräben, die zur Hauptsache einem regelmäßigen Grabennetz angehören (Abb. 22). Südlich der Hallig verlaufen diese Grabenreste von Südsüdwest nach Nordnordost und senkrecht zu dieser Richtung; im Norden verlaufen sie annähernd nordsüdlich. Zwischen den Hauptgräben, die eine Breite bis zu 4 m aufweisen und das Land in große Rechtecke einteilen, liegen kleinere Gräben und Grüppen in sehr regelmäßigen Abständen. Im Südgebiet laufen einige dieser größten Gräben paarweise in so geringem Abstand parallel zueinander, daß ein nur 6 m breiter Landstreifen zwischen ihnen liegt. Wahrscheinlich verlief zwischen beiden Gräben ursprünglich ein Weg.

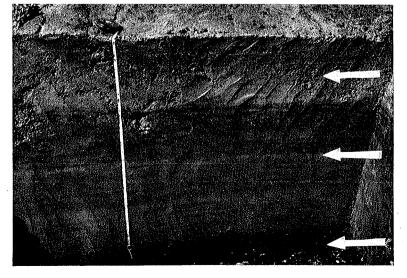
Im Darg sind nur die unteren Teile der Gräben erhalten, ihr oberer Teil lag stets im Anwachs, wie an Hand von zahlreichen Schnitten dort festgestellt werden konnte, wo dieser noch heute erhalten ist. Bei zwei



Abb.
Schnitt durch zwei Schollen
zu einem Torfabbaugebiet
nördlich von Habel.
Bildarchiv Westküste
19. VII. 38



Abb. 26. Pflugspuren nördlich von Habel. Bildarchiv Westküste 23. VI. 38



Anwach

Darg

Torf

Abb. 27.
Schnitt durch das Pflugland
zur Verdeutlichung
des Schichtaufbaus.
Bildarchiv Westküste
7. VII. 38
Aufn. Bantelmann

Schnitten lag die Oberkante der Gräben auf etwa NN — 0,80 m, bei einer Kleimächtigkeit von 0,36 m. Der Ausbau des Grabensystems wurde demnach vorgenommen, als die Kleidecke zwar sehr dünn, aber schon vorhanden war und die Landoberfläche ungefähr 2,50 bis 2,80 m unter der heutigen Hallig-oberfläche lag.

Pflugspuren.

Auf den Abtragsflächen in der Umgebung der Hallig wurden an verschiedenen Stellen Kratzer bemerkt, die Pflugspuren ähnlich sahen. Mit Sicherheit konnten Pflugspuren (Abb. 26) jedoch nur 1000 m nördlich der Hallig zwischen den dort liegenden Torfabbaugebieten festgestellt werden. Die Spuren waren auf zwei nur wenige Quadratmeter großen Flächen erhalten, auf denen die Pflugrichtung senkrecht zueinander lag. Dies sind die einzigen Pflugspuren, die bei den nördlichen Halligen gefunden wurden.

Um über den Erhaltungszustand und die Schichtlage des Pfluglandes Klarheit zu bekommen, wurde der auf Abbildung 27 dargestellte Schnitt gegraben. Die Oberfläche des Schnittes liegt auf NN — 0,98 m, also etwa 3 m tiefer als die heutige Halligoberfläche. Die Spuren liegen in einer 0,44 m mächtigen Schicht aus fettem Anwachs, darunter folgt eine Dargschicht von 0,89 m, die in eine rund 0,70 m mächtige Flachmoortorfschicht übergeht.

An der Oberfläche werden die Spuren durch Schichtköpfe aus bräunlich verfärbtem Klei angezeigt, die in einer Entfernung von ungefähr 0,25 m parallel zueinander verlaufen (Abb. 26). Diese Schichtköpfe sind härtere Teile von Pflugschollen, die sich etwa 0,13 m weit in den Untergrund fortseten. Zwischen diesen Streifen braunen Kleis liegt ein dunkelgrauer entschichteter, mit schwarzen Flecken durchsetzter Klei. Aus dieser Beschaffenheit der Ackerkrume kann man schließen, daß hier wahrscheinlich Grasland frisch umgepflügt wurde, dessen bräunliche, gut durchwurzelte Oberflächenschicht innerhalb der einzelnen Pflugschollen in Form brauner Kleibänder erhalten blieb.

Siedlungsreste.

Neben den schon beschriebenen Kulturspuren treten im Wattgebiet um Habel Siedlungsreste auf. Von den ehemaligen Siedlungen sind, wie schon weiter oben erwähnt, in den meisten Fällen nur die Teile erhalten, die tiefer in den Untergrund hineingebaut wurden, alles übrige wurde durch den Abtrag vernichtet. Deswegen findet man heute besonders zahlreich die unteren Teile der ehemals zu Siedlungen gehörigen Brunnen. Die Häufigkeit des Vorkommens solcher Reste, die aus Abbildung 22 ersichtlich ist, läßt den Schluß zu, daß auf dem ehemaligen Kulturland eine große Anzahl von Siedlungen gelegen haben muß.

Es gibt um Habel zwei dem Baustoff nach verschiedene Brunnenarten: Soden- und Holzbrunnen. Weitaus vorherrschend ist der Sodenbrunnen, dessen Wände aus Kleisoden bestehen, die einer gut durchwurzelten Rasenoberfläche entnommen sind. Bei einem Teil sind die Wände aus waagerecht liegenden, bei einem anderen aus senkrecht stehenden Soden aufgebaut. An der Wattoberfläche sind die erhaltenen Reste durch einen runden Sodenkranz gekennzeichnet, wie ihn Abbildung 28 darstellt. Gemäß ihrer Aufgabe als Wasserbehälter ist der obere Teil der Brunnen, der sogenannte Hals, meistens enger als der ausgebauchte untere Teil, der eine möglichst große Menge Wasser fassen mußte (vgl. Wohlenberg, 62).

Die Holzbrunnen sind an der Wattoberfläche als ein Kranz senkrecht gestellter, etwas hervorstehender Bretter sichtbar. Der obere Rand dieser Bretter ist durch den winterlichen Eisgang meistens mehr oder minder stark zerfetzt. In der nächsten Umgebung deutet bewegter Boden darauf hin, daß bei der Anlage eine Grube von erheblichen Ausmaßen ausgeschachtet wurde. Die Ausgrabung einer Anzahl dieser Brunnen ergab, daß es sich ausnahmslos um in die Erde versenkte Tonnen handelt (Abb. 29), die ursprünglich nicht für diesen Zweck verfertigt sein dürften, da sie stets auf der Innenseite umlaufende Kerben für die Faßböden aufwiesen. Die Faßdauben bestehen aus Eichenholz, die Reifen aus gerissenen Weidenbändern.

Es konnten drei verschiedene Formen solcher Holzbrunnen nachgewiesen werden. Die erste Form besteht aus zwei übereinandergestellten Fässern, von denen das obere mit seinem größeren Durchmesser von 0,15 m über die Außenseite des unteren hinausgreift. Bei der zweiten Form besteht der Brunnen aus einer einzigen, beim dritten nur aus einer halben, in der Mitte des Bauches durchgesägten Tonne. Die Böden waren in allen Fällen entfernt. Unter die Tonnen waren in einigen Fällen eichene Kanthölzer gelegt, die den schmalen Rändern im weichen Boden eine Standfläche verschaffen sollten.

Wie bei den Untersuchungen um Hooge festgestellt werden konnte, bestand der Hals der Holzbrunnen, der bei dem Abtrag der hangenden Schichten vollkommen entfernt wurde, aus Soden, und nur der untere, bei Habel allein noch angetroffene Teil, aus Holz.

Neben den durch das Niederschlagswasser gespeisten Brunnen sollten nach den Aussagen alter Berichte in verschiedenen Gebieten des Wattenmeeres Stellen vorhanden gewesen sein, an denen Süßwasser aus dem Untergrund zutage quoll.

LORENZEN (33) berichtet Ende des 18. Jahrhunderts von einer solchen Süßwasserquelle, "die auf dem Schlick von Langeneß im Nordosten von Nordmarsch zu sehn; denn es quillt daselbst ein Brunn mit frischem Wasser mitten im salzen Meer hervor. Dieser Brunn ist mit Brettern dicht gemacht, und vorzeiten mit einer Pumpe, ito aber mit einem Schwengel versehen. Die Fluth läuft alle sechs Stunden um denselben herum, und bei der Ebbe wird das Vieh, zur Zeit der Not, häufig daraus getränket . . ."



Abb. 28. Sodenbrunnen Im Hintergrund Hallig Habel. Bildarchiv Westküste 22. VI. 38



Abb. 29. Tonnenbrunnen im Watt bei Hallig Habel. Bildarchiv Westküste 12. VII. 37

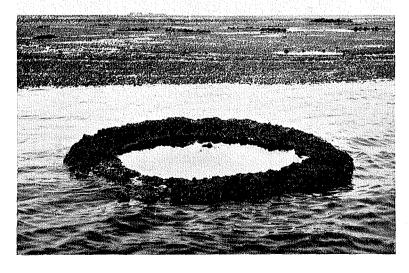


Abb. 50. Sodenbrunnen 1300 m südlich der Hallig Hooge. Am Horizont die Hauswarft auf Hooge. Bildarchiv Westküste 20. IX. 38 Aufn. Bantelmann

Bis in unsere Zeit hat sich die Kenntnis solcher Quellen nicht erhalten. Es war jedoch möglich, das Vorhandensein eines Brunnens mit brackigem Wasser im Wattgebiet von Habel nachzuweisen. Etwa 500 m nördlich der Hallig wurde im Verlaufe der Untersuchungen ein Brunnen ausgegraben, dessen Durchmesser sich nicht nach unten verbreiterte, sondern sich von 1,80 m an der Oberfläche bis 0,90 m in 2,50 m Tiefe verringerte und unterhalb dieser Tiefe gleich blieb. Während bei den Ausgrabungen von gewöhnlichen Sodenbrunnen niemals Wassereinbrüche beobachtet wurden, sprudelte in diesem Falle schon in 1 m Tiefe Wasser in so starkem Maße von unten hervor. daß es dauernd mit Eimern ausgeschöpft werden mußte, um die Grabung durchzuführen. Als in 3 m Tiefe, das ist 5.50 m unter MThw, die Brunnensohle nicht erreicht war, wurde die Grabung abgebrochen.

Bei einer Untersuchung des Brunnenwassers im Laboratorium der Forschungsabteilung Husum wurde ein Salzgehalt von 10°/00 festgestellt. Eine Paralleluntersuchung von Wasser aus einer Tiefbohrung von Nordstrandischmoor, das zum Tränken des Viehs benutt wird, ergab einen Salzgehalt von 8.9%. Der Unterschied von 1.1% liegt innerhalb der Geschmacksgrenze. Das Brunnenwasser von Habel kann demnach zum Tränken des Viehs verwandt worden sein.

Um eine Aufklärung über den Ursprung des aufguellenden Wassers zu bekommen, wurde neben dem Brunnen eine Tiefbohrung angesett, die folgendes Ergebnis hatte:

-1,22 m NN Höhenlage der Wattoberfläche

bis -1.72 m NN Darg

" -2,52 m NN Flachmoor- und Schilftorf

" —7,14 m NN grünlich-graue Tone und Feinsande des liegenden Alluviums " —20,0 m NN Talsand

-20,0 m NN Eemton mit Mollusken

-22,1 m NN Ende der Bohrung.

Während des Durchbohrens des Talsandes wurde mehrfach ein starker Wasserauftrieb festgestellt. Die außergewöhnlich große Talsandmächtigkeit von etwa 13 m läßt vermuten, daß an dieser Stelle eine mit Talsand ausgefüllte Rinne in den Eemablagerungen verläuft. Der Wasserauftrieb deutet darauf hin, daß wahrscheinlich ein Zustrom süßen Wassers aus der Richtung des Festlandes von der dort höher liegenden Talsanddecke stattfindet.

Außer den zahlreichen Brunnen wurden an zwei Stellen, deren Lage aus Abbildung 22 ersichtlich ist, Ziegelsteine, Glas und Keramikbruchstücke, sowie in die Erde geschlagene Pfähle gefunden, die auf eine ehemalige Siedlung hinweisen.

Die an der Südkante der heutigen Hallig liegenden Spuren sind als letter Rest der um 1800 noch bewohnten Süderwarft einwandfrei nachzuweisen. Die dort gefundene Keramik ist dementsprechend vorwiegend jung.

Der östlich der Hallig liegende Siedlungsrest ist durch mehrere Steinhaufen gekennzeichnet, in denen sich neben Feldsteinen und Ziegelsteinen von Klosterformat eine Anzahl Tuffsteine befand. Die Tuffsteine wurden nach den Ausführungen von Haupt (22) im 11. und 12. Jahrhundert auf dem Seewege in großer Menge aus dem Rheinlande bezogen und zur Errichtung von Kirchen verwandt. Die ältesten Kirchen der friesischen Uthlande, Pellworm alte Kirche, Morsum, Sylt und Nieblum, Föhr sind zum Teil aus solchem Tuff erbaut. Gegen Ende des 12. Jahrhunderts tritt der Backstein vollkommen an die Stelle des Tuffs.

Im Jahre 1916 kamen an der Südwestspite der Hallig, an der Abbruchkante, außer Gräbern zahlreiche Tuffsteine zum Vorschein. An dieser Stelle, die von altersher schon vor der Freilegung der Gräber "ual Höwed", das heißt alter Kirchhof, genannt wurde, wird die alte Kirche gelegen haben, die nach Angabe der Liste des Bischofs Nicolaus Brun im Jahre 1362 bei der großen Mandränke untergegangen sein soll.

Der östlich der Hallig aufgefundene Siedlungsrest wird erst nach der Zerstörung der Kirche unter Verwendung der von der Ruine entnommenen Baustoffe errichtet worden sein. Für eine Errichtung dieser Siedlung nach 1362 sprechen auch die in eingetieften Gruben gefundenen zahlreichen Keramikscherben, die nach mündlicher Mitteilung von Herrn Dr. Tidelski, Husum, dem 14. und 15. Jahrhundert entstammen.

b) Die Landschaftsentwicklung auf Grund der Ergebnisse.

Ebenso wie bei den übrigen untersuchten Halligen sind die marinen Ablagerungen des liegenden Alluviums bedeckt mit einem Schilf- und einem darüberliegenden Flachmoortorf. Beide Ablagerungen deuten darauf hin, daß während einer Hebungszeit ein Bewuchs der hier sehr tief liegenden Oberfläche des liegenden Alluviums mit Schilfsümpfen und bauarmem Flachmoor möglich war, ohne daß es wahrscheinlich vorher zu einer ausgedehnten Marschbildung in diesem Gebiet gekommen war.

Beim erneuten Vordringen des Meeres wurde die Flachmoorvegetation verdrängt von Schilfsümpfen, in deren Schutz bei Überschwemmungen durch Brackwasser feinste Tonbestanteile abgelagert wurden, die zur Anhäufung einer 1 m bis 1,50 m mächtigen Dargschicht führten. Flache Wasserarme durchzogen diese Sümpfe.

Zu einem noch nicht genau bekannten Zeitpunkt in der zweiten Hälfte des ersten Jahrtausends nach der Zeitwende wurden die Sümpfe bei Sturmfluten von reinem Salzwasser überschwemmt. Die fortschreitende Versalzung des Bodens brachte den Schilfbestand zum Aussterben. Weitere Ueberschwemmungen bei Sturmfluten hatten zur Folge, daß eine dünne, aber sehr ausgedehnte Decke fetten Kleis abgelagert wurde, die sich mit Salzwiesenpflanzen bedeckte. An Stelle der Schilfsümpfe entstanden so ausgedehnte Halligflächen. Das vorher für die menschliche Besiedlung wenig geeignete

Land war jetzt, nachdem es in den Bereich der Sturmfluten gekommen war, zu fruchtbarem Weideland geworden.

Der für das 11. beziehungsweise 12. Jahrhundert auf Grund der Funde von Tuffsteinen nachweisbare Kirchenbau läßt vermuten, daß zu dieser Zeit eine zahlreiche Bevölkerung auf einem ausgedehnten Marschlande wohnte. Die ausgedehnten Grabennete sowie die Pflugspuren deuten darauf hin, daß wahrscheinlich im Schute von Sommerdeichen Ackerbau betrieben wurde. Die aus späterer Zeit stammenden Siedlungsreste vervollständigen das Bild von einer ehemals ganz erheblich größeren Ausdehnung des dicht bevölkerten Halliglandes. Seine ursprüngliche Begrenzung anzugeben, ist heute nicht mehr möglich, da ein beträchtlicher Teil der Kulturspuren von den in der Umgebung liegenden Gezeitenrinnen vollständig zerstört ist.

Der Schichtenaufbau der heutigen Hallig läßt den genauen Verlauf der Veränderungen seit der Vernichtung der Schilfsümpfe durch Salzwasser erkennen. Aus ihm ist ersichtlich, daß bei jeder Sturmflut, die die Hallig überschwemmte, tonige und sandige Ablagerungen stattfanden, und somit die Mächtigkeit der Anwachsdecke etwas erhöht wurde. Auch das im Schutze von Sommerdeichen liegende Kulturland ging nach der Zerstörung des Deiches nicht verloren, sondern wurde gleichfalls unter der Decke dieser Ablagerungen begraben. Der Vorgang des langsamen Anwachsens der Kleidecke dauert noch heute an. Gegenwärtig beträgt die Mächtigkeit unter der Hallig Habel 2,50 bis 3 m.

Durch Brandungswirkung, die, wie schon erwähnt, besonders stark an der Westseite herrscht, ferner durch Priele, die die Halligflächen zerschnitten, erfolgte eine dauernde Zurückverlegung der Ufer. Dabei wurden die alten Kulturreste, die vorher im Klei der höher aufgewachsenen Hallig eingebettet lagen, auf den entstehenden Abtragsflächen freigelegt. Ein "Ersäufen" des alten Kulturlandes in dem Sinne, daß der Meeresspiegel bei gewöhnlicher Flut so hoch anwuchs, daß er das Land überschwemmte, ist zum mindesten bei Habel nicht eingetreten.

4. Hallig Hooge.

Die Hallig Hooge liegt zwischen der Süderau im Norden und dem Unterlauf des Rummellochs, Schlut genannt, im Süden. Die Wattflächen in der Umgebung der Hallig sind größtenteils mit jungen, sandigen Ablagerungen bedeckt. Nur an einigen räumlich wenig ausgedehnten Stellen sind ältere Sedimente mit Kulturspuren freigelegt.

a) Der Torfabbau nördlich von Hooge.

Im nördlich von Hooge gelegenen Wattgebiet ist die Oberfläche nach Norden gegen die Süderau durch Abtragung stark zerrissen. In der Nähe des Steinbelages der Halligkante wird sie von jüngeren Wattablagerungen gebildet. Wo diese fehlen, tritt eine bis zu 0,50 m mächtige Torfschicht zutage.

Die Oberfläche der unter dem Torf anstehenden Ablagerungen des liegenden Alluviums weist erhebliche Unebenheiten auf. Besonders auffällig sind einige mit Schilftorf gefüllte Rinnen, die wahrscheinlich als Reste fossiler Wasserläufe zu deuten sind. Der Grenzhorizont zwischen liegendem Alluvium und Torf liegt im Mittel auf NN — 0,50 m, also etwa so hoch wie im Westteil von Langeneß. Die höchsten Erhebungen liegen dagegen auf NN — 0,35 m.

Im Gebiete nordwestlich und nordöstlich der Schleuse (4 auf Abb. 1) treten ausgedehnte Torfabbaugebiete teils zutage, teils sind sie durch jüngere Wattablagerungen bedeckt. Sie finden sich nur dort, wo die Oberfläche des liegenden Alluviums verhältnismäßig tief liegt, da hier die Torfdecke mächtiger war. Die Anlage der Abbaugebiete ähnelt der von Langeneß. Hier wie dort treten von unregelmäßig verlaufenden Dämmen anstehenden Torfs umgebene Gebiete auf, in denen lange Reihen gebänderter Kleischollen im Torfgrus lagern.

Wenige Schritte innerhalb der Schleuse liegen am Rande des Schleusenprieles unter der Halligkante Abbauschollen, die in ihrer stratigraphischen Lage an die Schollen im Ridd auf Langeneß erinnern. Das liegende Alluvium ist als helle Zone unmittelbar über dem frischen Abbau erkennbar. Seine Oberfläche liegt mit rund NN — 0,60 m 2,90 m unter der Halligoberfläche. Die Form und der Aufbau der über dem liegenden Alluvium in Torfgrus gelagerten Abbauschollen ist dieselbe wie bei Langeneß. Der Schollenquerschnitt mißt 0,45 mal 0,90 m. Über den Schollen liegen Wattsedimente; ihre Mächtigkeit, sowie die Mächtigkeit des sie bedeckenden Anwachses, konnte wegen der ungünstigen Verhältnisse nicht festgestellt werden.

Aus dem geschilderten Befund geht hervor, daß der nördliche Teil von Hooge sich in ähnlicher Weise entwickelte wie das Gebiet von Langeneß.

b) Die Kulturspuren südlich von Hooge.

Südlich von Hooge ist der Torfhorizont von jüngeren Ablagerungen fast vollständig bedeckt. Die Lagerungsverhältnisse konnten auf Grund von planmäßig ausgeführten Flachbohrungen festgestellt werden. Nach den Bohrergebnissen besteht die meist nur wenige Zentimeter mächtige Oberflächenschicht aus lockerem Sand, der die Oberfläche in der Form flacher Bänke bedeckt. Er wird unterlagert von einem blaugrauen, fetten, unter MThw abgelagerten Wattsediment. Dieser Klei nimmt gemäß dem Absinken der Oberfläche von Norden nach Süden an Mächtigkeit ab. Seine größte Mächtigkeit beträgt in der Nähe des Steinbelages der Halligkante etwa 1 m. Unter diesem Klei folgt eine 0,15 bis 0,30 m mächtige Schicht dunkelgrauen, sehr bröckligen Kleis. Dieser ist von einer an Mächtigkeit stark schwankenden Torfschicht unterlagert. Als größte Mächtigkeit wurde 0,60 m festgestellt. Der obere Teil des Torfes ist stets dunkel verfärbt, sehr fest und stark

zersetzt. Es handelt sich um einen, von Wurzelstöcken von Sumpfpflanzen durchzogenen Bruchwaldtorf, der nach unten und oben von reinem Schilftorf begrenzt wird. Eine pollenanalytische Untersuchung der Forschungsabteilung Husum ergab, daß dieser Torf zur selben Zeit entstand wie der bei Langeneß, Gröde und Habel gefundene. Der Grenzhorizont zwischen dem Torf und den Ablagerungen des liegenden Alluviums liegt auf ungefähr NN — 0,65 m. Im westlichen Teil des Gebietes fehlt die Torfschicht, der Grenzhorizont zwischen liegendem Alluvium und jüngeren Ablagerungen wird an diesen Stellen vielfach durch Wurzelstöcke von Sumpfpflanzen angezeigt.

In einer Entfernung von rund 500 m von dem Steinbelag südlich Ockenswarft (vgl. 5 auf Abb. 1) trifft man auf ein System in die Oberfläche eingeschnittener rinnenförmiger Vertiefungen. Die Rinnen machen durch ihren sehr geraden Verlauf den Eindruck von Grabenresten. Der Boden in diesen Rinnen unterscheidet sich im Gegensatz zu dem anderer untersuchter Grabenreste weder im Aufbau noch in der Farbe von dem Boden des Watts der Umgebung, so daß diese Vertiefungen nicht mit Bestimmtheit als Grabenreste bezeichnet werden können. In den Rinnen ist die Torfebene stellenweise freigespült. Die Oberfläche des Torfes ist hier netsförmig durchzogen von Trockenrissen, in denen auch bei Ebbe etwas Wasser stehen bleibt. Der Torf ist dunkel, sehr hart und stark zersetzt. Das Aussehen dieser Oberfläche zeigt Abbildung 33. Grabungen ergaben, daß in etwa 0,20 m Tiefe unzersetter Flachmoortorf von brauner Farbe ansteht. Dort, wo hangende Ablagerungen erhalten sind, ist jedem der durch Risse begrenzten Torfstücke eine Kappe dunkelgrauen Kleis von 0,15 m Mächtigkeit aufgesetzt. Dieser Klei ist sehr hart und zeigt eine starke Polyederbildung. Das über dieser Ablagerung liegende graublaue Wattsediment dringt tief in die Risse ein.

Aus dem Befund geht hervor, daß die Trockenrisse entstanden sind, als der Torf schon von einer Lage des dunkelgrauen Kleis bedeckt war. Zu dieser Zeit muß die Obersläche außerhalb des Bereiches der täglichen Gezeiten gelegen haben. Die darüber liegende Ablagerung, die sich auch unter dem Südteil der heutigen Hallig findet, kann erst nach der Entstehung der Trockenrisse stattgefunden haben. Das beweist, daß zwischen der Überslutung der alten Landobersläche und der jüngeren Halligbildung eine Zeit lag, in der große Teile des Gebietes von den täglichen Gezeiten erreicht wurden.

Südöstlich von Hooge (6 auf Abb. 1) wurden mehrere parallel verlaufende Grabenreste von etwa 1 m Breite gefunden. Die Gräben sind in die tonigen Ablagerungen des liegenden Alluviums hineingestochen und mit einem bräunlichen Klei sowie Stücken zersetzten Torfes erfüllt. Auf der Wattoberfläche zwischen zwei Grabensohlen befinden sich viereckige Flächen verschiedener Form und Größe. In ihnen liegen dunkle Torfsoden. Die Torfsoden überragen die Oberfläche der Ablagerungen des liegenden Alluviums

um wenige Zentimeter. Es handelt sich offenbar um Reste von Gruben, die mit Torfsoden gefüllt waren. Der eigentliche Torfhorizont ist in dieser Gegend bis auf wenige Reste verschwunden. Die Bedeutung der Gruben konnte bisher nicht ermittelt werden.

Ein Siedlungsrest befindet sich südlich von der Hanswarft auf Hooge in etwa 1300 m Entfernung von dem Steinbelag (7 auf Abb. 1) in den hier vom Schlut angeschnittenen tonigen Ablagerungen des liegenden Alluviums.

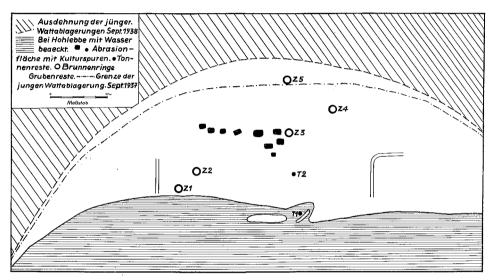


Abb. 31. Lageplan der südlich von Hooge am Schlut freigelegten Kulturspuren (vgl. Kartenabb. 1, Feld Nr. 7).

Diese Kleifläche wird im Norden halbkreisförmig von einer Schillbank begrenzt. Weiter nördlich, wo sich mit zunehmender Entfernung vom Priel die Strömung verlangsamt, haben sich feinsandige Ablagerungen gebildet. Im Süden verschwindet die Kulturspuren führende Kleifläche im Schlut, so daß der Umriß eines nach Süden offenen halbkreisförmigen Bandes von etwa 200 m Länge und 50 m größter Breite sichtbar bleibt.

Die auf der Kleifläche gefundenen Kulturspuren sind in Abbildung 31 ihrer Lage nach festgelegt. Es handelt sich um Brunnenringe, Graben- und Grubenreste sowie um zwei Holzbrunnen. Die Reste liegen teilweise derart tief, daß sie bei gewöhnlichem Niedrigwasser noch vom Wasser des Schluts bedeckt sind. Die Oberfläche des Gebietes mit Kulturresten liegt, wie aus Abbildung 32 ersichtlich, an ihrer tiefsten, ständig mit Wasser bedeckten Stelle etwa NN — 1,80 m und steigt dann nach Norden bis zum Rande der jüngeren Wattablagerungen bis auf NN — 1,00 m an.

Die auf Abbildung 31 verzeichneten beiden Tonnen bestehen aus Eichenholz, die Tonnenringe aus gerissenen Weidenbändern. Nach mündlicher Mit-

teilung von Herrn Lehrer Brandt, Hooge, war der Oberrand der einen Tonne ursprünglich von einem Sodenkranz umgeben. Der Hals dieses Tonnenbrunnens scheint demnach aus Soden bestanden zu haben. Bei den aufgefundenen fünf Brunnenringen handelt es sich bei dreien nur um die Grundflächen ehemaliger Brunnen, auf denen zahlreiche Scherben irdener Gefäße lagen, nur bei einem (Abb. 30) ist der untere Teil der Wand noch als Ring erkennbar.

Bei Brunnen 3 ist ein größerer Teil der Sodenwand erhalten. Grabungen ergaben, daß die Brunnen heute eine Tiefe von 0,60 m haben.

Die Wand des Brunnens 5 ist aufgebaut aus senkrecht gestellten Soden von etwa 0,45 m Länge. Die Soden bestehen aus dunkelgrauem Klei von

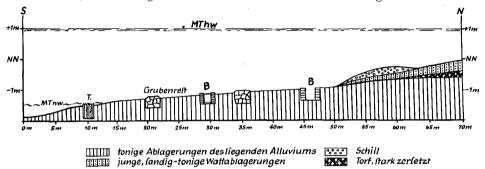


Abb. 32. Schnitt durch den Siedlungsrest am Schlut (vgl. Kartenabb. 1, Feld Nr. 7).

rund 0,10 m Mächtigkeit, der an einer Seite stets eine dünne Schicht zersetzten Torfs trägt, während auf der gegenüberliegenden Seite Reste oberirdischer Pflanzenteile erhalten sind.

Aus dieser Feststellung kann man schließen, daß die Soden einer Landoberfläche entnommen wurden, in der die Torfschicht mit einer nur 0,10 m
mächtigen Kleischicht bedeckt war. Als ein Rest dieser Oberfläche ist der
oben beschriebene, mit dunkelgrauem Klei bedeckte und von Trockenrissen
durchzogene Torfhorizont anzusehen, dessen Oberkante in ungefähr NN
– 0,10 m liegt.

Die Reste eines im Ostteil der ursprünglichen Siedlung verlaufenden Grabens sind angefüllt mit einem bräunlichen Klei, in dem neben Stücken humosen Kleis und Torfs zahlreiche Tonscherben und Ziegelsteine von Klosterformat eingelagert sind.

Die auf Abbildung 31 westlich des Brunnens 3 eingetragenen Flächen haben einen meist annähernd rechteckigen Umriß. Einen Teil dieser Flächen zeigt Abbildung 34. Nach einer Profilgrabung durch eines der Vierecke handelt es sich um Gruben, die in die Ablagerungen des liegenden Alluviums gegraben wurden. Der Inhalt besteht aus dunkelgrauem Klei, der mit vielen Stücken zersetzten Torfes vermischt ist. Da der Grubeninhalt sich dem Abtrag



Abb. 33. Von Trockenrissen zerfurchte ehemalige Mooroberfläche südlich von Hooge. Bildarchiv Westküste 3. X. 37

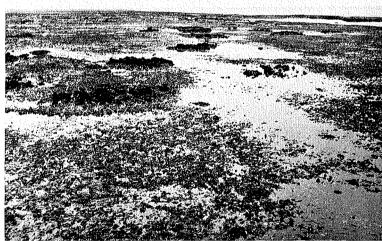


Abb. 34.

Abtragsfläche mit zutage tretenden Kulturspuren am Schlut südlich von Hooge. Die dunklen Stellen auf der Abbildung sind Reste ehemals mit Torfund Kleisoden gefüllter Gruben.

Bildarchiv Westküste 3. X. 38

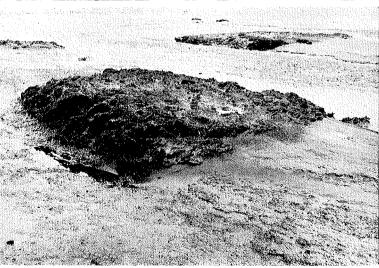


Abb. 35. Reste ehemals mit Torfsoden gefüllter Gruben in einem Prielbett nördlich von Pellworm. Bildarchiv Westküste 17. VII. 37 Aufn. Bantelmann

gegenüber widerstandsfähiger zeigt als der anstehende Klei, überragt er diesen um 0,10 bis 0,20 m.

Die Hauptmasse der auf dem Siedlungsrest gefundenen Tonscherben entstammt nach mündlicher Mitteilung von Herrn Dr. Tideslicht dem 14. bis 15. Jahrhundert.

Außer den angeführten Kulturspuren sind in jüngster Zeit noch eine Anzahl weiterer Siedlungsreste gefunden worden, die von Brandt (5) beschrieben wurden.

c) Die Landschaftsentwicklung auf Grund der Ergebnisse.

Während die Landschaftsentwicklung im Nordgebiet von Hooge in der gleichen Art wie im Langenesser Gebiet verlief, lassen die südlich der Hallig vorgefundenen Verhältnisse auf einen völlig anderen Entwicklungsgang schließen. Die aufgefundenen regelmäßig angelegten Grabensysteme deuten darauf hin, daß hier ein ausgedehntes eingedeichtes Kulturland war. Diese Ansicht teilt auch Peters (42), der in größerer Entfernung von der Halligkante in Richtung Süderoog auf ausgedehnte Feldeinteilungen stieß. Aus dem Vorhandensein einer alten Oberfläche in etwa NN - 0,10 m, sowie aus dem Aufbau der aufgefundenen Brunnenringsoden kann man entnehmen, daß dieses Kulturland bestand, als eine nur geringmächtige Kleidecke den Torfhorizont bedeckte. Die in Graben- und Grubenresten zahlreich gefundenen Torfstücke lassen vermuten, daß Torf auch dort angestanden hat. wo er heute nicht mehr unmittelbar nachzuweisen ist. Große Teile dieses ursprünglich wahrscheinlich bedeichten Gebietes kamen später, wie die darüber lagernden, unter MThw entstandenen Wattsedimente zeigen, in den Bereich der täglichen Gezeiten. Durch Verlandung und nachfolgende Sturmflutablagerung bildete sich über dem Kulturland der heutige Südteil der Hallig Hooge.

Die für das Südgebiet geschilderten Verhältnisse ähneln, wie im folgenden noch gezeigt wird, der Landschaftsentwicklung im Bereich der Insel Alt-Nordstrand. Es besteht die Möglichkeit, daß das Gebiet südlich Hooge ursprünglich im Deichverband dieser großen Insel gelegen hat und schon früh den Sturmfluten zum Opfer gefallen ist.

Das Alter der beim Siedlungsrest südlich Hooge aufgefundenen Scherben (14.—15. Jahrhundert) gibt keine genauen Anhaltspunkte für das Alter des ursprünglichen Kulturlandes, da diese Siedlung noch bewohnt gewesen sein kann, als das Gebiet bereits zur Hallig geworden war.

B. Das Gebiet der ehemaligen Insel Alt-Nordstrand.

1. Die Landschaft vor dem Untergang der Insel.

Die im folgenden Abschnitt beschriebenen Kulturspuren liegen in einem Gebiet, das ehemals der Insel Alt-Nordstrand angehörte. Noch im 13. Jahrhundert nahm diese Insel den größten Teil des Wattgebietes zwischen Eider-

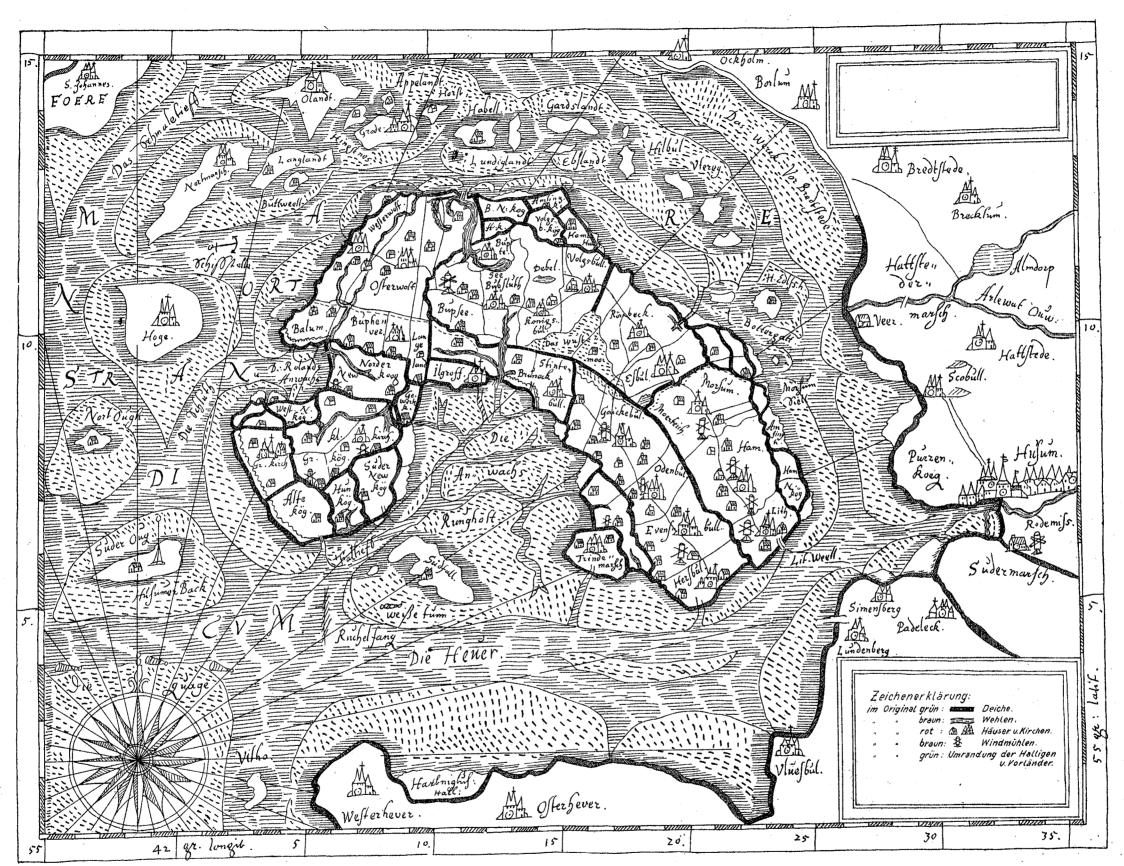


Abb. 36. Allt = Nordstrand um 1637 von J. Mener. Aus: Miller-Fischer, Basserwesen II. Teil: Die Insein. 2. Folge. Berlag von Dietrich Reimer, Berlin.

stedt und den oben besprochenen nördlichen Halligen ein. Sie war von einem Seedeich umgeben und durch Mitteldeiche in eine Anzahl Köge aufgegliedert. Über den Zeitpunkt des Beginns der ältesten Bedeichung der Insel sind keine Angaben erhalten, sie wird wahrscheinlich ebenso wie im südlich angrenzenden Eiderstedt um die Wende des ersten Jahrtausends vorgenommen worden sein.

Über die Zerstörung des Inselgebietes sind zahlreiche Quellen erhalten, die im folgenden zur Schilderung des ehemaligen Landschaftsbildes und seiner Veränderung herangezogen werden. Innerhalb der Deiche lag ein Kulturland, auf dem neben der Viehzucht auch ein intensiver Ackerbau betrieben wurde. Besonders Weizen wurde nach Petreus (43) in beträchtlicher Menge ausgeführt. Die Siedlungen lagen zum Teil auf Warften, zum Teil auf den Binnendeichen. Aus der Tatsache, daß außerdem auch Gehöfte auf nicht künstlich erhöhtem Gelände erbaut wurden, kann man ersehen, daß sich die Bewohner im Schutze ihrer Deiche sicher fühlten.

Im Verlaufe des 13. und 14. Jahrhunderts begann, nach den Angaben der alten Chronisten (s. Einleitung S. 41), die Zerstörung der Insel. Ein einschneidendes Ereignis war die große Mandränke des Jahres 1362, die den Verlust umfangreicher Flächen ehemaligen Kulturlandes zur Folge hatte. Nach dieser Sturmflut bildete sich allmählich die große Südbucht heraus, die der Insel die Form eines nach Süden offenen Hufeisens verlieh. Während des 15. und 16. Jahrhunderts erfolgte neben zahlreichen Meereseinbrüchen, die teilweise erhebliche Landverluste zur Folge hatten, aber dank der Energie der Bewohner abgedämmt werden konnten, im Außendeichsgebiet an verschiedenen Stellen ein starker Anwuchs. Hier konnten bis zum Jahre der Zerstörung verschiedene neue Köge mit fruchtbarem Kleiboden gewonnen werden. Abbildung 36 zeigt die Form der Insel, wie sie sich zum Beginn des 17. Jahrhunderts entwickelt hatte (nach einer Wiedergabe von Meyer).

Die in der Umgebung Alt-Nordstrands liegenden Wattgebiete waren, wie Abbildung 36 zeigt, von verschiedenen Tiefs zerschnitten. Im Nordwesten der Insel verlief zwischen Hooge und Alt-Nordstrand der Schlut, der sich mit der Süderau — früher gleichfalls Schlut genannt — vereinigte. Im Süden hatte der Heverstrom — damals nur Hever genannt — annähernd seinen heutigen Verlauf. Südlich von Pellworm zweigte von ihm das Fallstief nach Norden in die oben erwähnte große Bucht ab, die durch die Fluten des 13. und 14. Jahrhunderts geschaffen war. Das östlich der Insel verlaufende Bottergatt verband die Hever mit dem Schlut.

Durch die heftige Sturmflut vom 11. Oktober 1634 wurde die Vernichtung der Insel eingeleitet. Der Verlauf der Zerstörung ist in einem besonderen Abschnitt beschrieben.

2. Geschichtliches über die Bodenbeschaffenheit von Alt-Nordstrand.

Zur Klärung der Stratigraphie der Insel und ihrer Entwicklung ist eine genaue Kenntnis der Bodenbeschaffenheit notwendig. Gute Aufklärung darüber geben die Ausführungen von Johannes Petreus (43). Nach Petreus wurde das binnendeichs gelegene Land eingeteilt in:

- 1. .. Mohrlandt":
- 2. "Wost und Dorstreng";
- 3. "Kley und Hamscheriglandt".

Nach MÜLLER (37) bedeutet "Dorstreng" einen aus Klei und Torf gemischten Boden, "Hamscheriglandt" ein durch Gräben abgeteiltes Land.

Die Anteile der einzelnen Bodenarten an der Gesamtoberfläche der Insel sind in einem Bericht angegeben, der anläßlich der Landverteilung zwischen dem König von Dänemark und Herzog Adolph im Jahre 1581 nach Flensburg geschickt wurde. Es ist dieses ein "Verzeichnis einer richtigen Landsumme des ganzen Landes Nordstrand, unterschieden in Klei- und Hamscherigland, auch durchstrengig Moorland, sowie der Deichmaße, gestackten und flachen Deiche und des Außendeichlandes, die Hallgen genannt." Es heißt in dem Bericht unter anderem:

"Die Landsumme an Klei- und Moorland erstreckt sich in allem auf 36 024 Demat = 17 750 ha 3 Scheffelsaat, an dieser Summe ist das Kleiland mit 14 235 Demat = etwa 7000 ha und das Dorstreng oder Moorland mit 21 789 Demat = etwa 10 730 ha beteiligt." Ferner: "Außer Klei- und Moorland ist in verschiedenen Kirchspielen Koningsboll, Volcksboll, Rohrbecke, Evensboll und Stinteboll wüstes Moor von etwa 1000 Demat = 493 ha vorhanden, das aber keine Deichmaße hat, weil es unfruchtbar ist" (nach Müller, 37).

Die oben für die einzelnen Bodenarten genannten Zahlen ergeben in Prozenten:

2,7% "Wüstes Moor"; 59,0% "Dorstreng"; 38,3% "Kleiland".

Diese Angaben zeigen, daß der Boden von Alt-Nordstrand nicht — wie vielfach angenommen — dem der heutigen eingedeichten Marsch glich, das heißt nicht vorwiegend reiner Kleiboden war, sondern daß der aus Klei und Torf gemischte Boden überwog. Teilweise wird es sich dabei um bearbeitete Dargschichten handeln.

Aus den Ausführungen des Petreus (43) wird deutlich, daß der Torfgehalt des Bodens nach der Inselmitte, besonders nach dem hohen Moor hin, zunahm; der Kleigehalt überwog dagegen in der Nähe der Inselränder. In den randlich gelegenen, teilweise im 15. und 16. Jahrhundert eingedeichten jüngeren Kögen, bestand die Oberfläche, wie aus verschiedenen weiteren Angaben zu erkennen ist, aus reinem Klei. Hierbei handelt es sich natürlich um jüngste Alluvialablagerungen. Ferner gibt Petreus an, daß die Westhälfte und der Nordteil von Alt-Nordstrand vorwiegend aus Kleiboden, die Osthälfte dagegen überwiegend aus Dorstrengland bestand. Auch der südliche

Teil der Lundenbergharde, die Ortschaften Simonsberg, Lundenberg und Padeleck umfassend, der wahrscheinlich im früheren Mittelalter mit Alt-Nordstrand zusammenhing und später durch die ostwärts vordringende Hever von ihm getrennt wurde, wies nach den Berichten von Peter Sax (J. R. Koop, 29) große Flächen von Moorboden auf.

Neben diesen Angaben über die vorwiegend anmoorige Beschaffenheit des Bodens finden sich Bemerkungen, aus denen hervorgeht, daß auch im Gebiet der ältesten Köge der Torf vielerorts von einer jungen Kleidecke überlagert war. So erwähnt Petreus (43), daß bei der Anlage von Deichpütten bei Hersbüll sowie bei der Ausführung von Grabenarbeiten in Buptee, Oster- und Westerwoldt, zahlreiche Baumreste gefunden wurden.

Die ältesten Bedeichungen auf der Insel müssen demnach stattgefunden haben, als noch große Teile der ursprünglich sehr ausgedehnten Moore ohne Kleibedeckung vorhanden waren. Einen Rest von ihnen stellte das "Wüste Moor" dar, das bis zum Jahre 1634 von keiner Flut berührt, als verheidetes Hochmoor erhalten war. Es ist anzunehmen, daß die Torfbildung annähernd um dieselbe Zeit begann, wie im Gebiete der nördlichen Halligen. Die anderen Teile des Moorgebietes waren dem Ackerbau nutbar gemacht. In tieferen Lagen scheint der Torfhorizont schon vor der ältesten Bedeichung von einer Kleidecke überlagert gewesen zu sein. Ob bei den sehr ausgedehnten "Dorstreng"-Ländereien eine Vermischung des Torfs mit hangendem oder liegendem Klei stattgefunden hat, oder ob es sich um Darglagen handelt, konnte bisher nicht festgestellt werden.

3. Die Zerstörung der Insel durch die Folgen der Sturmflut des Jahres 1634.

Bei der schon erwähnten heftigen Oktoberflut des Jahres 1634 durchbrach das Wasser an vielen Stellen die Deiche und überschwemmte sämtliche Köge. Nur Teile des "Wüsten Moores" blieben dank ihrer hohen Lage von der Überflutung verschont. Zwei Drittel der Bewohner ertranken bei dieser Katastrophe. Unter den vierundvierzig gezählten Deichbrüchen befanden sich vier größere, bei denen das strömende Wasser tiefe Rinnen, die in Nordfriesland Wehlen genannt werden, in den Untergrund gerissen hatte. Die vier großen Wehlen befanden sich, wie auch aus Abbildung 36 ersichtlicht, bei Stintebüll, Balum, Buptee und Lith.

Nur ein Teil der Deichbrüche konnte in der Folgezeit verstopft werden, durch die größten stürzte "das salze Wasser täglich ins Land und wieder heraus" (HEIMREICH, 26). Etwa zehn Jahre lang versuchten die überlebenden Bewohner, die Insel in ihrer gesamten Fläche wiederzugewinnen. Von 1646 ab wird von keinem umfassenden Bedeichungsversuch mehr berichtet. Dagegen wurden in günstig gelegenen Gebieten kleinere Bedeichungen vorgenommen. Auf Pellworm gewann man schon ab 1638, also vier Jahre nach

der Flut, auf Neu-Nordstrand ab 1654 neue Köge. In den übrigen Gebieten ging die Zerstörung des Kulturlandes sehr schnell voran.

Die aus dem Jahre 1659 stammende Karte Inderveldens (Abb. 37) zeigt, daß 25 Jahre nach der Flut der größte Teil der alten Insel in ein Wattgebiet verwandelt war. Nur um die neu bedeichten Köge von Pellworm und Neu-Nordstrand lag, ebenso wie um die hochgelegenen Teile des "Wüsten Moores" ein Kranz von jungem Anwachs. Außer diesen Flächen ragten noch die ehemals unbedeichten Vorländer am Außenrand der alten Insel und ein Teil des jung eingedeichten Amsingkooges als getrennte Halligen aus den Watten empor.

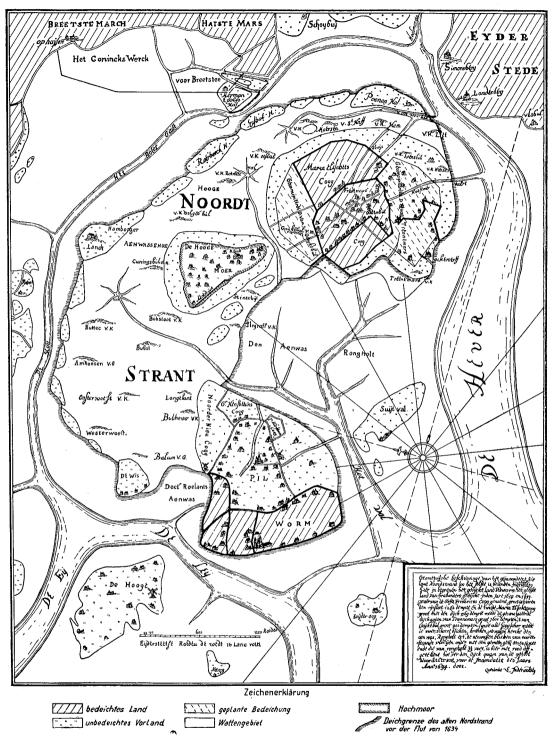
Von den alten Deichbruchstellen bei Stintebüll und Lith ausgehend, war schon eine weitgehende Zerschneidung des ehemaligen Kulturlandes durch Gezeitenrinnen erfolgt. Die durch die Wehle bei Stintebüll eingebrochene Verlängerung des Fallstiefes hatte beinahe den Schlut erreicht, demnach fast die ganze Insel durchbrochen. Im Gegensatz zu Meyer (Abb. 36) hat Indervelden die in der Balum-Bucht gebildete Wehle nicht eingezeichnet, obgleich diese, wie später gezeigt wird, vorhanden gewesen sein muß.

Die Geschwindigkeit, mit der die Zerstörung der alten Insel vor sich ging, ist nur erklärlich, wenn die Oberfläche im größten Teil des zerstörten Gebietes unter MThw gelegen hat. Bei zunehmender Größe der Einbruchstellen erhöhte sich der Wasserstand innerhalb der Inselfläche bei MThw allmählich derart, daß das ehemalige Kulturland durch ständige Überflutung in Watten verwandelt wurde. Bei einer Lage der Oberfläche über MThw wäre das Gebiet in ein von Gezeitenrinnen zerrissenes ausgedehntes Halligland verwandelt worden. Ein Beispiel dafür gibt das ursprünglich vor Balum gelegene Vorland, "de Wisch" oder "Oselichs Hallig" genannt. Dieses Gebiet wurde durch die Folgen der Sturmflut von 1634 in eine Hallig verwandelt, während das ursprünglich im Deichschut gelegene Hinterland vollkommen dem Meere zum Opfer fiel. In der Folgezeit erlitt diese Hallig, später auch "Hainshallig" genannt, das Schicksal aller Halligen: durch ständigen Uferabbruch wurde ihre Fläche allmählich derart verkleinert, daß sie um die Mitte des vorigen Jahrhunderts endgültig verschwand (siehe auch Müller, 37).

Der weitere Gang der Entwicklung zwischen dem 17. Jahrhundert und der Gegenwart ist gekennzeichnet

- 1. durch die stete Ausdehnung des Tief- und Prielsystems im ehemaligen Inselland,
- 2. durch die völlige Zerstörung der zu Halligen gewordenen Vorlandflächen und
- 3. durch die allmähliche Vergrößerung der bedeichten Flächen von Neu-Nordstrand und Pellworm durch Neuanlandung.

Es ist Aufgabe der im folgenden Abschnitt dargestellten Untersuchungen diesen Verlauf für Teilgebiete in seinen Einzelheiten zu verfolgen.



Aus Müller-Fischer "Nordstrand" Verlag Dietrich Reimer, Berlin

Abb. 37. Karte des zerstörten Alt-Nordstrand aus dem Jahre 1659 von INDERVELDEN.

4. Das Wattgebiet nördlich von Pellworm.

a) Die Veränderungen des Gebietes auf Grund von Kartenvergleichen.

Nach Meiers Karte von Alt-Nordstrand (Abb. 36) mit dem vorhandenen Küstenverlauf, lagen im Gebiet nördlich und nordöstlich des heutigen Pellworm:

- 1. Der Große Koog der Beltringharde mit den Ortschaften Buphever (nach 1593 zur Pellwormharde gehörend), Westerwoldt, Osterwoldt, Amhusen und einem Rest des vor 1634 untergegangenen Balum.
- 2. Ostlich an den Großen Koog anschließend der ebenfalls zur Beltringharde gehörende Hagebüller Koog mit den Ortschaften Volgsbüll, Königsbüll, Bubsee, Bubtee und Bubschluth.
 - 3. Die kleineren Köge von Stintebüll, Brunock und Ilgrof.

Der Flächeninhalt des Großen Kooges betrug nach einem aus dem Jahre 1616 stammenden "Verzeichniß der Ländereien im Nordstrande" etwa 6217 Demat, das sind mehr als 3000 ha, der des Hagebüller Koogs etwa 6444 Demat, das sind 3200 ha.

Die in diesem Gebiet liegenden Ortschaften und Ländereien fielen während der Sturmflut vom 11. Oktober 1634 oder durch die Folgen dieser Sturmflut dem Meere zum Opfer.

Die Höhenkarte, Abbildung 38, die aus vier von der Forschungsabteilung Husum verfertigten Grundkarten zusammengestellt wurde, zeigt die heutigen Verhältnisse im oben genannten Gebiet. Ein Vergleich beider Karten zeigt deutlich den Verlauf der Entwicklung vom Zeitpunkt des Beginns der Zerstörung bis heute. Dort, wo ehemals die großen Deichbrüche bei Stintebüll (A auf Abb. 38) und Balum (B auf Abb. 38) stattfanden, treten heute die Gezeitenrinnen der Norderhever und des Rummellochs in das ehemalige Inselgebiet ein. Auf der Karte ist durch Pfeile die Richtung der von den Einbruchstellen ausgehenden Zerschneidung des Untergrundes bezeichnet. Sie erfolgte von Stintebüll aus vorwiegend in nördlicher Richtung als Verlängerung des Fallstiefes und hat heute als Norderhever, im Oberlauf Strand genannt, das Einzugsgebiet der Süderau erreicht. Als Seitenarm der Norderhever entwickelte sich nach Nordwesten ein Prielsystem, das sich fingerförmig in das Kulturland von Bubsee einfraß. Der Hauptarm dieser westlichen Seitenrinnen ist nach der Karte von Meyer (Abb. 36) schon 1637 in Ansätten vorhanden.

Wie aus der Anordnung der Höhenschichtlinien gut zu erkennen ist, hat sich die in der Balum-Bucht eingebrochene Wehle zu einem Tief entwickelt, das in nordöstlicher Richtung vorgedrungen ist. In der Gegenwart ist die Zerschneidung derart weit gegangen, daß sich der östlichste Ausläufer der Balumer Wehle mit einem Westarm der Norderhever zu einem durchlaufenden Priel, dem Rummelloch, vereinigt hat.

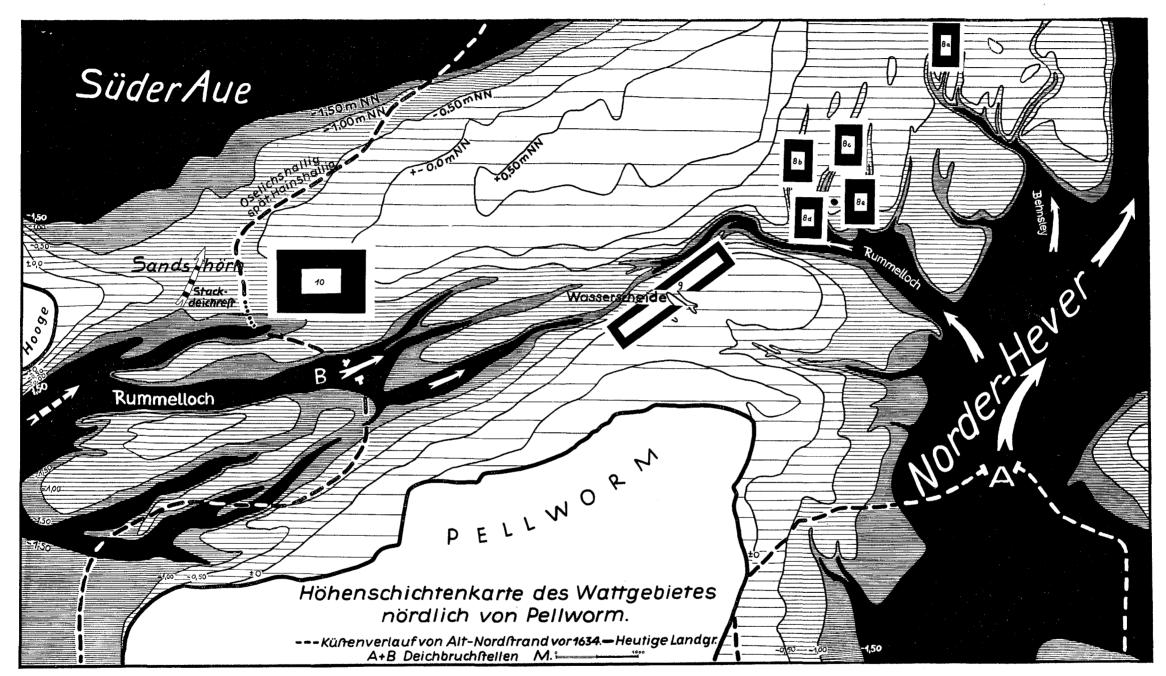


Abb. 38. Die heutigen Höhenverhältnisse des ehemaligen Kulturlandes nördlich von Pellworm.

(Die mit Zahlen versehenen Rechtecke geben die Lage der im Text beschriebenen Kulturspuren an, schwarz angelegt sind die ständig Wasser führenden Tiefs und Priele.

Die Pfeile weisen auf die Hauptangriffszonen des vordringenden Meeres hin.

Das ursprünglich zwischen Hooge und Alt-Nordstrand zur Süderau verlaufende Schlut ist heute nicht mehr mit dieser verbunden, sondern stellt die westliche Fortsetzung des neugebildeten Rummellochs dar. Die Gezeitenströme im Rummelloch sind, seiner Entstehungsgeschichte gemäß, teils nach Westen zum Schlut, teils nach Osten zur Norderhever gerichtet. Die flachste Stelle des Rummellochs, die gleichzeitig die Wasserscheide des Prielsystems bei Ebbe darstellt, ist im folgenden Rummelloch-Wasserscheide genannt.

Wie Abbildung 38 zeigt, gehen von der Süderau keine jüngeren Priele in das alte Inselgebiet. Abgesehen von einer Verbreiterung seines Bettes, wird dieses Tief nicht sehr stark an der Zerschneidung des alten Kulturlandes beteiligt gewesen sein. Einzig der in den Chroniken erwähnte große Einbruch bei Bubtee scheint als ein heute völlig versandeter Westausläufer vom Behnsley mehrere Jahrhunderte bestanden zu haben.

Begrenzt vom Rummelloch im Süden, der Norderhever im Osten und der Süderau im Norden, erstreckt sich von der Ostseite Hooges bis etwa 2 km südlich von Habel ein 15 km langes Gebiet hochaufgeschütteter jüngerer Wattablagerungen. Diese Ablagerungen sind durchweg sandiger Natur. Ihre Oberfläche erreicht eine größte Höhe von etwa NN + 0,80 m. Unter den jüngeren Ablagerungen dieses Gebietes liegen die Reste des Kulturlandes von Alt-Nordstrand. Die Höhenkarte, Abbildung 38, zeigt, daß Kulturspuren vorwiegend in den tiefer gelegenen Gebieten, am Rande des Rummellochs und in den schon erwähnten Prielen im Ostteil des hohen Sandes, auftreten. Die Gebundenheit der Spuren an die tief liegenden Gebiete hat, wie im einzelnen noch nachgewiesen wird, ihre Ursache darin, daß an diesen Stellen die jüngeren Wattablagerungen, die in den übrigen Teilen des Gebietes die Kulturspuren bedecken, durch Abtrag entfernt sind

b) Graben- und Siedlungsreste nordöstlich der Rummelloch-Wasserscheide.

Der nördlichste im Wattgebiet nordöstlich der Rummelloch-Wasserscheide liegende Priel ist das in den Strand einmündende Behnsley (vgl. 8a in Abb. 38). Auf der Sohle der mittleren Rinne seines verzweigten Oberlaufs finden sich zahlreiche Kulturspuren.

Es ist an dieser Stelle ein hellgrauer, sandstreifiger Klei in einer Breite von rund 20 m freigelegt. Die Prielkante und die seitlich des Prieles liegenden höheren Gebiete bestehen aus jüngeren Wattablagerungen. Die Prielsohle liegt zwischen NN — 1,00 m und NN — 0,50 m. Alle freigelegten Kulturspuren finden sich im Klei. Es handelt sich um vier Brunnenringe und um zahlreiche im Klei steckende Holzpfähle. Von den untersuchten Brunnenringen besteht einer aus Anwachssoden, die übrigen hingegen aus Torfsoden, die an einer Seite die ursprüngliche Pflanzendecke tragen. Nach einer Bestimmung von Herrn M. Beyle, Hamburg, handelt es sich um Soden, die der Oberfläche eines verheideten Hochmoores entnommen sind, welches nicht

von hangendem Klei bedeckt war. Derartige Verhältnisse fanden sich nach Angaben alter Quellen noch zu Beginn des 17. Jahrhunderts auf dem "Wüsten Moor". Da in den alten Berichten häufig Verkäufe von Torf durch die Besitzer von Moorländereien an die übrigen Inselbewohner erwähnt werden, besteht die Möglichkeit, daß die aufgefundenen Torfsoden der Oberfläche dieses Moores entstammen.

Im Mittelland des ersten Prieles, der östlich der Rummelloch-Wasserscheide in südlicher Richtung verläuft (vgl. 8b in Abb. 38), treten auf der Ostseite Kulturspuren zutage. Die Oberfläche liegt auch hier zwischen NN — 1,00 m und NN — 0,50 m. Der Priel hat sich durch jüngere Wattablagerungen, deren Oberfläche in der Umgebung des Fundplates etwa in einer Höhe von NN — 0,30 m bis NN — 0,20 m liegt, in ältere Ablagerungen eingeschnitten. Die Kulturspuren liegen in einem vom Priel freigelegten hellgrauen, sandigen Klei, der nach unten in tonarmen Feinsand übergeht.

Es handelt sich um einige Grabenreste und um drei etwa 0,20—0,30 m über die Oberfläche der Umgebung herausragende, aus Torfsoden aufgebaute Hügel von rechteckigem Grundriß (Abb. 35). Die Hügel nehmen eine Fläche von 1,60 m mal 3,60 m, 2,00 m mal 3,68 m und 3,70 m mal 4,00 m ein.

Mehrere durch die Torfhügel gegrabene Schnitte ergaben, daß der Torf auf der Schnittfläche, ebenso wie auf der Oberfläche, deutliche Sodenform zeigt und vollkommen frei von Beimengungen anderer Bodenarten ist. Er liegt in einer in den anstehenden Klei gestochenen Grube, deren größte Tiefe rund 1,20 m beträgt. Der Torf erwies sich der Zerstörung gegenüber als besonders widerstandsfähig und wurde darum in geringerem Maße abgetragen als der anstehende Klei der Umgebung. Auf diese Weise läßt sich erklären, daß der ursprünglich in Gruben geschüttete Torf heute seine Umgebung in Form eines niedrigen Hügels überragt. Anstehender Torf wurde im Gebiete nicht angetroffen.

Im Mittelauf des zweiten Prieles östlich der Rummelloch-Wasserscheide (8c in Abb. 38) finden sich an dessen Ostseite in Abständen von 15 m in südsüdöstlicher Richtung parallel verlaufende Grabenreste. Die Oberfläche der Prielsohle besteht aus grauem, sandigem Klei und liegt etwa zwischen NN — 1,00 m und NN — 0,50 m. Im Unterlauf dieses Prieles (8d in Abb. 38) finden sich an dessen Westseite zahlreiche im Boden steckende Pfähle in unregelmäßiger Anordnung und auf der Oberfläche liegende Scherben von Tongefäßen, Feldsteine und Knochen.

An der Westseite des dritten Prieles östlich der Rummelloch-Wasserscheide liegen in einer Entfernung von etwa 250 m vom Rummelloch Kulturspuren. Die Oberfläche dieses Gebietes liegt zwischen NN — 1,20 m und NN — 0,50 m; sie wird auch hier von einem grauen, sandigen Klei gebildet. Bei den aufgefundenen Spuren (8e in Abb. 38) handelt es sich um die Reste

einer ehemaligen Grube, um Grabenreste, drei Brunnenringe und eine Sodenlage.

Durch die Grabenreste wurden mehrere Schnitte gelegt. Die Sohle liegt stets nur wenige Zentimeter unter der heutigen Oberfläche, der Inhalt besteht aus einem braun verfärbten, humosen Klei mit eingeschwemmten Torfstücken verschiedener Größe. Auf einer rechteckigen Fläche von etwa 12 m Breite und mindestens 17 m Länge ist das anstehende Sediment entfernt und durch einen braunen, humosen Klei ersetzt, der im Querschnitt helle Sandbänder aufweist. Grabungen zeigten, daß dieses Rechteck der Rest einer sorgsam ausgestochenen Grube von etwa 0,35 m heutiger Tiefe ist. In der Füllung, die aus braunem Klei besteht, fanden sich Bretter und Pfahlreste, Ziegelsteine, Feldsteine und kleine Bruchstücke von Kacheln. Da auch an dieser Stelle mit einer ursprünglich erheblich höher gelegenen Oberfläche gerechnet werden muß (man beachte die geringe Sohlentiefe der Gräben), war die Gesamttiefe der Grube ursprünglich entsprechend größer. Von den Brunnen sind nur schlecht erhaltene Reste der Sohlen vorhanden. Die Ringe bestehen aus sehr großen Torfsoden.

c) Graben- und Grubenreste südwestlich der Rummelloch-Wasserscheide.

An der Südkante des Rummellochs sind in der weiteren Umgebung der Rummelloch-Wasserscheide flache, nach Norden abfallende Hänge ausgebildet, deren Oberfläche eine von jüngeren Wattablagerungen freie Abtragsfläche darstellt. Hier tritt ein sandiger Klei zutage. Dieses Gebiet, auf Abbildung 38 mit 9 bezeichnet, wird im Norden von der tief liegenden Sohle des Rummellochs, im Süden von einem hohen Sandwatt begrenzt. Letzteres trägt in der Nähe des Hanges einen Saum von Schillbänken. Auf der Abtragsfläche finden sich südwestlich der Rummelloch-Wasserscheide, auf einem Streifen, der etwa zwischen NN — 0,85 m und NN — 0,25 m liegt, Spuren menschlicher Eingriffe in den Bodenaufbau.

In diesem Gebiete treten zahlreiche Grabensohlen auf, die in der Mehrzahl einen geradlinigen Verlauf von Südsüdwest nach Nordnordost aufweisen. Es lassen sich nach Aufbau und Aussehen deutlich drei Grundformen unterscheiden.

1. Grabenreste, die sich durch ihren dichten Bestand von Wurzelstöcken der Meerstrandsimse, Scirpus maritimus, von ihrer Umgebung abheben. Ist nur die ehemalige Grabensohle erhalten, so wird deren Verlauf durch ein einfaches Band mit Wurzelstöcken durchsetzten Kleis angezeigt, welches der ehemaligen Sohlenbreite entspricht. Sind dagegen Teile der ehemaligen Grabenwände erhalten, so werden diese durch je einen schmalen, mit Wurzelstöcken durchsetzten Streifen angezeigt, während die dazwischen liegende Grabensohle durch jüngere Ablagerungen verdeckt ist. Eine durch ein einfaches Band gekennzeichnete Grabensohle zeigt Abbildung 42.

- 2. Es finden sich im Gebiete ferner Grabenreste, die sich durch die dunkle Färbung ihres Inhalts deutlich von den grauen Ablagerungen der Umgebung unterscheiden. Der Inhalt besteht aus einem bräunlichen, gyttjaartigen Klei mit eingeschwemmten Pflanzenresten.
- 3. Bei einer dritten Form von Grabenresten (Abb. 43) besteht die Füllung des ehemaligen Grabens aus einem weichen graublauen Klei, der wahrscheinlich erst nach der Zerstörung der Insel eingeschwemmt wurde. In diesen

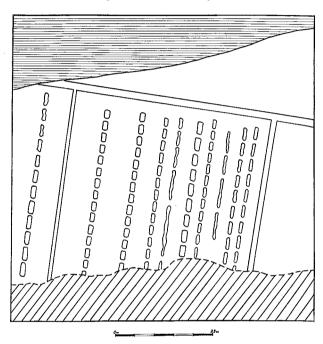


Abb. 39. Reihenförmig angelegte Gruben am Rummelloch. (Zeichenerklärung s. Abb. 31.)

weichen Grabenklei haben an einigen Stellen Prielläufe ihr Bett gegraben, so daß die ehemaligen Gräben heute teilweise zu Prielbetten geworden sind.

Südwestlich von Rummelloch-Wasserscheide befindet sich auf dem oben beschriebenen Südhange des Rummelloches ein Gebiet, in welchem die Wattoberfläche von regelmäßig angeordneten rechteckigen Flächen bedeckt ist, die sich durch ihre dunklere Färbung von dem sie anstehenden Klei abheben. Die Lageverhältnisse sind auf Abbildung 39 zu ersehen. Sie stellen einen Ausschnitt aus dem am Rande des Rummellochs sich hinziehenden Aufschluß dar.

Die dunklen Rechtecke liegen in langen Reihen mit den Schmalseiten hintereinander. Es finden sich zahlreiche solcher Reihen parallel nebeneinander. Die einzelnen Reihen verlaufen in der Richtung Südsüdwest-Nordnordost. Die Breite schwankt zwischen 0,70 m und 1,50 m. Alle einer Reihe angehörenden Rechtecke haben jedoch annähernd die gleiche Breite, während ihre Länge innerhalb einer Reihe zuweilen wechselt. Die kleinste gemessene

Länge beträgt 1,70 m, die größte über 5 m. Der Abstand zwischen den Rechtecken einer Reihe beträgt im Durchschnitt 0,80 m. Die Reihenabstände schwanken zwischen 1,80 m und 10 m. Im allgemeinen sind sie dort am größten, wo sie durch die getrennten Rechtecke eine große Breite aufweisen. In wechselnden Abständen finden sich parallel zu den Reihen laufende Gräben verschiedener Breite. Einmal wurde auch ein Quergraben festgestellt. Diese Oberflächenformen wurden in einem Gebiet von mehreren hundert Metern Länge und etwa 50 m größter Breite beobachtet.



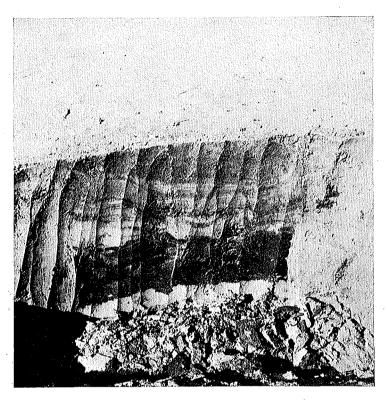
Bildarchiv Westküste 19. VII. 37 Aufn. Bantelmann

Abb. 40. Grubenrest mit deutlich sichtbaren "Schichtköpfen", Rummelloch.

Die Oberfläche der einzelnen Rechtecke zeigt ein verschiedenartiges Aussehen. Auf Abbildung 40 ist ein Rechteck erkennbar, auf dem Schichtköpfe, die aus feinem Torfgrus bestehen, annähernd parallel zu den Rechteckseiten verlaufen. Zwischen den an den einzelnen Schichtköpfen erkennbaren dunklen Schichten liegen sehr dünne, oberflächlich abgespülte Kleilagen; in der Mitte des Rechtecks sind Teile einer aus Torfgrus mit geringem Kleigehalt bestehenden Ablagerung sichtbar.

Bei den auf Abbildung 44 sichtbaren Rechtecken sind die Schichtköpfe von einer etwa 5 cm mächtigen, aus braunem Klei mit Torfgrus bestehenden Schicht fast vollständig bedeckt. Die Oberfläche ist zur Mitte der einzelnen Rechtecke hin leicht muldenförmig eingesenkt und teilweise von Trockenrissen durchzogen. An den Rändern treten einige Schichtköpfe hervor. Auf dem Bilde ist der eingesenkte Teil von jüngeren Wattablagerungen angefüllt, welche die darunter liegende dunkle Schicht verdecken.

Durchgeführte Grabungen ergaben, daß die beschriebenen Rechtecke Oberflächen von Gruben sind, die in den anstehenden Klei gegraben wur-



Bildarchiv Westküste 20. VII. 37 Aufn. Bantelmann

Abb. 41. Schnitt durch eine der reihenförmig hintereinander liegenden Gruben am Rummelloch.

den. Abbildung 41 zeigt das Ergebnis einer im folgenden beschriebenen Grabung.

Breite der Grube an der Oberfläche: 0,75 m.

Breite der Grube am Grunde: 0,82 m.

Tiefe der Grübe: 0,65 m.

Inhalt: 0,00—0,35 m Ton, Torfgrus, Sand, deutlich geschichtet, die Schichten steigen unregelmäßig nach den Grubenrändern an. In den tieferen Lagen sind Sand und Ton die vorherrschenden Bestandteile, an der Oberfläche überwiegt Klei mit Torfgrus. 0,35—0,45 m flache Stücke hellgrauen Kleis, vermischt mit Stücken braun verfärbten Kleis.

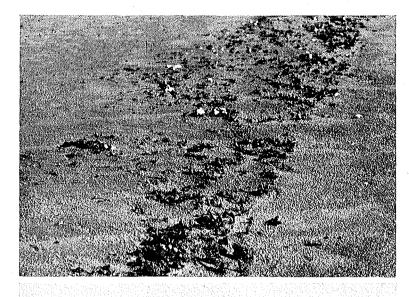


Abb. 42.
Grabensohle am Rummelloch, angedeutet durch die Wurzelstöcke der Meerstrandssimse (Scirpus maritimus).
Bildarchiy Westküste 20. VII. 37



Abb. 43. Grabenrest, mit blaugrauem Klei gefüllt. Rummelloch. Bildarchiv Westküste 15. VII. 37



Abb. 44. Grubenreihe. am Rummelloch. (Vgl. Abb. 39.) Bildarchiv Westküste 19. VII. 37 Aufn. Bantelmann

0,40—0,65 m flache Torfstücke, vermischt mit gleichfalls sehr flachen Stücken braunen Kleis, zwischen den Stücken Torfgrus mit Resten von kleinen Baumzweigen und Phragmitesrhizomen.

Sämtliche Kleistücke zeigen schlierig ausgezogene Ränder. Die Grube besitzt eine ebene Sohle und annähernd senkrecht verlaufende Wände. Bei anderen Ausgrabungen wurden gerundete Sohlen festgestellt.

Nach Wegner (57 u. 58) soll in dem Gebiete der reihenförmig angelegten Gruben, wie auch an vielen anderen Stellen von Alt-Nordstrand, Torf zum Zwecke der Salzgewinnung abgebaut worden sein. Der Boden an der Sohle der Salztorfabbaugebiete wurde — nach der Ansicht Wegners — später in Ackerland umgewandelt. Bei diesem Vorgang wurden nach seiner Annahme die noch vorhandenen Reste anstehenden Torfs, vor allem die der zwischen den einzelnen Abbaugruben verlaufenden Dämme ("Püttwände"), in eigens zu diesem Zweck angelegten Gruben vergraben.

Dieser Annahme Wegners, die durch historische Nachrichten nicht belegt ist, stehen folgende Tatsachen gegenüber: Mit reinen Torfsoden gefüllte Gruben sind im Wattgebiet sehr selten. Aus den oben beschriebenen Gruben sind die ursprünglich anstehenden Schichten von sandig-toniger Beschaffenheit entnommen worden; statt dessen sind in geringem Umfange Torf- und Kleistücke in sehr feuchtem Zustande hineingeworfen worden, wie sich aus ihrer schlierigen Beschaffenheit erkennen läßt. Diese Stücke füllen zusammen mit einigen Stücken hellen Kleis nur etwa 0,30 m, also einen kleinen Teil der ursprünglichen Tiefe der Gruben aus. Für das Vergraben von so wenig Torf wurden keine derart tiefen Gruben benötigt, wie sie sich teilweise finden. Die über den Torf- und Kleistücken liegenden schichtförmigen Ablagerungen lassen vermuten, daß die Gruben nur mit den betreffenden Stücken gefüllt und dann offen stehen blieben. In die offenen Gruben wurden dann Torfgrus, Ton und Sand eingeschwemmt.

Diese aus dem Aufbau geschlossenen Verhältnisse deuten an, daß es sich um Bodenentnahmestellen handelt. Zu welchem Zweck der Boden gebraucht wurde, ist aus den angetroffenen Verhältnissen nicht ersichtlich. Die Art der Grubenfüllung läßt vermuten, daß bei der Anlage zum mindesten in der Nähe anstehender Torf vorhanden gewesen sein muß. Die Torfstücke scheinen bei der Erdentnahme absichtlich in die schon ausgeräumten Gruben geworfen zu sein, sie haben sich demnach bei der Verwendung des Kleis nicht verwerten lassen. Da schon in den verschiedenen Beschreibungen von Alt-Nordstrand betont wird, daß Torf ein sehr ungünstiger Baustoff für den Deichbau darstellt, könnte es sich bei den Grubenreihen am Rummelloch um ehemalige Erdentnahmestellen für Deichbauzwecke handeln. Nach mündlichen Mitteilungen von Herrn Busch, Nordstrand, kann es sich auch um Gruben handeln, aus denen Klei zum Zwecke der Bodenverbesserung entnommen wurde.

In der Übergangszone des Gebietes mit Grubenresten zu dem südlich anschließenden, mit jüngeren Ablagerungen bedeckten Watt, erstreckt sich ein bis zu 7 m breiter Streifen von braunem Klei, in dem sich neben angereichertem Torfgrus Ziegelsteinbrocken finden. Derselbe Klei wurde auch an anderen Stellen des Gebietes häufig gefunden. Aus Zusammensetzung und Lagerungsverhältnissen läßt sich schließen, daß der braune Klei mit Torfgrus als ein stratigraphisch einheitlicher Horizont anzusprechen ist, der in diesem Gebiet ursprünglich einen großen Teil der Oberfläche des Kulturspuren führenden Kleis bedeckte und an gefährdeten Stellen durch Auswaschung entfernt wurde. Peters (40) bezeichnet eine ähnliche Ablagerung bei Südfall als Transgressionskonglomerat. Es ist wahrscheinlich, daß es sich um die aufgearbeiteten Reste des anmoorigen Oberflächenbodens von Alt-Nordstrand handelt, der nach der Zerstörung der Deiche wegen seiner lockeren Beschaffenheit in besonders starkem Maße der Umlagerung unterworfen war.

d) Kulturspuren auf Sandshörn.

Etwa 3 km östlich von Hooge befindet sich im Bereich des hohen Sandes eine flach sattelförmige, nach Norden und Süden offene Vertiefung, die zwischen Süderau und Rummelloch verläuft. Auf dem zum Rummelloch hin abfallenden Teil dieser Vertiefung tritt eine ältere Kleiablagerung in ausgedehnten Abtragsflächen zutage. Die Oberfläche dieses Gebietes liegt zwischen NN — 1,0 m und NN — 0,0 m. Hier sind verschiedenartige Kulturspuren auf einer großen Fläche freigelegt. Die Lage der Kulturreste ist aus Abbildung 38 (Feld 10) ersichtlich.

Die westliche Begrenzung des Gebietes bildet eine doppelte bis dreifache Reihe in den Boden geschlagener Pfähle, die auf Abbildung 45 sichtbar sind. Die Pfähle haben einen Durchmesser von etwa 0,10 m bis 0,45 m. Die Reihe verläuft annähernd in nordsüdlicher Richtung und ist in ihrer Längserstreckung mehrere hundert Meter weit zu verfolgen. Es handelt sich wahrscheinlich um die Reste eines alten Stackdeiches, der seiner heutigen Lage gemäß westlich der Reste des 1634 untergegangenen Dorfes Balum gelegen haben muß. Ein westlich dieses Stackdeiches gelegener Teil des Dorfes fiel schon vorher, wahrscheinlich im 14. Jahrhundert, den Fluten zum Opfer. Die Vermutung von Brandt (5), daß es sich bei den Spuren um Reste der Hainshallig und bei der Pfahlreihe um die Reste eines zur Hallig führenden Dammes handelt, trifft nicht zu. Das Vorhandensein des Stackdeiches ist gerade für diese Gegend durch Quellen belegt (vgl. Müller (37)), und die übrigen aufgefundenen Spuren lagen innerhalb des ehemals bedeichten Teiles von Alt-Nordstrand.

Ostlich der Pfahlreihe ist die Wattoberfläche durchzogen von zahlreichen von Südsüdwest nach Nordnordost gerichteten, parallel laufenden Grabenresten. Die zwischen ihnen liegenden Landstreifen haben zum Teil nur eine Breite von 25 bis 30 m. Quer zur genannten Richtung verlaufende Grabenreste finden sich im Gebiete nur sehr wenig. Das Land scheint demnach in schmale Acker- oder Wiesenstreifen aufgeteilt gewesen zu sein. Am häufigsten ist der Grabentyp 1 mit Scirpus maritimus.

Im Gebiete der jüngeren Wattablagerungen befindet sich an einer Stelle eine Anhäufung von zahlreichen Ziegelsteinen. Die Oberfläche des Watts ist an dieser Stelle muldenförmig eingesenkt, so daß die Steine auch bei Ebbe mit Wasser bedeckt sind. Sie haben sämtlich das große sogenannte Nordstrander Format. Der ihnen teilweise anhaftende Mörtel enthält gebrannte Schalen von Meeresmollusken, unter denen die Herzmuschel überwiegt. Auf zwei Steinen wurden die eingedrückten Pfotenspuren von Haustieren (Hund und Kate) festgestellt. Es handelt sich bei diesem Steinhaufen zweifellos um eine Hausruine.

Zwischen zwei etwa 35 m auseinander liegenden Grabensohlen wurde im Jahre 1937 ein gut erhaltener Flintdolch gefunden. Der Dolch lag auf einer Abtragsfläche, war von einer 2 bis 3 mm dicken frischen Schlickschicht bedeckt und zeigte keinerlei Spuren von Abrollung. Er gehört derselben Zeit an wie die oben genannten Feuersteinwerkzeuge aus dem Wattgebiet von Langeneß und Goting auf Föhr. Auf der Wattoberfläche von Südfall wurde eine, gleichfalls aus der Steinbronzezeit stammende Flintsichel gefunden (BANTELMANN, 2).

Auf der Grenze des Gebietes mit vorherrschendem Abtrag zu dem der hochgelegenen jungen Wattablagerungen fanden sich die in Abbildung 46 dargestellten Pflugspuren. Die Spuren waren nur unmittelbar am Westrande der jungen Wattablagerungen erhalten. Durch Vergleich der im Jahre 1937 und 1938 vorgefundenen Verhältnisse wurde festgestellt, daß die Grenze der jüngeren Ablagerungen durch fortschreitenden Abtrag dauernd nach Osten zurückverlegt wird, und daß gleichzeitig neue Pflugspuren freigelegt werden.

Abbildung 47 zeigt einen quer zum Verlauf der Ackerfurchen gezogenen Schnitt. Die auf der rechten Seite des Bildes über den Pflugspuren liegenden jungen Wattablagerungen bestehen aus einem schluffigen Sand, der zahlreiche Molluskenschalen enthält. In die darunter liegende Oberfläche des Pfluglandes sind kleine taschenförmige Vertiefungen eingesenkt, die vollständig mit Hydrobien angefüllt sind. Die Oberfläche des eigentlichen Pfluglandes liegt in einer Höhe von NN + 0,06 m. Seine 0,15 m mächtige Oberflächenschicht besteht aus einem fetten, festen Klei, der durch Reduktion schwarz verfärbt ist und beim Aufgraben in kleine, harte Vielecke zerfällt. Bei dieser Schicht handelt es sich wahrscheinlich um die ehemalige Ackerkrume. Darunter folgt ein nach oben scharf abgegrenzter Horizont von schwarzbrauner Färbung, die nach unten allmählich in eine dichte schwarze Fleckung übergeht. Von etwa 0,25 m Tiefe an folgt ein sandstreifiger Klei,



Abb. 45.
Pfahlreihe auf Sandshörn, wahrscheinlich der lette Rest des ehemaligen Stackdeiches von Balum (vgl. Abb. 38).
Bildarchiv Westküste 22. VII. 37



Abb. 46. Pflugspuren auf Sandshörn. Bildarchiv Westküste 5. VIII. 38

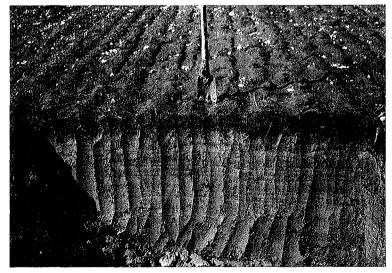


Abb. 47. Schnitt durch das alte Ackerland von Sandshörn. Bildarchiv Westküste 5. VIII. 38 Aufn. Bantelmann

in dem die tonigen Lagen grüngraue, die Sandbänder hellgraue Färbung haben. Ab 1,30 m bildet ein grauer, grüngefleckter Feinsand das Liegende. Torf wurde auch bei tiefer reichenden Grabungen nicht angetroffen. Das Alter dieser Ablagerungen konnte nicht festgestellt werden. Nach dem Aufbau handelt es sich wahrscheinlich um eine Marschbildung, die jünger ist als die Ablagerungen des liegenden Alluviums.

Ergebnisse der Untersuchungen nördlich Pellworm.

Die Untersuchungen im Wattgebiet nördlich von Pellworm zeigten, daß unter den jüngeren Wattablagerungen ausgedehnte Flächen des Kulturlandes von Alt-Nordstrand erhalten sind. Die Höhenlage der alten Oberfläche wurde in einem Falle mit NN + 0,06 m, also etwa 1,10 m unter heutigem MThw, festgestellt. An anderen Orten konnte auf Grund der Höhenlage der Grabensohlen vermutet werden, daß die Oberfläche auch hier um NN gelegen haben muß. Wie aus zahlreich aufgefundenen Torfresten geschlossen werden kann, stand in vielen Teilen des Gebietes eine Torfschicht an der Oberfläche oder zum mindesten in der Nähe der Oberfläche an. Die Oberfläche des liegenden Alluviums lag demnach an diesen Stellen erheblich höher als unter den nördlichen Halligen. Die Frage, ob es sich bei dem Ackerland auf Sandshörn um die unvermoorte Oberfläche des liegenden Alluviums handelt, wie sie sich, nach mündlicher Mitteilung von Herrn Dr. Dittmer, Husum, im benachbarten Eiderstedt findet, oder um eine jüngere Marschbildung, konnte bisher nicht entschieden werden.

Der gute Erhaltungszustand der Kulturspuren läßt den Schluß zu, daß bald nach der Zerstörung der Deiche eine Versandung des Gebietes einsetzte. Sie schützte das Land vor weitergehender Vernichtung. In Gebieten mit lockerer, anmooriger Ackerkrume trat wahrscheinlich noch vor der Versandung ein flächenhafter Abtrag ein; bei der Umlagerung der Krume kam es zur Bildung eines "Transgressionskonglomerats".

Wie dieser Vorgang sich vollzogen haben mag, ist sehr anschaulich bei Matthias Boetius (3) zu lesen, der über die Zerstörung von Stintebüll und Brunock im Jahre 1615 schreibt:

"So wurde nach dem Einsturze der Wohnungen und Gebäude von Stintebüll und Brunock alles weggerissene Material und alles Hausgerät hierher getrieben (in Moorlöcher). Es folgten ganze Mooräcker, die einst ausgelegt waren zum Kornbau oder zum Rasenstechen, und die von der Oberfläche des härteren Bodens, auf welchem sie lagen, mit großer Gewalt abgerissen wurden. Dieses Gemenge der verschiedenen Dinge hatte die ungezähmte Gewalt des Meeres so durcheinander geworfen, daß man nie etwas wüsteres und traurigeres gesehen hat . . "

Im Verlaufe der weiteren Entwicklung wurden, wie bereits beschrieben, das alte Kulturland und die über ihm liegenden jüngeren Wattablagerungen von Gezeitenrinnen zerschnitten, die teils nach dem Westen zum Schlut und teils nach dem Osten zur Norderhever ausgerichtet sind.

III. Zusammenfassung und Auswertung der Ergebnisse.

A. Die Landschaftsentwicklung.

Die älteste Kulturspuren führende Schicht, die bei den Untersuchungen angetroffen wurde, ist die Oberfläche der sandigen bis tonigen Ablagerungen des liegenden Alluviums. Der Aufbau und die Fossilführung dieser Sedimente hat gezeigt, daß die Ablagerung im flachen Wasser unter marinem Einfluß erfolgte. Ihre Oberfläche liegt im Untersuchungsbereich etwa zwischen NN + 0,0 m (Nordstrandischmoor) und NN — 3 m (Habel). Funde von Feuersteinwerkzeugen auf der Sandbank von Gröde sowie im Klei unter Nordstrandischmoor beweisen, daß zum mindesten Teile des Gebietes gegen Ende der Bildung der liegenden Alluvialablagerungen für Menschen zugänglich waren. Dieses wird, wie im nächsten Abschnitt näher begründet ist, wahrscheinlich in der Stein-Bronzezeit, das heißt etwa 1600 vor der Zeitwende, der Fall gewesen sein.

In der Folgezeit verminderte sich der Einfluß des Meeres im Gebiet. Es kam jedoch, wie der Aufbau des Untergrundes zeigt, nicht zu einer ausgedehnten Marschbildung. In den tief gelegenen Gebieten bildeten sich mehr oder minder große Restseen, die mit Brackwasser gefüllt waren und langsam aussüßten. In den übrigen Teilen wuchsen ausgedehnte Schilfsümpfe, die später von Niederungsmooren, Bruchwäldern und Hochmooren abgelöst wurden und schließlich auch die tiefst gelegenen Teile in Besit nahmen. Um die Zeitwende war der überwiegende Teil des Gebietes wahrscheinlich mit einer Moor-, Bruchwald- und Sumpflandschaft erfüllt. Brackische Gewässer durchzogen diese Landschaft. Gelegentliche Funde von Kleilagen im Torfhorizont beweisen, daß der Einfluß des Meeres auch während des Höhepunktes der Vermoorung nicht ausgeschaltet war.

Das Fehlen einer ausgedehnten Decke von Marschenklei, die Bildung von Restseen und die anschließende Vermoorung lassen vermuten, daß sich hier einst ein ausgedehntes Sietland erstreckte, welches vom Meere wahrscheinlich durch Marschflächen abgeschnürt war, deren Oberfläche höher lag als die des Hinterlandes. Die hochliegende, unvermoorte alte Marsch ist nach Mitteilungen von Herrn Dr. Dittmer, Husum, für Eiderstedt, die südliche Begrenzung unseres Gebietes, nachgewiesen. Über die westliche und nördliche Begrenzung des Sietlandes ist dagegen noch nichts bekannt.

Das erneute Vordringen stärkeren Meereseinflusses ist an der Vernichtung der Flachmoore in den tiefst gelegenen Teilen erkennbar. Ausgedehnte Schilfsümpfe, in deren Schutz feinste Tonteilchen abgelagert wurden, traten an ihre Stelle, während in den höher gelegenen Teilen das Moorwachstum ungestört weiter ging.

Wie aus der Lage und dem Alter der darüber liegenden Kulturspuren zu schließen ist, erfolgten von der zweiten Hälfte des ersten Jahrtausends nach der Zeitwende ab erneute Überflutungen des Meeres in unserem Untersuchungsbereich. Die Moore wurden zunächst nur bei den höchsten Sturmfluten durch das Salzwasser überschwemmt und zum Absterben gebracht. Durch sandig-tonige Überlagerungen während der Sturmflutüberschwemmungen entstanden an ihrer Stelle ausgedehnte, mit einer Salzwiesenflora bewachsene Halligen.

In dieser Anfangszeit der großen Überflutungen griff der Mensch grundlegend in die weitere Gestaltung der Landschaft ein: der Südteil des Gebietes wurde etwa von der Jahrtausendwende ab durch umfassende Bedeichungen dem Einfluß des Meeres entzogen. Von diesem Zeitpunkt an kommt es zur Herausbildung von zwei Gebieten mit verschiedener Landschaftsentwicklung, dem Gebiet der nördlichen Halligen und dem Gebiet von Alt- Nordstrand.

Im Gebiet der nördlichen Halligen bedeckten zunächst geringmächtige, aber sehr ausgedehnte Lagen von Anwachs, deren Oberfläche mit einer Salzwiesenflora bestanden war, den Torf. Teile des Landes wurden wahrscheinlich durch Sommerdeiche kleineren Umfangs während des Pflanzenwachstums vor Überflutungen geschützt. Während der Überschwemmung des Landes bei Sturmfluten wurden immer neue Ablagerungen auf der Oberfläche gebildet. Die Schichtmächtigkeit des Anwachses nahm auf diese Weise dauernd zu und hat bei Habel heute den Betrag von etwa 3 m erreicht. Infolge dieser dauernden Erhöhung trat ein Untergang des Landes in dem Sinne, daß die Halligoberfläche ohne Zutun des Menschen unter den mittleren Tidehochwasserspiegel geriet, nicht ein. An den Halligkanten begann die Zerstörung. Durch seitlichen Abschlag, der besonders stark bei heftigen Winden, aber auch bei jedem gewöhnlichen Hochwasser eintrat, wurde der Flächeninhalt des Landes dauernd verringert. Eine Vertiefung des Wattbodens in der Nähe der Uferlinie durch Gezeitenrinnen beschleunigte diesen Vorgang. Der nachweislich an den geschützten Ostseiten auftretende Anwuchs konnte den Landverlust nicht ausgleichen. Eine Anzahl der durch Überlieferung bekannten Halligen sind auf diese Weise vollkommen verschwunden. Diese Entwicklung der Verkleinerung der Halligflächen und des Anwachsens der Schichtmächtigkeit dauert bis zur Gegenwart an. Erst in den letten Jahrzehnten ist dem Uferabbruch durch den Bau von Steindecken wirksam begegnet.

Im Gebiet von Alt-Nordstrand wurde die natürliche Entwicklung, wie sie auf den nördlichen Halligen bis zur Gegenwart stattfand, durch den Bau von Deichen frühzeitig unterbunden. In großen Teilen des Landes bildete das vermoorte alte Sietland, das von der jüngsten Meeresüberflutung noch nicht oder nur in geringem Maße erreicht war, die Oberfläche. In anderen Teilen, besonders am Rande der Insel, bedeckte allerdings schon eine junge Kleidecke den Torf. Ob sich daneben im Gebiet auch unvermoorte alte Marsch an der Oberfläche befand, konnte durch unsere Untersuchungen bisher nicht festgestellt werden. Verhältnismäßig selten liefen bei Sturmfluten die Köge

voll, die Ablagerung neuer Schichten wird in diesen Fällen nicht mit der auf den nördlichen Halligen zu vergleichen gewesen sein.

Durch die Fluten des 13. und 14. Jahrhunderts wurden große Teile der Inseloberfläche in Wattgebiete verwandelt. Daneben traten an den Inselrändern Anwüchse auf, die als fruchtbares Kleiland eingedeicht wurden. Als durch die schon erwähnte Sturmflut des Jahres 1634 die endgültige Zerstörung eingeleitet wurde, verlief dieser Vorgang, wie nachgewiesen wurde, vollkommen anders als bei den nördlichen Halligen: Durch Deichbrüche verschaffte sich das Meer Zugang zu den Kögen. Diese hatten vorher keine oder nur geringe Aufhöhungen durch Sturmflutablagerungen erfahren und lagen, wie aus den Überlegungen und der schriftlichen Überlieferung eines Zeitgenossen (Boetius) hervorgeht, zum großen Teil unter MThw. Da die Deichbrüche nicht gestopft werden konnten, bedeckte das Wasser alsbald bei gewöhnlicher Flut große Teile des Inselgebietes. Aus dem Kulturland wurde so ohne Übergang eine Wattlandschaft, es war "untergegangen". Die wenigen über MThw liegenden Gebiete wurden in Halligen verwandelt, bei denen ebenso wie auf den schon bestehenden nördlichen Halligen bei jeder Sturmflut eine Ablagerung von Halligrasenklei stattfand. Die in Watten verwandelten tief liegenden Gebiete der ehemaligen Insel wurden von Gezeitenrinnen zerschnitten und die Oberfläche des Kulturlandes von jungen Wattsedimenten bedeckt. In der Folgezeit erfolgte die Wiederbedeichung der hochgelegenen und durch Sturmflutablagerungen noch erhöhten Ländereien des heutigen Nordstrand und Pellworm. Das noch im Jahre 1634 mit ungestörter Pflanzendecke erhaltene "Wüste Moor" wurde gegen Ende des 17. Jahrhunderts von den Sturmfluten überschwemmt und in eine Hallig umgewandelt. Dieser Vorgang erfolgte also viele Jahrhunderte später als die Überschlickung der unter den nördlichen Halligen liegenden Torfoberfläche.

Nach der Zerstörung der alten Insel verlief die Entwicklung im Gebiete, mit Ausnahme von Nordstrand und Pellworm, ähnlich wie schon seit vielen Jahrhunderten im Gebiete der nördlichen Halligen: Die zu Halligen gewordenen hochgelegenen Teile der ehemaligen Insel wurden durch seitlichen Abschlag beständig verkleinert und verschwanden bis auf Nordstrandischmoor und die inzwischen landfest gewordene Hamburger Hallig. Die Zerschneidung der Oberfläche des alten Kulturlandes durch ein Netz von Gezeitenrinnen machte bis zur Gegenwart ständig Fortschritte.

Vergleicht man die Art der Zerstörung von Alt-Nordstrand mit der der nördlichen Halligen, so ergibt sich, daß der durch die Seedeiche gewährte Schutz der alten Insel eine Entwicklung aufhielt, die nach der Zerstörung der Deiche sehr viel schneller und vor allem wirksamer verlief, als sie wahrscheinlich ohne die Unterbrechung der natürlichen Entwicklung der Dinge erfolgt wäre.

B. Die Besiedlung.

Die ältesten, zeitlich festzulegenden Funde aus unserem Untersuchungsbereich sind zwei Flintsicheln, gefunden im Wattgebiet südlich von Föhr und bei der Hallig Südfall, sowie zwei Flintdolche aus der Umgebung der Hallig Langeneß und von Sandshörn. In einwandfreier Schichtlage wurden Feuersteinwerkzeuge unbekannten Alters auf einer, dem liegenden Alluvium angehörenden Sandbank bei Gröde, und ein gleichfalls den oberflächennahen Schichten des liegenden Alluviums entstammender Flintspan bei Nordstrandischmoor gefunden. Da die Dolche und Sicheln nicht in Schichtlage angetroffen wurden, bestand Unsicherheit bezüglich der Eingliederung in den Schichtaufbau. Durch einen Fund in Kuhlen bei St. Margarethen in der Wilster Marsch, auf den mich Herr Prof. Dr. K. Rothmann, Kiel, aufmerksam machte, wurde diese Unsicherheit beseitigt. In Kuhlen stieß man beim Blausandgraben in etwa 1.50 m Oberfläche auf einen Depotfund von drei liegenden Flintdolchen (mündliche Mitteilung des Bauern Opits, Kuhlen). Nach den Fundumständen müssen die Dolche an Ort und Stelle niedergelegt worden sein. Stratigraphisch lag der Fund, wie aus den mündlichen Berichten hervorgeht, im Übergang von den liegenden Wattablagerungen zum über dem damaligen MThw abgelagerten älteren Marschboden. Dadurch ist mit einiger Sicherheit nachgewiesen, daß der Beginn der Bildung der älteren Marsch in den Zeitpunkt der Verfertigung der Steindolche, das ist etwa 1600 vor der Zeitwende, fällt. Das heutige nordfriesische Wattenmeer wird, wie die oben genannten Funde aus diesem Gebiet zeigen, wahrscheinlich zur gleichen Zeit zum mindesten vorübergehend von Menschen besucht worden sein. Die erste Lagerstätte der angeführten Geräte wird in der Nähe der Oberfläche des liegenden Alluviums, also unter der Torfschicht, zu suchen sein.

Siedlungsreste aus der römischen Kaiserzeit, wie sie im benachbarten Eiderstedt und neuerdings auch im Alluvium von Sylt gefunden wurden, fehlen bisher im Untersuchungsbereich. Die Ursache dafür wird die fehlende Ausbildung hochgelegener Marschflächen von größerer Ausdehnung und die erfolgte Vermoorung des Gebietes sein. In welchem Umfange besiedlungsfähige unvermoorte alte Marsch in der Umgebung vorhanden war, bedarf noch weiterer Untersuchungen.

Wie an Hand der Kulturspuren nachgewiesen wurde, begann eine dichte Besiedlung ausgedehnter Flächen des Gebietes frühestens in der zweiten Hälfte des 1. Jahrtausends nach der Zeitwende. Der Zeitpunkt der Besiedlung fällt zusammen mit dem erneuten Vordringen des Meeres und der Bildung ausgedehnter Kleiablagerungen über dem Torfhorizont. Es ist zu vermuten, daß eine Beziehung besteht zwischen der Bildung dieses jungen Marschlandes und der Einwanderung. Neben der Bewirtschaftung des Kleibodens wurden

auch, wie für Alt-Nordstrand und die Lundenbergharde nachgewiesen, weite Flächen des Moorlandes urbar gemacht.

Als im Südteil durch umfassende Bedeichungen der Einfluß des Meeres verringert wurde, entstanden im Gebiete zwei verschiedene Kulturlandschaften mit verschiedenartiger Wirtschaftsform: Eine Ackerbaulandschaft mit Kornbau und Viehwirtschaft im Raume von Alt-Nordstrand und eine Graslandschaft mit reiner Viehwirtschaft im Raume der nördlichen Halligen. Der Ackerbau im Gebiete der nördlichen Halligen, wie er für Habel mit einiger Sicherheit nachgewiesen werden konnte, wird stets nur vorübergehend Bedeutung gehabt haben.

Die Zerstörung von Alt-Nordstrand zwang den zurückbleibenden Teil der überlebenden Bewohner zur Umstellung auf die reine Viehwirtschaft in der Form der Halligwirtschaft. Dieser Zustand wurde auf Pellworm sehr schnell, auf Nordstrand etwas später durch Neubedeichung wieder überwunden. Im Gebiete des heutigen Nordstrandischmoor verwandelte sich nach der Zerstörung der Insel das siedlungsfeindliche Moor durch Ueberschlickung in Halligland, das der Viehzucht nutbar gemacht wurde. Das ist ein Vorgang, der sich in großen Teilen des Untersuchungsbereiches viele Jahrhunderte früher vollzog.

Die Zweiteilung der Kulturlandschaft in das Gebiet der bedeichten Inseln (Nordstrand und Pellworm) und das Gebiet der unbedeichten Halligen hat sich bis zur Gegenwart erhalten. Im Gegensatz zu den Verhältnissen im Mittelalter hat sich jedoch die Fläche, die das Kulturland einnimmt, ganz gewaltig zugunsten der Wattflächen verkleinert.

C. Zur Frage der Niveauveränderungen.

Es wurde schon mehrfach erwähnt, daß die auf großen Flächen des Untersuchungsgebietes angetroffene Bedeckung des liegenden Alluviums mit Torf darauf schließen läßt, daß zur Zeit der Bildung dieser Torflager der Einfluß des Meeres auf das Gebiet nur gering gewesen sein kann. Ein Vergleich mit den Forschungsergebnissen im übrigen Nordseeküstengebiet zeigt, daß zu der Zeit, als unser Untersuchungsgebiet mit Mooren bedeckt war, in Gegenden mit unvermoorter alter Marsch eine menschliche Besiedlung zu ebener Erde ohne Gefährdung durch Sturmfluten möglich war (vgl. Haarnagel, 18 und Schütte, 50). Diese Übereinstimmung der Ergebnisse im gesamten Gebiet der deutschen Nordseeküste bestätigt die von Schütte (51) seit langem vertretene Auffassung, daß eine allgemeine Hebung des Landes (Hebung III nach Schütte, II nach Dittmer) den Einfluß des Meeres verringerte.

Der darauf folgende, von uns eingehend untersuchte Vorgang: das Vordringen des Meeres, die dadurch verursachte Zerstörung der Moorvegetation, die nachfolgende Überschlickung der Torflager, wie auch die ständige Zu-

nahme der Mächtigkeit der Anwachsschichten und die Verringerung des Kulturlandes, ferner die Neubildung ausgedehnter Marschländer in der Nähe des Geestrandes sind aller Wahrscheinlichkeit nach auf eine Senkung des Landes (Senkung IV nach Schütte, III nach Dittmer) zurückzuführen, die das MThw langsam ansteigen ließ. Andere Vorgänge, wie zum Beispiel eine mögliche Änderung des Tidenhubs, können allein diese Wirkung nicht verursacht haben.

Für unsere Betrachtungen sowie für die Gesamtfrage der Küstensenkung ist die Beantwortung zweier die Senkung betreffenden Fragen wichtig:

- 1. Im nordfriesischen Raum ist die Landzerstörung besonders stark gewesen. Ist dieses Ausmaß der Zerstörung zurückzuführen auf eine besonders starke Senkung des Gebietes oder waren andere Umstände hierfür die Ursache?
- 2. Ist es berechtigt, den Senkungsbetrag in genauen Zahlen anzugeben, wie Schütte (51) und Busch (7) es versuchen?

Zur ersten Frage ist folgendes zu sagen: Die Oberfläche der unvermoorten alten Marsch liegt in Dithmarschen und Eiderstedt um NN ± 0.0 m (mündliche Mitteilung von Dr. DITTMER, Husum). In unserem Untersuchungsbereich wird diese Höhenlage von der Oberfläche des mit der alten Marsch annähernd gleichaltrigen liegenden Alluviums, soweit bisher mit Sicherheit ermittelt werden konnte, nur in einigen Teilen von Alt-Nordstrand erreicht. Überall dort, wo die Oberfläche tiefer liegt als NN ± 0,0 m, fand, wie aus Aufbau und Fossilgehalt der Ablagerungen geschlossen werden kann, eine normale Marschbildung durch Verlandung und Sturmflutsedimentation nicht statt. Es handelt sich vielmehr um Ablagerungen, die im flachen Watt gebildet wurden (vgl. die Ergebnisse der Diatomeenanalyse S. 62). Der Höhenunterschied zwischen der Oberfläche der alten Marsch und der Oberfläche des liegenden Alluviums ist höchstwahrscheinlich der schon zur Entstehungszeit der Sedimente vorhanden gewesene Höhenunterschied zwischen Marsch- und Wattoberfläche. Dieses Fehlen größerer Höhenunterschiede zwischen der alten Marsch Dithmarschens und Eiderstedts und der mit Moor bedeckten alten Oberfläche Nordfrieslands läßt den Schluß zu, daß zum mindesten während der letten Senkung ein örtlich gebundenes stärkeres Absinken des Untersuchungsgebietes nicht stattgefunden hat.

Die Tatsache, daß die mit Mooren bedeckte Landschaft auch zur Hebungszeit nicht vollkommen von Überflutungen verschont wurde (vgl. S. 43), ist ein weiterer Beweis für die tiefe Lage des Gebietes zu dieser Zeit. Als bei der erneut eintretenden Senkung das ausgedehnte moorbedeckte Sietland wieder in den Bereich der Sturmfluten geriet, ging die Umgestaltung der Landschaft schneller vonstatten als in den Gebieten mit großen Flächen hochgelegener alter Marsch. Die verhältnismäßig schnelle und gründliche Zerstörung des alten Landes im nordfriesischen Raum wird demnach bedingt sein durch die Höhenlage, Form und Beschaffenheit der alten Landoberfläche,

deren Eigenart die Auswirkungen der letzten Senkung im Gebiete stark steigerte.

Zur Frage nach den Senkungsbeträgen ist folgendes zu sagen: Im Verlauf des letten Vordringens fand eine beständige Verbreiterung und Ausdehnung des Gezeitenrinnensystems (Delff, 11), sowie eine Vergrößerung der Wattflächen statt. Es ist anzunehmen, daß damit eine erhebliche Vergrößerung des Tidenhubs und der Sturmfluthöhen eintrat, die besonders stark in den seefernen östlichen Teilen des Gebietes zur Auswirkung kamen. Der Betrag der Zunahme ist von der Lage des Gebietes zur offenen See abhängig, daher für jeden Ort verschieden und schwer zu ermitteln*). Ferner wird die Ablagerung bei Sturmfluten auf Halligland heute, wo sich kleine Halligflächen zwischen großen, vom Winde stark bewegten Wasserflächen finden, ungleich stärker sein als früher, wo ausgedehnte Halligflächen durch entsprechend kleinere Wasserflächen getrennt waren. Die Oberfläche der Halligen wird demnach heute höher über MThw emporragen als früher. Ein Vergleich von rezenter und fossiler Halligoberfläche zwecks Errechnung eines genauen Senkungsbetrages ist daher nicht möglich. Unbekannt ist ferner das Ausmaß der zwischen der Bildung der alten und heutigen Oberfläche aufgetretenen Sackungen der liegenden Ablagerungen, die ganz besonders stark im Torfhorizont aufgetreten sein werden. Diese Sackungen sind abhängig von der Beschaffenheit der einzelnen Sedimente des Untergrundes und ihr Betrag sehr schwer zu berechnen.

Aus diesen Ausführungen ergibt sich, daß man zur Errechnung des Senkungsbetrages eine Anzahl unbekannter Daten kennen muß. Die Ermittlung dieser Unbekannten ist in den allermeisten Fällen zur Zeit nicht möglich. Irgendeine, nicht durch Messung abgeleitete Zahl dafür einzusetzen, ist nicht berechtigt. Nur eines ist festzustellen: Bei sämtlichen Unbekannten, also dem Ansteigen des Tidenhubs und der Sturmfluten, hervorgerufen durch Veränderungen des Küstenverlaufs, der Verstärkung der Sedimentation auf Halligland und der Sackung des Untergrundes, handelt es sich um Wirkungen, welche das Ausmaß der Senkung scheinbar verstärken, indem sie den lotrechten Abstand zwischen alter und heutiger Landoberfläche vergrößern. Aus diesen Überlegungen heraus muß angenommen werden, daß das Senkungsmaß vielfach höher veranschlagt wird, als es in Wirklichkeit ist.

Abschließend kann gesagt werden, daß die Höhenveränderungen im Untersuchungsgebiete durchaus mit den an der südlich anschließenden Küstenstrecke festgestellten übereinstimmen. Bedingt durch die andersartige Oberflächengestalt und Höhenlage der alten Landoberfläche hat sich jedoch

^{*)} Anmerkung der Schriftleitung: Ueber die Auswirkung der Gestaltänderung der Land- und Wattformen auf die Gezeiten sind die Untersuchungen der Forschungsabteilung noch nicht abgeschlossen,

die Umgestaltung der Landschaft anders abgespielt als in den südlich anschließenden Gebieten. Für den Zeitraum der letzten 3000 Jahre konnte die Eigenart dieses Vorganges mit Hilfe des Schichtaufbaus, der Spuren menschlicher Kultur und geschichtlicher Überlieferung festgestellt werden. Wie weit dieses auch für die weiter zurückliegende Zeit gilt, werden die inzwischen aufgenommenen geologischen Untersuchungen zeigen.

Verzeichnis einiger Ausdrücke und Abkürzungen.

- $NN: Normal\ Null = Nullpunkt\ des\ Amsterdamer\ Pegels,\ gleichzeitig\ deutsches\ Kartennull.$
- MThw: Mittleres Tidehochwasser. Läuft im Untersuchungsgebiet örtlich verschieden hoch auf. Extreme Hallig Hooge + 1,05 m NN, Husum + 1,42 m NN.
- MTnw: Mittleres Tideniedrigwasser, gleichfalls örtlich verschieden: Hallig Oland 1,35 m NN, Husum 1,81 m NN.
- Mittlerer Tidenhub: Mittlerer Unterschied zwischen dem MThw und dem MTnw eines Ortes.
- Hallig: Uneingedeichtes oder nur mit Sommerdeichen umgebenes inselförmiges Marschland.
- Vorland oder Anwachs: Uneingedeichtes, einer Insel oder dem Festland vorgelagertes Marschland, meistens mit deutlich erkennbaren Sturmflutschichten.
- Sietland: Tief liegendes, schlecht entwässertes und häufig mehr oder minder stark vermoortes Marschland.
- Klei: Tonige Meeresablagerung mit wechselndem Sandgehalt, ohne oder mit geringen humosen Beimengungen.

Schriftenverzeichnis.

- ANDRESEN, L.: Kulturspuren im Watt bei der Hallig Langeneß-Nordmarsch. Föhrer Heimatbücher Nr. 22. Wyk/Föhr 1937.
- BANTELMANN, A.: Die jungsteinzeitlichen Funde im nordfriesischen Wattenmeer und ihre Bedeutung für die Küstensenkung. Nachrichtenblatt f. Deutsche Vorzeit. S. 15—17. Jahrgang 1938.
- 3. BOETIUS, M.: Denkwürdigkeiten von Sturmfluten, welche Nordstrand betroffen haben. 1. Buch im Jahrbuch d. Nordfries. Ver. f. Heimatkde u. Heimatliebe 18, S. 69—98. Husum 1931. 2. Buch im Jahrbuch 19, S. 74—104. Husum 1932.
- 4. BRAAT, W. C.: De archeologie van het Wieringermeer. Oudheidkundige Mededeelingen uits's Rijksmuseum van Oudheden te Leiden. Nieuwe Reeks XIII 1932.
- BRANDT, H.: Auf den Spuren untergegangener Warften um Hallig Hooge. Geologie der Meere und Binnengewässer, Bd. 3, H. 1, S. 29—50. 1939.
- 6. BUSCH, A.: Die Entdeckung der letten Spuren Rungholts. Jahrbuch des Nordfr. Ver. f. Hkde u. Hliebe 10, S. 1—32. Husum 1923.
- BUSCH, A.: Neue Beiträge zur Frage der Bodensenkung in Nordfriesland. Jahrbuch des Nordfr. Ver. 14, S. 69—101. Husum 1927.
- 8. BUSCH, A.: Milde und Mildeburg. Jahrbuch des Nordfr. Ver. 16, S. 50-76. Husum 1929.
- BUSCH, A.: Neue Gesichtspunkte zur Kartographie des mittelalterlichen Nordfriesland. Jahrbuch des Heimatbdes "Nordfriesld." 23, S. 11—72. Husum 1936.
- DANKWERTH, C.: Neuwe Landesbeschreibung der zwey Herzogthümer Schleswich und Holstein. 1652.
- 11. DELFF, CHR.: Nordfrieslands Werden und Vergehen. Nordelbingen Bd. 10, Teil 1/2.
- DITTMER, E.: Schichtenaufbau und Entwicklungsgeschichte des dithmarscher Alluviums. Westküste Jahrg. 1938, H. 2, S. 105—150. Heide 1938.
- ERNST, O.: Zur Geschichte der Moore, Marschen und Wälder Nordwest-Deutschlands IV: Untersuchungen in Nordfriesland.
- 14. ERNST, O.: Geologie des Salztorfes. Föhrer Heimatbücher 18. Hamburg 1934.
- FORCHHAMMER: Geognostische Studien am Meeresufer. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geognosie, Geologie, Petrefakten Kunde. Stuttgart 1841.
- 16. GEERKENS, A.: Zur Frage der Entstehung, Erschließung und Besiedlung des alten Landes Eiderstedt, in Beziehung der Urgesch. der Marschen überhaupt. Jahrb. d. Nordfr. Ver. 12, S. 47—75. Husum 1925.
- 17. VAN GIFFEN, A. E.: Die Ergebnisse der Warftengrabung. Bericht über die Jahrhundertfeier des Archäol. Instituts, S. 322-338.
- HAARNAGEL, W.: Die frühgeschichtlichen Siedlungen in der schleswig-holsteinischen Elb- und Störmarsch, insbesondere die Siedlung Hodorf. Offa Bd. 2, S. 31—78. Neumünster 1937.
- 19. HÄBERLIN, C.: Die Nordfriesischen Salzsieder. Föhrer Heimatbücher 18. Hamburg 1934.
- 20. HANSEN, R.: Beiträge zur Geschichte und Geographie Nordfrieslands im Mittelalter. Zeitschr. d. Ver. f. Schl.H. Gesch. Bd. 21. Kiel 1891.
- 21. HANSEN, R.: Nordstrand, von Peter Sax. Jahrb. d. Nordfr. Ver. 6. Husum 1911.
- 22. HAUPT, R.: Die Bau- und Kunstdenkmäler der Provinz Schleswig-Holstein, 5. Band. Heide 1924.
- 23. HECK, H. L.: Die nordfriesische neuzeitliche Küstensenkung als Folge diluvialer Tektonik. Jahrb. d. Preuß. Geol. Landesanstalt. Bd. 57. 1926.

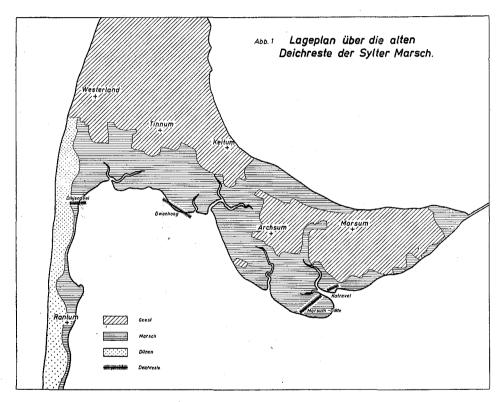
- 24. HECK, H. L.: Helgoland, Gebirge unter der Marsch und sinkende Küsten. Forschg. u. Fortschr. 1936.
- HECK, H. L.: Tektonische Senkungen Nordfrieslands und dennoch Landgewinnung? Zeitschr. d. d. geol. Ges. Berlin 1936.
- 26. HEIMREICH, A. W.: Nordfresische Chronik. 1. u. 2. Bd. Tondern 1819.
- 27. HINRICHS, E.: Über ehemalige Flußläufe im Gebiet der Untereider. Nordelbingen 2. Bd., S. 77—95. Flensburg 1923.
- 28. DE JONG, D. L.: Van Mooren en Zoutnering. Techniek en Practijk. Artikelreihe: Historische Techniek VI. Harlem. S. 331-343. o. J.
- 29. KOOP, J. R.: Küstenveränderungen an der Festlandküste vor Husum in geschichtlicher Zeit. Ztschr. d. Ges. f. S.H. Gesch. Bd. 53, S. 201—293. Kiel 1923.
- 30. KREY: Das Wattengebiet, die Marschen und Halligen an der schl.-h. Nordseeküste. Zentralblatt der Bauverwaltung 38. Jahrg. S. 438; 457; 473. Berlin 1918.
- 32. LENSCH, M.: Die Salzgewinnung in Nordfriesland. Mitt. d. Nordfries. Vereins Jahrgang 1908/09.
- 33. LORENZEN, L.: Genaue Beschreibung der wunderbaren Insel Nordmarsch. Camerers Nachrichten Bd. II. Flensburg und Leipzig 1762.
- 34. LORENZEN, J. M.: Die Geschichte der Insel Alt-Nordstrand, Nordstrand und Pellworm, insbesondere die Entwicklung der Querschnitte ihrer Deiche bis zur Jetzteit. Zentralblatt der Bauverwaltung. 58. Jahrg. Heft 28. Berlin 1938.
- 35. MEYN, L.: Geognostische Beschreibung der Insel Sylt und ihrer Umgebung. 1876.
- 36. MÜLLER, FR.: Das Wasserwesen an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste. Erster Teil: Die Halligen Bd. I und II. Berlin 1917.
- 37. MÜLLER, FR.: Das Wasserwesen an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste. Zweiter Teil: Die Inseln. 2. Folge: Alt-Nordstrand. 3. Folge: Nordstrand. 4. Folge: Pellworm.
- 38. PAULS, V.: Zur Rungholtforschung. Zeitschr. d. Ges. f. schl.holst. Gesch. Bd. 60, S. 265 bis 284. Neumünster 1931.
- 39. PETERS, L. C.: Wie groß war Nordfriesland vor 1000 Jahren? Husumer Nachrichten, Nr. 298. 1926.
- 40. PETERS, L. C.: Neues vom schwindenden Rungholt. Husumer Nachr. 17. VI. 1931.
- 41. PETERS, L. C.: Zur Frage der Landsenkung. Husumer Nachr. 2. XI. 1931.
- 42. PETERS, L. C.: Zwischen West- und Nordgermanien. Husum 1932.
- 43. PETREUS, J.: Schriften über Nordstrand. Herausgegeben von R. Hansen. Quellensammlung der Ges. f. schl.-holst. Gesch. Bd. V. Kiel 1901.
- 44. SACH, A.: Das Herzogtum Schleswig in seiner ethnographischen und nationalen Entwicklung. Drei Abteilungen. Halle 1896; 1899; 1907.
- 45. SAXO GRAMMATICUS: Saxonis Grammatici Historia Danica. Havniae 1839 und 1858.
- 46. SCHROLLER, H.: Die Bedeutung der Wurten für Wissenschaft, Wirtschaft und Weltanschauung. Die Kunde Bd. 5 Nr. 5 S. 65—70. Hannover 1937.
- 47. SCHUTTE, H.: Die Entstehung der Seemarschen. Mitt. d. deutschen landw. Gesellsch. Jahrg. 1911.
- 48. SCHUTTE, H.: Tagebuchblätter der nordfries. Marsch. Jahrb. des nordfr. Ver. 14 S. 172—180. Husum 1927.
- 49. SCHUTTE, H.: Die Wurten als Urkunden der Küstengeschichte. Natur u. Museum H. 6 S. 181—237. Frankfurt/M. 1933.
- 50. SCHUTTE, H.: Die Schwankungen der südlichen Nordseescholle. Die Kunde Jahrg. 5 Nr. 5 S. 70-77. Hannover 1937.
- 51. SCHÜTTE, H.: Nordfrieslands geologischer Werdegang. Jahrb. d. nordfr. Ver. 16. Husum 1929.

- 52. SCHÜTTE, H.: Krustenbewegungen an der deutschen Nordseeküste. Aus der Heimat. Stuttgart 1927.
- SCHWARZ, A.: Schlickfall und Gezeitenschichtung. Senkenbergiana Bd. II H. 3. Frankfurt a. M. 1929.
- 54. SCHWARZ, A.: Meerische Gesteinsbildung I. Senkenbergiana Bd. XV H. 1 u. 2. Frankfurt a. M. 1933.
- 55. SIMON, W. G.: Beitrag zur Erdgeschichte Nordfrieslands auf Grund der Tiefbohrungen im Watt 1937. Unveröffentl. Bericht bei der Forschungs-Abt. Husum.
- 56. TRUSHEIM, F.: Zur Bildungsgeschwindigkeit geschichteter Sedimente im Wattenmeer. Senkenbergiana Bd. II H. 5 u. 6. Frankfurt a. M. 1929.
- 57. WEGNER, TH.: Vorläufige Mitteilungen über Studien im nordfriesischen Wattgebiet. Centralbl. f. Mineralogie Abt. B. Nr. 5. S. 193—201. 1931.
- 58. WEGNER, TH.: Zur Frage der Senkung nordfriesischen Landes. Husumer Nachrichten 30. XI. 1931.
- WEGNER, TH.: Grundsätzliches zur Geologie. Senkenbergiana Bd XV S. 56—69. Frankfurt a. M. 1933.
- 60. WILDVANG, D.: Die Pollenanalyse im Dienste der Marschenforschung. Die Kunde Jahrg. 5 H. 5 S. 80—90. Hannover 1937.
- 61. WOHLENBERG, E.: Die Grüne Insel in der Eidermündung. Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte. Bd. 50 H. 2. Hamburg 1931.
- 62. WOHLENBERG, E.: Ruinen im Wattenmeer. Natur und Museum Bd. 62 H. 1 S. 25 bis 30. Frankfurt a. M. 1932.
- 63. WOLFF, W.: Ergebnisse einer Bereisung der deutschen Nordseeküste zur Prüfung der Senkungsfrage. Ztschr. f. prakt. Geologie. 31. Jahrg. H. 11 u. 12. S. 113—118. Halle 1923. Ferner wurden eingesehen:
- 1. Deutsche Seekarte, Nordfriesische Inseln.
- 2. Wattvermessungen (nach Höhe und Lage) der Forschungsabteilung des Preuß. Marschenbauamtes Husum.
- 3. Bohrregister der Bohrsammelstelle bei der Forschungsabteilung Husum.

Alte Deichquerschnitte auf Sylt, ein Beitrag zu den Fragen der Anfangsentwicklung des Deichbaues.

Von Andreas Busch.

Bei dem Deichbau des Nössekooges auf Sylt wurden 1937 bei der Erdentnahme und beim Kleien von Sielzügen und Gräben mehrfach alte Deichreste angeschnitten. Diese Aufschlüsse wurden zuerst von Professor Gripp beobachtet. Daraufhin hat die Forschungsgruppe Sylt des Marschenbauamts



Husum eine Reihe durch die Bauarbeiten aufgeschlossener Deichquerschnitte freigegraben. Da ich mehrfach Spuren und Reste ehemaliger Deiche in den Watten untersucht habe, erhielt ich vom Oberpräsidenten den Auftrag, diese Deichaufschlüsse gründlich zu untersuchen und die Ergebnisse in bezug auf die Fragen früherer Deichbauverfahren auszuwerten.

Bei den Deichquerschnitten handelt es sich um einen Deich¹), der bis spätestens zum Jahre 1634 die ganze südliche Marsch, etwa im Umfange des nunmehr 1936/37 fertiggestellten Nössekooges vor Sommerüberflutungen ge-

¹) Nach Angaben von C. P. HANSEN. Abdruck in MÜLLER-FISCHER: "Das Wasserwesen", Bd. Sylt, S. 256. 1938.

schützt hat (Abb. 1). Er hieß Meddemärskdik, Mittelmarsch- oder auch Eidumdeich und war, soweit bekannt, der zweitälteste Deich des südlichen Sylter Marschgebietes. Der älteste Deich war der Stinumdeich, von dem noch ein Rest südlich des heutigen Rantum, auf dem das südlichste Haus des Ortes steht, vorhanden ist. Dieser Deich hat ein weit größeres Marschgebiet mit den, allerdings umstrittenen Orten Stedum und Stinum umschlossen.

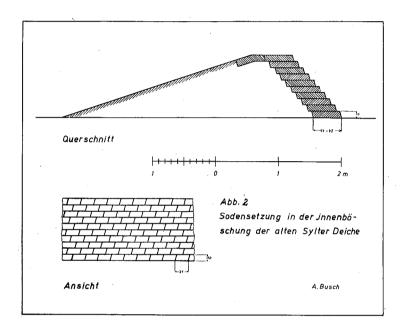
An einer früher viel größeren Ausdehnung des südlichen Sylter Marschgebietes ist nicht zu zweifeln. Namentlich durch die Forschungen FRIEDRICH MÜLLER'S wurden im Kieler Staatsarchiv (A. XX, 994) größtenteils holländisch abgefaßte Akten entdeckt, die über eine im dritten Jahrzehnt des 17. Jahrhunderts geplante dritte Bedeichung eines recht großen Gebietes auf Sylt berichten. Es handelt sich darin um einen großzügigen Plan, nämlich um einen Vertrag zwischen dem Herzog Friedrich III. von Gottorp und dem Holländer Wilhelm von Hove, durch 2000 Ruten Deich ungefähr 3500 Demat Land in Deichschutz zu bringen. Aus den Akten geht weiter hervor, daß der Generaldeichgraf Claus Janßen Rollwagen eine Karte von dem Projekt ausgearbeitet hat, die aber leider verloren gegangen ist. Den Deich hat man wahrscheinlich innerhalb der Linie des erwähnten einstigen Stinumdeiches, und zwar recht weit außerhalb des Eidumdeiches zu bauen geplant. Zur Ausführung dieses Projektes ist es jedoch nicht gekommen, da die große Flut von 1634, um welche Zeit gerade mit dem Bauen begonnen werden sollte, jede Unternehmungslust zum Erlahmen brachte.

Der Eidumdeich, um den es sich in diesem Aufsatz insbesondere handelt, ist also nach Aufgabe des Stinumdeiches, wahrscheinlich nach 1362 — jedenfalls aber lange vor 1634, wo er endgültig aufgegeben werden mußte — gebaut. Irgendwelche geschichtlichen Anhaltspunkte über die Bauzeit, die man um 1500 annehmen könnte, fehlen.

Von diesem Eidumdeich waren zur Zeit der Eindeichung des Nössekooges (1936) nur noch restliche Deichstrecken von verschiedener Länge vorhanden, und zwar beim Osterwall südlich von Morsum, ferner eine gradlinige Strecke bei Morsum-Odde, zu beiden Seiten des Kattrevel Wehls und des Owenhoogs südlich von Keitum, sowie bei Dikjendeel südlich der Vogelkoje (Abb. 1). Durch die Deich- und Wegebauarbeiten wurden 1936/38 einige dieser alten Deichreste angeschnitten und außerdem weitere Deichschnitte planmäßig freigegraben, so daß zusammen mit Professor Gripp im Mai 1938 zehn Schnitte untersucht werden konnten.

Durch die Forschungsgruppe Sylt sind einige Deichquerschnitte eingemessen worden. Bei Morsum-Odde ruhte ein 90 bis 100 cm hoher Deich aus schwerem Klei auf weißer Sandschicht. Die Sohlenbreite des Deiches betrug 6,50 m. Infolge der hohen Lage des alten Bodens, auf dem der Deich gebaut worden ist, liegt die Deichhöhe auf + 2,60 m NN beziehungsweise auf + 2,80 m NN.

Während beim Osterwall südlich Morsum der Schnitt ähnlich wie bei Morsum-Odde war, ließ dieser sonst keinerlei Struktur erkennen. Dagegen zeigten sich bei allen übrigen Aufschlüssen, bei Morsum-Odde, ferner zu beiden Seiten des Kattrevel Wehls, des Owenhoogs und bei Dikjendeel in der Böschung an der Binnenseite der Deichreste längliche, waagerecht bis



zu neun und zwölf Schichten übereinander gelegte Grassoden (Abb. 2). Eine genaue Untersuchung der Sodensetzung bei Dikjendeel ergab, daß die Soden 44 bis 47 cm lang, 19, 19,5 und 20,5 cm breit und 10 cm und stärker waren. Diese rechteckigen Soden bilden die Innendeichböschung und liegen alle ihrer Länge nach quer zur Deichlinie. Diese bisher unbekannte Deichbauweise mutet zuerst etwas rätselhaft an. Doch waren weitere Beobachtungen im Tinnumer Gebiet für die Klarstellung von Wichtigkeit. Beim Wegebau südlich von Tinnum war der Flugsandwall angeschnitten worden. Dabei war ein Deich zum Vorschein gekommen (Abb. 3). Seine auffallend steilen Böschungen waren durch die oben beschriebenen Soden aufgesetzt. Hier schienen allerdings keine langen Soden verwendet worden zu sein. Bemerkenswert ist nebenbei, daß dieser Deich völlig unter dem Flugsandwall verschüttet lag. Wann und zu welchem Zweck dieser kleine, steilgeböschte Deich gebaut ist, habe ich noch nicht ermitteln können.

Daß auch 1819/1825 noch derartige Sodensetzung verwendet worden ist, konnte in der neuesten Durchbruchstelle des Deiches zwischen Tinnum und Westerland beobachtet werden. In der Durchbruchsöffnung, die inzwischen

wieder geschlossen wurde, war die Sodenlage in dem nach Müller-Fischer (1938, Seite 268) um 1825 errichteten Deich gut erkennbar.

Schließlich kann noch ein Gegenwartsbeispiel dieser Art Sodensetzung angeführt werden. Westlich der eben erörterten Durchbruchsstelle im Deich von 1825 verläuft in südlicher Richtung ein Weg und daneben ein Deich mit sehr steilen Böschungen. Diese Böschung war durch eine neuere Sturmflut beschädigt, und die ausgeräumte Stelle, wie aus Abbildung 4 hervorgeht,

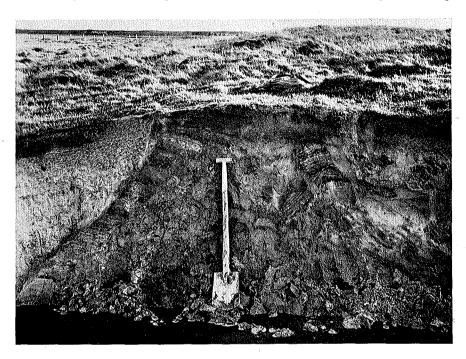


Abb. 5. Sodensetzungen in den Böschungen eines bei Tinnum unterm Flugsand verschütteten kleinen Deiches Aufn. A. Busch, 20. X. 1938

durch eine Sodenpackung wieder gedichtet worden; nur mit dem Unterschied, daß die hierfür verwendeten Soden besonders schräg geschnitten waren und quadratische Grundfläche hatten.

Es ergibt sich nun die Frage, ob man, als diese Deiche auf Sylt gebaut wurden, nach damaligen Verhältnissen auch wirklich zweckmäßig gebaut hat. In Ermangelung von Schiebkarren, die es damals noch nicht gab, wurden diese kleinen Deiche mit dem Spaten aufgeworfen. Die steile, mit Soden belegte Außendeichseite hielt bei Sturmfluten immer noch besser stand als eine auch mit Soden belegte Innendeichböschung beim Ueberlaufen des Wassers. Wenn aber längliche Soden in oben beschriebener Weise gelegt wurden, so lag jede Sode im gewissen Sinne im Deich verankert. Der Vorteil war dann der, daß die Innendeichböschung unbedenklicher steil sein konnte, wodurch

im Vergleich zu einer abgeflachten Innenböschung nicht so viel Erde und Arbeit erforderlich war.

Da der Deichquerschnitt bei Dikjendeel eine viel verwickeltere Struktur aufwies, wurde dieser noch besonders sorgfältig freigegraben, photographiert und von der Forschungsgruppe Sylt eingemessen. Das Ergebnis zeigen das Lichtbild 5 und die Zeichnung Abbildung 6 A. Nach gemeinsamer Besichtigung am 20./21. Oktober 1938 mit Professor Gripp und Dr. Bantelmann



Abb. 4. Eine nach der Sturmflut 1936 mit quadratischen, schräg geschnittenen Soden ausgebesserte steile Deichböschung. Aufn. A. Busch, 20. X. 1938

und nach eingehendem Meinungsaustausch sind die Untersuchungsergebnisse in der nebenstehenden Zeichnung (Abb. 6, A—C) dargestellt worden.

Zunächst ist an dieser Stelle ein kleiner Deich mit einer Sohlenbreite von 3,75 m gebaut worden (Abb. 6 B). Die Erde ist meist an der Binnendeichseite, teilweise aber auch von der Außendeichseite entnommen. Der Deich wird nur etwa 90 cm über Landoberfläche hoch gewesen sein (+ 2,30 m NN). Der Boden für den Deich ist also von beiden Seiten mit dem Spaten zu einem Wall zusammengeworfen und mit Soden flach belegt worden, wie man es noch heute macht. Wie der Grabungsschnitt weiter erkennen läßt (Abb. 6 A), ist dieser kleine Deich dann durch eine Sturmflut zerstört worden. Das Profil des zerstörten Deiches zeigt Abb. 6 C. Danach wurde dieser Deich zum zweiten Male errichtet, und zwar höher und stärker. Die Entnahmestellen

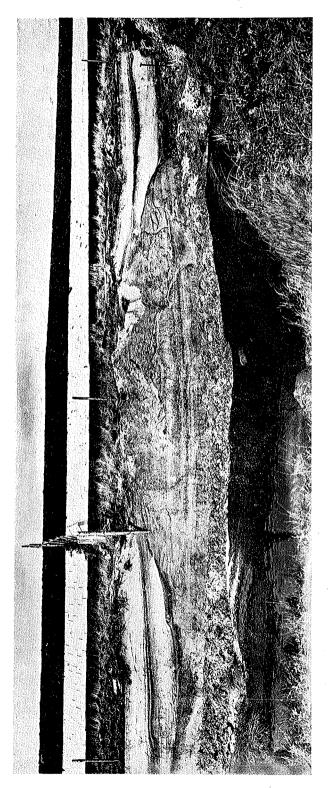


Abb. 5. Aufgegrabenes Deichprofil bei Dikjendeel (Alter Eidum-Deich). Man vergleiche Abbildung 6 A. Ueber dem Querschnitt ist der neue Deich vom Rantum-Berken mit der Plattendossierung (heller Streifen) erkennbar.

(Abb. 6 A und C, ,,eingeschwemmter Boden, links und rechts) geben die Bodenmenge an, die für den Deich verwendet wurde. Die Zeichnung, Abb. 6 C, stellt einen Wiederherstellungsversuch der ehemaligen Verhältnisse dar; die Schnittflächengröße der Bodenentnahmestellen entsprechen dem Querschnitt des Deichkörpers, wobei unter Berücksichtigung der erkennbaren Böschungswinkel sich dann auch die ungefähre Deichhöhe zu + 3,20 m NNangeben läßt.

Weiter ließ der Aufschluß deutlich erkennen, daß nicht allein in der Binnendeichsböschung rechteckige Soden, deren Maße angegeben sind, ihrer Länge nach in den Deich hineingebaut waren, sondern auch in der Außendeichsböschung waren unten in gleicher Weise Soden gesetzt (Abb. 5, 6 A u. C).

An der Binnendeichsböschung ist sogar eine verstärkte Sodensetung¹) erforderlich gewesen, weil der Böschungsansatz gerade dort lag, wo von der ersten Deichanlage her die nach der Erdentnahme verbliebene Vertiefung (Deichpütte)²) vorhanden gewesen ist,

Die Deichpütten haben nicht immer schräge Böschungen, sondern vielfach oder meistens steile, fast senkrechte Wände gehabt. Später sind diese Wände eingestürzt, so daß das auf Abbildung 6 A erkennbare Profil entstehen mußte.

Das auf Abbildung 6 C angedeutete Profil des heutigen Nössekoog-Deiches (1936/37) soll die Größen- und Höhenverhältnisse der drei verschiedenen Deiche zueinander veranschaulichen. Wenn auch die beiden alten Sylter Deiche wahrscheinlich nicht die Aufgabe gehabt haben, das von ihnen eingeschlossene Marschgebiet gegen die winterlichen Sturmfluten zu schützen, so vermittelt der Vergleich der drei Profile immerhin den Nachweis der deichbautechnischen Entwicklung bis zur Gegenwart.

Nicht nur auf Sylt geben die Untersuchungen einen Einblick in die Entwicklung der Deichbautechnik, sondern ich habe bereits eine Reihe ähnlicher Untersuchungen in anderen Gebieten, so in Eiderstedt, im jettigen Nordstrander Gebiet und besonders im Rungholt-Watt durchgeführt. Da immer neue Beobachtungen gemacht werden und neue Fragen auftauchen, können die vorliegenden Untersuchungen über die Entwicklung der Deichbautechnik nur als Anfang gewertet werden. Es wird sich später Gelegenheit ergeben, an dieser Stelle über weitere Beobachtungen zu berichten.

fasser in "Nordelbingen", Bd. 9, 1933/34, Teil 4. S. 393 ff. beschrieben:

JENSEN. W.: Der alte Moordeich bei Büttel—St. Margarethen in der Wilstermarsch.

SAEFTEL, Fr.: Schnitte durch den Schlafdeich in Büttel bei St. Margarethen.

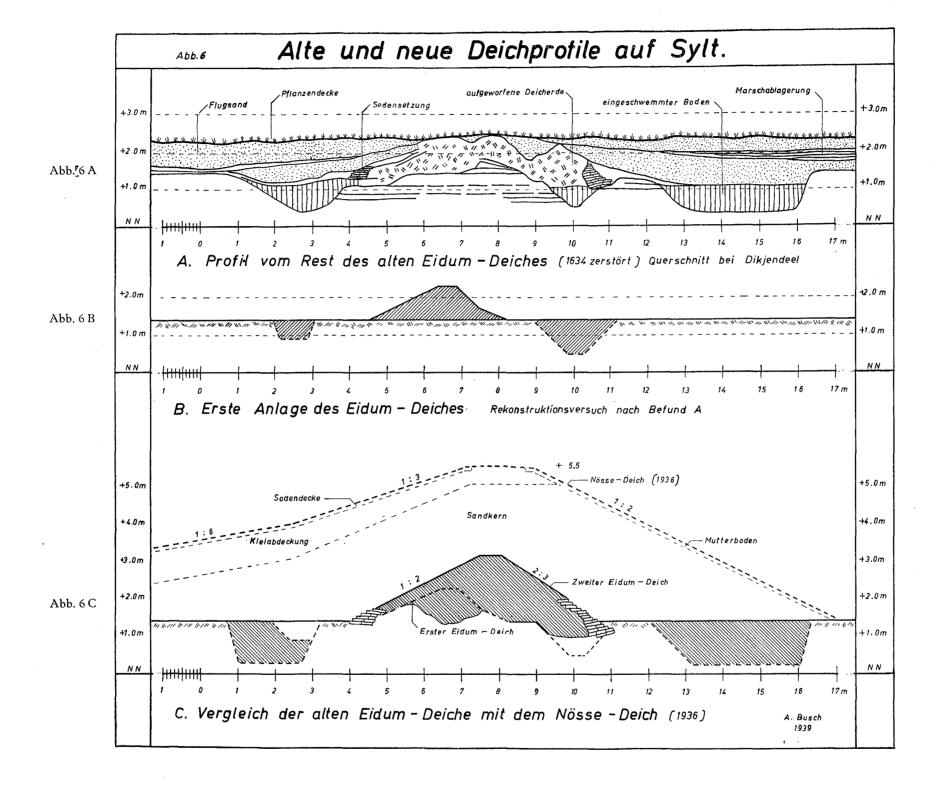
WETZEL, W.: Geologische Untersuchung der Materialien, die bei den Aufgrabungen

des Bütteler Schlafdeiches gefordert worden sind.

Die betreffenden Arbeiten sind in Schleswig-Holstein wohl die ersten, wissenschaftlichen Zwecken dienenden Untersuchungen von alten Deichschnitten. Jedoch hat sich dabei nur wenig von der ursprünglichen planmäßigen Deichbaumethode feststellen lassen.

2) Ueber Deichpütten schreibt ausführlich JACOBY, G., in seinem Aufsatze: Zur Berechnung der schleswig-holsteinischen Deiche um 1400 nach Arbeitsleistung. — Zeitschrift für Bauwesen, Heft 6, 1928.

i) Einen Deichquerschnitt, bei dem mehrfache Instandsetzungsarbeiten mit Verwendung von großen Mengen Soden nachgewiesen wurden, haben nachstehende Ver-



Zur Verbreitung altinterglazialer Meeresablagerungen in Nordfriesland.

Von Ernst Dittmer.

Die vielseitigen Fragen, die der geologischen Forschung an der Westküste im Rahmen der praktischen Arbeit der Landgewinnung und Landerhaltung gestellt werden, haben es notwendig gemacht, neben den jungen alluvialen Schichten auch das erdgeschichtliche Geschehen im Diluvium zu berücksichtigen. Die bisherigen Untersuchungen haben einen mehrfachen Wechsel von Land und Meer ergeben; Süß-, Brackwasser- und Meeresablagerungen wechseln miteinander ab. Zu drei verschiedenen Zeiten hat die Nordsee im Quartär vom Gebiet der heutigen Westküste Besitz ergriffen. Jedesmal hat sie unter verschiedenen klimatischen, geographischen und hydrographischen Bedingungen Schichten entstehen lassen. Gerade die Verschiedenheit der Absätze trägt dazu bei, unsere Kenntnis von der Arbeit des Meeres, die wir heute leider nur für begrenzte Zeiträume unmittelbar beobachten können, zu erweitern. Aus diesem Neben- und Uebereinander von Süßwasser-, Brackwasser- und Meeresablagerungen hat sich die Frage der Küstensenkung entwickelt. Sie kann jedoch nicht mehr allein durch die Erforschung der obersten Schichten beantwortet werden. Gilt es, die tieferen Ursachen zu ergründen und nach Gesetzmäßigkeiten zu forschen, so ist die Kenntnis des tieferen Untergrundes und der Entwicklungsgeschichte über längere Zeiträume notwendig. Ebenso ist es nicht gleichgültig zu wissen, ob örtliche Tektonik bestimmten Gebieten zur Gefahr werden kann (HECK 1936). oder ob rein physikalische Aenderungen der Oberfläche der Anlaß für scheinbar gestörte Lagerungsverhältnisse gewesen sind. Eindeutige Beweise sind nur auf Grund umfassender Untersuchungen der gesamten quartären Ablagerungen zu führen.

Einen Beitrag zu diesen Fragen liefern die folgenden Ausführungen, die das Ergebnis eingehender Bearbeitung von Bohrproben sind, die teils mit Mitteln der Forschungsabteilung Husum unter ständiger wissenschaftlicher Aufsicht gewonnen, teils in der bei der Forschungsabteilung für das Westküstengebiet neu errichteten Bohrsammelstelle von zuverlässigen Bohrmeistern angeliefert wurden.

Entgegen der bisherigen Ansicht (Heck 1936), das Interglazial I (Elster-Saale-Interglazial) sei in Nordfriesland nur terrestrisch ausgebildet, konnten in den letzten Jahren marine Ablagerungen dieses Alters verbreitet festgestellt werden.

Bereits 1928 erkannten K. Gripp und W. Wolff (nach Becksmann, 1931) im Bahneinschnitt bei Morsum/Sylt Tone, denen sie ein altinterglaziales Alter zusprachen. Weiter wurden anläßlich der Bedeichung der Nösse-Marsch auf Sylt in den Jahren 1936/37 in zahlreichen Bohrungen fossilführende

Schichten des Marinen Diluviums angetroffen, das dort pliozänen Kaolinsand überlagert (Gripp u. Becker, 1939). Eine von der Forschungsabteilung Husum zwischen Archsum und Morsum ausgeführte Bohrung hat bei 50 m Tiefe die marinen Schichten noch nicht durchteuft. Schließlich wurden östlich Morsum in einer Bodenentnahmegrube gleichaltrige, tonige Schichten in vom Eise stark gestörter Lagerung beobachtet.

Ein weiteres Vorkommen von altzwischeneiszeitlichen Meeresablagerungen hat K. Gripp¹) am Goting-Kliff auf der Insel Föhr gesehen, ebenfalls in gestauchter Lagerung.

Nun sind in allerjüngster Zeit in einer Anzahl von Bohrungen in der Umgebung von Husum, südlich der Insel Pellworm und bei Bongsiel Schichten bekannt geworden, deren genaue Untersuchung die Vermutung bestätigte, daß es sich um Ablagerungen des ersten Interglazialmeeres handele. Der weiteren Erörterung möge eine Beschreibung der Vorkommen vorausgehen.

Zwei Brunnenbohrungen in Rosendahl bei Husum haben unter Geschiebemergel und Sanden saaleeiszeitlichen Alters in 12—50 m Tiefe Feinsande erschlossen und nicht durchsunken. Die mikroskopische Untersuchung ergab neben feinstem Schalenbruch unbestimmbarer Mollusken viele unversehrte Foraminiferen einer Artenzusammensetzung, wie sie seit langem aus dem Marinen Diluvium bekannt ist (Gottsche 1898), außerdem Seeigelstacheln und Schwammnadeln. Diatomeen wurden, wie häufig in Interglazialablagerungen, nicht beobachtet.

Zwei Bohrungen am Husumer Hafen in der Nähe der Seeschleuse haben ganz ähnliche Schichten angeschnitten. Ueber gleichartigen Sanden liegen dort jedoch noch geringmächtige, tonige Absätze, die besonders reich an Mikrofauna, Pflanzenresten und Kiefern-Pollen sind. Das Hangende besteht teils aus Kiesen der Saale-Vereisung, teils aus Geschiebemergel, der mit roten Tonbrocken permischen beziehungsweise devonischen Alters durchsetzt ist.

Sande vom Rosendahler Typus wurden in einer Bohrung bei Platenhörn südlich Husum angetroffen. Auch hier wurde die gleiche Mikrofauna beobachtet. Die Oberfläche liegt allerdings bedeutend tiefer. Eemzeitliche Sande, jungdiluviale Schmelzwasserabsäte und alluviale Bildungen schließen das Profil nach oben hin ab.

Diese und eine Bohrung bei Bongsiel, die kürzlich für Baugrunduntersuchungen vom Marschenbauamt Husum ausgeführt wurde, sind besonders bemerkenswert, weil in ihnen zum ersten Male an der deutschen Nordseeküste drei verschieden alte marine Ablagerungen des Quartärs übereinander angetroffen worden sind. Nachstehend das Bohrergebnis:

¹⁾ Nach freundlicher Mitteilung.

Bohrung 202/A 35, etwa 500 m nnw. von der Schleuse Bongsiel.

Ansatzpunkt: 1,30 m NN. Gebohrt von: Johs. Brodersen, Bredstedt.

5,50— 6,30	Tonig-sandige Meeresablagerungen Schilftorf (Brackwasserbildung) Darg und Gyttja	Alluvium
8,70—15,00	Fluvioglazigene Sande	Weichsel-Eiszeit
20,40—23,20	Tonige Feinsande mit Schalenbruch Halbfetter Ton mit Turritella Feine bis grobe Sande mit reicher Fauna.	Eem = Marines Saale- Weichsel-Interglazial
25,50—28,50	Fluvioglazigene Sande und Kiese	Saale-Eiszeit
28,50—30,00	Feinsand mit Schalenbruch und Mikrofauna	Marines Diluvium = Elster-Saale-Interglazial

Die von 28,50—30,00 m erbohrten Feinsande gleichen in der Kornzusammensetzung, Farbe und Mikrofauna völlig denen von Rosendahl und Husum. Die Schichten scheinen also weit verbreitet vorzukommen und gegenüber den Tonen Süderdithmarschens und Sylts ein eigenes Faziesgebiet darzustellen. Wegen der ähnlichen Lagerungsbedingungen sollen sie unter der Bezeichnung Husumer Sand den altinterglazialen Absätzen von Hamburg, Dithmarschen und Sylt stratigraphisch gleichgestellt werden.

Eine Bohrung der Forschungsabteilung im Watt südlich der Insel Pellworm traf in 25—30 m Tiefe unter altglazialen Schmelzwassersanden und Geschiebemergel tonige und tonig-sandige Schichten an, die nach der mikroskopischen Untersuchung und den Lagerungsverhältnissen gleichfalls dem marinen Interglazial I zugeschrieben werden müssen.

Der Husumer Sand war bereits früher aus zahlreichen Bohrungen in der Gegend von Rosendahl bekannt (Wasserwerk der Stadt Husum) und von Heck (1932) als Schmelzwassersand der Hauptvereisung beschrieben worden. Daß es sich aber nicht um Schmelzwasserabsätze, sondern um Meeresablagerungen handelt, möge im folgenden begründet werden:

- 1. Die in allen Vorkommen gefundenen Foraminiferen sind trots ihres zarten Baues (*Globigerina*, *Bulimina*, *Bolivina* u. a.!) völlig unversehrt erhalten. Auf 1000 g Boden kommen mehrere Tausend Stück.
- 2. Die außergewöhnlich große Mächtigkeit (mit 38 m bisher nicht durchsunken) bei gleichbleibender Korngröße, das Fehlen von jeglichen gröberen Bestandteilen, die sonst auch in feinkörnigen glazigenen Ablagerungen immer vorhanden sind, spricht gegen eine fluvioglazigene Entstehung.

- 3. Das Fehlen von Makrofossilien besagt nichts gegen marine Entstehung. Alluviale Sande und solche des Eem-Meeres sind häufig ebenfalls frei von Mollusken-Schalen.
- 4. Die Schichten treten in einer Tiefe auf, in der in anderen Gegenden Marines Diluvium sicher festgestellt ist. Würde es sich also beim Husumer Sand um umgelagertes Marines Diluvium handeln, so setzte dies voraus, daß zunächst einmal das gesamte Marine Diluvium in der Husumer und Bongsieler Gegend ausgeräumt und darauf das ausgeräumte Becken mit umgelagertem Material desselben Ursprungs wieder ausgefüllt wurde. Es müßte sich dann um Vorschüttsande der Saalevereisung handeln, da die eigentlichen Eisabsätze und die Schmelzwassersande des zurückweichenden Eises über dem Husumer Sand liegen. Zudem sehen die als sicher saale-eiszeitlich erkannten Sande ganz anders aus und sind mit dem Husumer Sand nicht zu vergleichen.

Leider ist bisher in keinem Falle außer dem flachliegenden Sylter Vorkommen das Liegende des Marinen Diluviums in Nordfriesland erbohrt worden. Es darf somit mit ganz erheblichen Mächtigkeiten gerechnet werden. Einen gewissen Anhalt bietet eine 145 m tiefe Bohrung der Stadt Tönning bei Büttel nördlich Friedrichstadt, die in etwa 92 m Tiefe tonig-muddige Süßwasserschichten mit Vivipara sp. und Pisidien antraf. Es kann sich dabei nur um eine zwischeneiszeitliche Ablagerung handeln, die nach der Art der Lagerung zum Liegenden des Marinen Diluviums gehören muß. Die Meeresablagerungen selbst sind an dieser Stelle nicht vorhanden, beziehungsweise nicht erhalten geblieben. Wahrscheinlich haben die Schmelzwässer, die zu allen Glazialzeiten durch die Eiderniederung der Nordsee zugeflossen sind, diese Schichten während der Saalevereisung völlig ausgeräumt, was bei dem vermutlich auch hier sandigen Charakter ohne weiteres möglich war. Wie groß nämlich die ausräumende Kraft der Schmelzwässer in den Tälern war, beweist die Tatsache, daß während der letten Vereisung auch die Eem-Absätze in diesem Gebiete zum größten Teil ausgeräumt beziehungsweise umgelagert worden sind.

Die Oberkante der Husumer Sande liegt heute an allen Fundpunkten verschieden hoch. Daraus den Schluß auf tektonische Bewegungen ziehen zu wollen, wäre allerdings nicht richtig. Denn je tiefer die Oberfläche des Marinen Diluviums, desto mächtiger die fluvioglazialen Ablagerungen der Hauptvereisung. Ein Teil des Marinen Diluviums ist also zunächst durch die Schmelzwässer entfernt und später durch sandig-kiesige Schmelzwasserabsätze wieder ersetzt worden.

Die ungewöhnliche Mächtigkeit dieser gleichmäßig ausgebildeten Schichten zeigt, daß auch in der ersten Zwischeneiszeit Meeresspiegelschwankungen von erheblichem Ausmaß stattgefunden haben. Die Lage der Oberfläche weicht allerdings von der des Eems und des Alluviums wenig ab, die Wasser-

stände lagen in den vorhergehenden Zwischeneiszeiten nur wenig niedriger als heute. Es ist also ein ständiger Wechsel von "Hebungen" und "Senkungen" seit dem Tertiär zu verzeichnen. Der heutige Zustand schließt mit einer geringen Senkung ab. Eine "Prädestination" (Heck, 1936) zur Senkung kann aber deswegen kaum vorhanden sein. Und da die Arten der Lagerung sich zwanglos aus dem Wechsel von Aufschüttung und Ausräumung erklären lassen (auch für das letzte Interglazial!) ist die Annahme örtlicher tektonischer Störungen und die Behauptung, daß die davon betroffenen Gebiete zur Senkung vorherbestimmt seien, nicht gerechtfertigt.

Es sei abschließend festgestellt, daß nunmehr ein fast geschlossenes Gebiet mit Vorkommen von Marinem Diluvium von Sylt bis über Hamburg (Косн, 1927) hinausreicht¹). Nach der Art der Lagerung, die in Nordfriesland und Hamburg auffallend ähnlich ist, müssen alle Vorkommen ein und demselben Interglazial zugeschrieben werden. Eine Zweiteilung der Lagerstätten und Zuteilung zu verschiedenen Zwischeneiszeiten, wie sie Neumann (Neumann, 1933) hauptsächlich aus faunistischen Gründen verlangt, ist nicht notwendig, da die faziellen Unterschiede Verschiedenheiten in der Fossilführung ohne weiteres verständlich machen.

Schriftenverzeichnis

- BECKSMANN, E.: Fossile Brodelböden im Profil des Roten Kliffs (Sylt) und damit zusammenhängende diluvial-geologische Fragen. Neues Jahrb. f. Min. usw. Beil. Bd. 66, B. 1931.
- GOTTSCHE, C.: Die Endmoränen und das marine Diluvium Schleswig-Holsteins. Theil II. Das Marine Diluvium. Mitt. Geogr. Ges. Hamburg 1898.
- GRIPP, K. u. BECKER, W.: Untersuchungen über den Aufbau und die Entstehung der Insel Sylt. II. Mittel-Sylt. Westküste Kiel 1939, Sonderdruck.
- HECK, H.-L.: Das Grundwasser im Zusammenhang mit dem geologischen Bau Schleswig-Holsteins. Berlin 1932.
- HECK, H.-L.: Die nordfriesische neuzeitliche Küstensenkung als Folge diluvialer Tektonik. Jahrb. Preuß. Geolog. Landesanst. 57. 1936.
- KOCH, E.: Beiträge zur Kenntnis des geologischen Untergrundes von Hamburg und Umgebung. Mitt. Min. Geolog. Staatsinst. Hamburg 1927.
- NEUMANN, H.: Die Gliederung des Diluviums der Altmoränenlandschaft Schleswig-Holsteins und der südlich angrenzenden Gebiete. Schriften a. d. Geolog. Pal. Inst. d. Univers. Kiel. Kiel 1933.

¹⁾ Ein kürzlich nordwestlich von Heide gefundenes neues Vorkommen von Marinem Diluvium, unter dem elstereiszeitlicher Geschiebemergel erbohrt wurde, wird späterbeschrieben werden.

Einrichtung einer Bohrsammelstelle in Husum.

Von Ernst Dittmer.

Die umfangreichen Bauaufgaben an der schleswig-holsteinischen Westküste (Deichbauten, Bau von Landgewinnungswerken und Verkehrsdämmen, Hafenanlagen, Kultivierungsarbeiten, Schleusenbauten, Wasserversorgung in der Marsch u. a.) haben in den letten Jahrzehnten unzählige Bohrungen veranlaßt, deren Ergebnisse leider nur in den wenigsten Fällen der wissenschaftlichen Forschung und der weiteren Oeffentlichkeit zur Kenntnis gelangt sind. Wertvolles Gut ist dadurch der Wissenschaft und damit der praktischen Verwertung bei den Aufgaben an der schleswig-holsteinischen Westküste verloren gegangen.

Erst seit 1935 wurde durch die Forschungsabteilungen der Preußischen Marschenbauämter Husum und Heide die planmäßige geologische Erforschung der Watt- und Marschgebiete der Westküste in Angriff genommen. Dabei wurde auf die sorgfältige Entnahme, Aufbewahrung und Registrierung der unter ständiger wissenschaftlicher Aufsicht ausgeführten Bohrungen besonderer Wert gelegt. Die zunehmende Zahl der eigenen Bohrungen zwang dazu,



Abb. 1. Die Gewinnung von Kernproben wird durch die Bohrsammelstelle gefördert.

diese zu sammeln und zu ordnen und nach einheitlichen Grundsätzen auszuwerten. Darüber hinaus aber erschien es zweckmäßig, auch alle von anderen Stellen veranlaßten Bohrungen zu sammeln, zu bearbeiten und deren Ergebnisse den zuständigen Stellen (Reichsstelle für Bodenforschung, Landesbrandkasse Kiel) und wissenschaftlichen Instituten zugänglich zu machen.

Es wurde deshalb am 1. April 1938 bei der Forschungsabteilung Husum eine Bohrsammelstelle eingerichtet, deren Aufgabe es ist, nicht nur die eigenen, sondern auch alle übrigen an der Westküste Schleswig - Holsteins ausgeführten Bohrungen zu sammeln, zu bearbeiten und gege-

benenfalls weiterzuleiten. Der Bezirk der Bohrsammelstelle umfaßt die gesamten Marsch- und Wattgebiete der Westküste einschließlich des Geestrandes und der Geestinseln Sylt, Amrum und Föhr. Durch die Einrichtung der Bohrsammelstelle in Husum sind nunmehr die Bohrunternehmer der Verpflichtung enthoben, auch noch Proben an die Reichsstelle für Bodenforschung sowie an die Landesbrandkasse, die sich bisher in verdienstvoller Weise um die Sammlung von Bohrungen bemüht hatte, abzuführen. Dies hätte für die Bohrunter-



Abb. 2. Aufbewahrung der Proben im Archiv der Bohrsammelstelle.

nehmer eine zu starke Belastung, für die betreffenden Institute eine unnötige Doppelarbeit bedeutet. Nunmehr werden aus dem Westküstengebiet Bohrproben nur noch an die Bohrsammelstelle abgeliefert, die dann den Bedürfnissen entsprechend Proben und Bohrregister an die bezeichneten Stellen weiterleitet.

Das Hauptaugenmerk wurde zunächst auf die Meldung der Bohrungen, die Gewinnung und Aufbewahrung der Proben gerichtet. Den Bohrunternehmern und allen beteiligten Behörden wurden Richtlinien zugestellt, deren Beachtung sowohl die neuzeitliche geologische wie die bautechnische Forschung verlangt, die heute mehr als früher größere Anforderungen stellt. Die ungestörte Probeentnahme (vgl. Abb. 1) für die die Bohrunternehmung R. Stade in Heide bereits ein schnell und zuverlässig arbeitendes Gerät ausgearbeitet hat, wird gefördert und bei den von der Forschungsabteilung ausgeführten Bohrungen sogar gefordert.

Die Aufbewahrung der Proben hat sich gegenüber der bisher noch vielfach üblichen Praxis dahingehend geändert, daß sämtliche Proben in luft-

tücksbes. Glas- Nr.	.:	Tiefe	Mäch- tigkeit		ung	Höhe nivelliert:		······································	Wasserergiebigkeit: Wassereigenschafter eimengungen		
Glas-	Entn.	Tiefe bis — m unter	Mäch- tigkeit	Petrographische Bezeichn	ung		T	Be		Geolog. Bezeich-	Technisch

	i								********************************		

]				,
						,					
]				
											
									•		
	 :										,
			ļ						***************************************		•••••

	Ī		*************		***********				***************************************		******************

und wasserdicht schließenden Gläsern mit genügend großem Fassungsvermögen in annähernd natürlichem, bodenfeuchtem Zustand angeliefert werden, wodurch die ausführliche Bearbeitung sowohl in geologischer als auch in bautechnisch-bodenmechanischer Hinsicht sicherer und zuverlässiger erfolgen kann als bei getrockneten Proben. Nach den bisherigen Feststellungen halten sich die auf diese Weise aufbewahrten Proben jahrelang in frischem Zustande.

In besonderen Versandkästen werden die Probengläser, die sich bei den Arbeiten der Forschungsabteilungen sehr gut bewährt haben, an die Bohrunternehmer verschickt. Die viereckigen, zum Versand besonders geeigneten, etwa 350 ccm fassenden Gläser (Abb. 2) sind mit Schraubdeckeln aus schwarzem Preßstoff mit paraffinierter Pappeinlage versehen. Sie tragen eine fortlaufende, eingeätste Nummer, wodurch eine weitere Bezeichnung überflüssig wird.

Die Bearbeitung erfolgt in üblicher Weise sofort nach Eingang der Proben. Das Schichtenverzeichnis wird in je einer Abschrift der Landesbrandkasse in Kiel sowie der Reichsstelle für Bodenforschung (bisher Preußische Geologische Landesanstalt) in Berlin zugestellt; auf Wunsch stehen diesen Stellen auch die Proben zur Verfügung. Ebenso machen bereits eine Anzahl der staatlichen Behörden von dem Angebot Gebrauch, Boden- und Baugrunduntersuchungen in der Bohrsammelstelle bearbeiten zu lassen, so daß in einem Arbeitsgang vielen Zwecken gedient wird. So wird außer der Arbeitsersparnis der Vorteil der Einheitlichkeit erreicht.

Da das Formular für die Schichtenverzeichnisse nach Din 4022 der Deutschen Gesellschaft für Bauwesen den vielseitigen Anforderungen nicht genügte, wurde ein neues Formular entworfen (Abb. 3). Dieses ist im Din A 4-Querformat gehalten und für Continental-Diamant-Blockschrift eingerichtet; es enthält alle wichtigen Angaben und ist ausreichend für Bohrungen mit bis zu 22 Schichten. Der Vorteil des Formulars besteht darin, daß für die meisten Bohrungen ein Blatt ausreicht und eine gute Uebersicht über die Schichtenfolge gewonnen wird.

Die Schichtenverzeichnisse werden in Pol-Ordnern aufbewahrt. Jeder Ordner enthält die laufend numerierten Bohrungen eines Meßtischblattes. Die Uebersichtlichkeit ist damit so gut wie möglich erreicht worden.

Neben der Sammlung aller neu zur Ausführung gelangenden Bohrungen wird angestrebt, das in den Archiven der Baubehörden lagernde Material zu erfassen und, soweit noch irgend möglich, nachträglich auszuwerten. Nach nunmehr einjährigem Bestehen enthält die Bohrsammelstelle bereits annähernd 3000 Schichtenverzeichnisse aus allen Gebieten der Westküste.

Mit der Sammlung und Registrierung der Bohrungen ist die Aufgabe der Bohrsammelstelle jedoch keineswegs erfüllt. Das gesammelte Bohrgut gibt außerdem wertvolle Unterlagen für die Planung von Küstenschut, Landgewinnung und Landeskultur. Die vorliegenden Bohrungen ermöglichen Vor-

schläge für weitere Bohrungen. Vor allem kann mit Hilfe der Bohrsammelstelle ein Ueberblick über die Bodenverhältnisse der Westküste gewonnen werden.

Neue Erkenntnisse auf den vorstehend angedeuteten Gebieten wird die Bohrsammelstelle in der "Westküste" veröffentlichen. So können alle am Boden der schleswig-holsteinischen Westküste interessierten Kreise aus der Arbeit der Bohrsammelstelle Nuten ziehen.