

Über die Grundlagen zur Bemessung der schleswig-holsteinischen Landesschutzdeiche

Von Marcus Petersen*

Inhalt

I. Einführung	153
II. Risiko und Sicherheit	156
III. Rückblick auf die Entwicklung des Deichbaues	157
1. Allgemeines	157
2. Böden für den Deichbau	159
3. Deichhöhe	161
4. Außenböschung	162
5. Deichkrone	164
6. Innenböschung	166
7. Innenberme	168
8. Rhynschlot	169
9. Bauwerke in den Landesschutzdeichen	170
10. Deichpflege	170
IV. Dünen als Schutz des Landes	171
V. Sturmflutwarndienst und Katastrophenschutz	172
VI. Möglichkeiten zur Entlastung des Landesschutzdeiches	172
1. Entlastung des Landesschutzdeiches auf der Landseite	172
2. Entlastung des Landesschutzdeiches auf der Wasserseite	173
VII. Zusammenfassung	177
VIII. Schriftenverzeichnis	178

I. Einführung

Landesschutzdeiche sind Anlagen, welche die an der Küste und in Flußmündungsgebieten gelegenen Marschen und Niederungen (Abb. 1) gegen Überschwemmungen bei Sturmfluten schützen sollen. In Schleswig-Holstein gibt es Landesschutzdeiche an der Westküste von der deutsch-dänischen Grenze bis an die Elbmündung, auf den Inseln Sylt, Föhr, Amrum, Pellworm und Nordstrand, ferner an der Untereider und im Bereich der Niederelbe. Die Schutzanlagen vor den Niederungen an der Ostseeküste sind bisher nicht durch deichpolizeiliche Verordnungen zu Landesschutzdeichen erklärt worden; sie werden deshalb nicht in die nachstehenden Betrachtungen einbezogen. Die Festlandsdeichlinie wird nur an zwei Stellen durch natürliche Bodenerhebungen unterbrochen: bei Schobüll, nördlich Husum, grenzt die Geest unmittelbar an das Wattengebiet, und beim Nordseebad St. Peter wird der Landesschutzdeich teilweise durch Dünen ersetzt.

Die Sollabmessungen eines Landesschutzdeiches werden im Bestick vorgeschrieben. Das Bestick wird amtlich geprüft und durch deichpolizeiliche Vorschrift (45) bekräftigt. Den Begriff „Bestick“ verwendet man nach MÜLLER-FISCHER an der Eider (36) bereits im Jahre 1625 und auf Pellworm (35) 1637. In einer heute noch fast wörtlich zutreffenden Darstellung schreibt BRAHMS (3) vor genau zweihundert Jahren „von denen Deich-Bestecken, oder der eigentlichen Größe und Stärke, so denselben nach Proportion der Größe und Gewalt des anfallenden Gewässers gegeben werden müssen“. BRAHMS weist darauf hin, daß die Höhe der großen Sturm-

*) Nach einem Vortrag am 14. 5. 1954 in Kiel vor dem Bund der Wasser- und Kulturbauingenieure.

fluten und die „Größe und Force derer sich über dem Gleichgewichte des Wassers erhebender rasender Seewellen“ bekannt sein müssen, bevor ein Bestick festgesetzt wird.

Dem Bestick eines Landeschutzdeiches wurde zu allen Zeiten eine außergewöhnliche Bedeutung beigemessen. So gelten in Süderdithmarschen heute noch Vorschriften aus dem Jahre 1789 für Strecken bei Brunsbüttel, am Kaiser-Wilhelm-Koog und vom Friedrichskoog bis Süderwörden. Für den Abschnitt Friedrichsgabekoog bis Karolinenkoog (ausgenommen der neue Deich vor dem Büsumer Hafen und vor dem Hedwigenkoog) ist das von Wasserbaudirektor SCHEFFER (49) 1865 festgesetzte Bestick gültig. In Nordfriesland gehen die Bestickvorschriften zurück bis 1883 für den Porrenkoogdeich, bis 1888 für die Strecke vom Nordende des Osewoldter Kooges bis zur deutsch-dänischen Grenze (ausgenommen der Galmsbüller Koog und der Wiedingharder Neuer Koog) und bis 1891 für den Deich der Südermarsch bei Husum. Bis zu 160 Jahren reicht also der Erlaß dieser Vorschriften zurück. Man hat sie nicht angetastet. Für einige Deichabschnitte ist sogar der Wortlaut des Besticks nicht mehr aufzufinden. Nun haben sich im Lauf der Zeit sowohl die Erfahrungen über Wasserstände und Wellentätigkeit als auch die Auffassungen über die volkswirtschaftliche Bedeutung und über die Querschnittsgestaltung eines Landeschutzdeiches geändert, so daß eine generelle Überprüfung der Vorschriften unter Verwertung neuerer Erkenntnisse notwendig erscheint.

Die Veranlassung für die Überprüfung des Deichbesticks gab die durch die Überschwemmungskatastrophe in den Niederlanden, in Belgien und England bekannte Sturmflut vom 1. Februar 1953¹⁾. Der ungewöhnliche Ablauf der Flut vom 9./10. Februar 1949 mit einem an unserer Westküste bisher noch nie beobachteten Windstau von stellenweise mehr als 5 m (allerdings bei Tnw) war bereits als ernste Warnung verstanden worden. Beide Fluten lösten lebhaft Diskussionen bei den Marschenbewohnern, in allen Deichverbänden, in den Marschenbauämtern, den beteiligten Landkreisen und in den verschiedensten Ministerien aus. Die Abteilung Wasserwirtschaft im Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Schleswig-Holstein ließ Untersuchungen über Sturmfluthöhen zunächst von SCHELLING (50) und später von HUNDT (19) durchführen. Diese Arbeiten wurden in Beratungen der Arbeitsgruppe „Sturmflut vom 1. Februar 1953“ des Küstenausschusses Nord- und Ostsee eingehend geprüft.

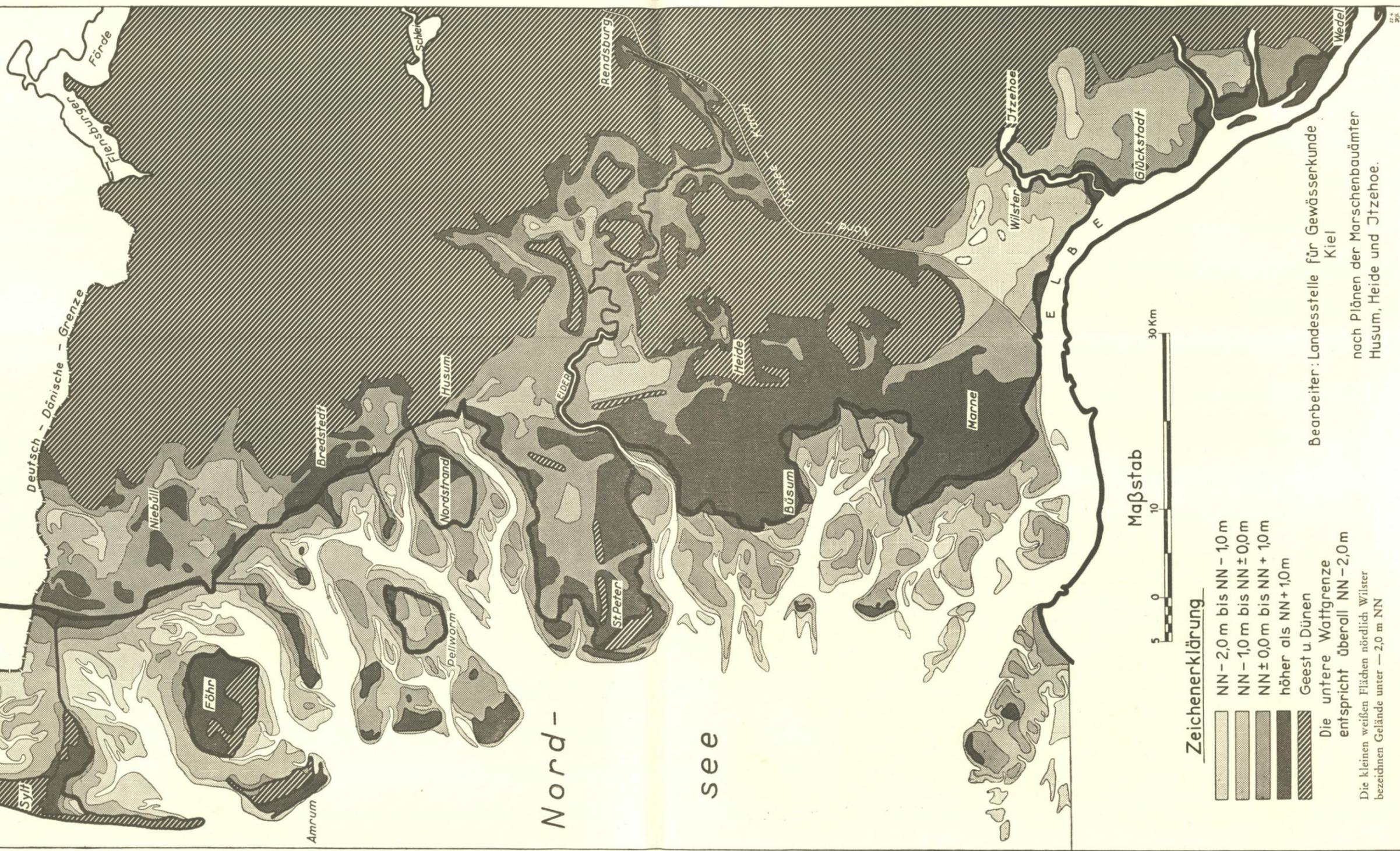
Eine Untersuchung über Grundlagen zur Bemessung der Landeschutzdeiche erschien auch deshalb notwendig, weil die beiden Fluten vom Oktober 1936 und vom November 1938 auf mehreren Strecken recht beachtliche Schäden an den Deichen verursacht hatten, worüber BUSCH (5) und WOHLBERG (72) Darstellungen gegeben haben (Abb. 2 und 3). Es wurden danach einige Deichabschnitte verstärkt und teilweise um wenige Dezimeter erhöht. STADERMANN (56) vertrat noch im Jahre 1937 die Ansicht, die Seedeiche seien „so stark und hoch ausgebaut worden, daß sie nach menschlichem Ermessen auch den höchsten Sturmfluten Trotz bieten“ würden. Diese Auffassung teilte auch BOTHMANN (2) noch im Jahre 1941: „Gegenüber den steileren Deichen früherer Zeiten weisen unsere modernen Seedeiche eine ausreichende Höhe und flachere Außenböschung auf, an denen die Welle besser auslaufen kann.“ MEYER (32) führt 1952 bei einer Betrachtung über die Elbdeiche zwischen Cuxhaven und Hamburg die Flut von 1825 an und sagt: „... es spricht aber eine große Wahrscheinlichkeit gegen eine weitere Steigerung der Sturmfluthöhen.“ „Schließlich liegt noch in der jetzigen Höhe der Deichkrone von 1,0 bis 1,5 m über der Sturmflut von 1825 eine Reserve, die uns mit Vertrauen erfüllen kann.“

Nicht so optimistisch äußerte sich LORENZEN (29), als er 1940 die Ergebnisse der Küstenforschung in dem unveröffentlichten Bericht „Generalplanung Nordfriesisches Wattenmeer“ zusammenfaßte: „Es ist durch wiederholte Sturmflutschäden an den Deichen des Festlandes bekannt, daß die gegenwärtige Verteidigungslage verbesserungsbedürftig ist. Ein erheblicher Teil

¹⁾ Anmerkung des Herausgebers: Die Sturmflut vom 31. Januar/1. Februar 1953 hat an der deutschen Nordseeküste nicht die außergewöhnliche Höhe erreicht, wie in Südholland und Ostengland. Die höchste bekannte Sturmflut an der schleswig-holsteinischen Westküste und in der Unterelbe ist am 3./4. Februar 1825 eingetreten, an der ostfriesischen Küste am 13. März 1906. Das ist auf den Einfluß der grundsätzlich verschiedenen Wetterlagen zurückzuführen.

Aufsatz PETERSEN: Über die Grundlagen zur Bemessung der schleswig-holsteinischen Landesschutzdeiche
Zeitschrift DIE KÜSTE H. 1/2 1954

Höhenplan der Marschen und Watten Schleswig-Holsteins



Zeichenerklärung

- NN - 2,0 m bis NN - 1,0 m
 - NN - 1,0 m bis NN ± 0,0 m
 - NN ± 0,0 m bis NN + 1,0 m
 - höher als NN + 1,0 m
 - Geest u. Dünen
 - Die untere Wattgrenze entspricht überall NN - 2,0 m
- Die kleinen weißen Flächen nördlich Wilster bezeichnen Gelände unter - 2,0 m NN

Bearbeiter: Landesstelle für Gewässerkunde
Kiel
nach Plänen der Marschenbauämter
Husum, Heide und Itzehoe.



Abb. 2
Kammsturz am Nord-
strander Deich durch die
Sturmflut vom 18. 10. 1936

[aus BUSCH (5), Abb. 7]



Abb. 3
Nach der Überflutung des
Trischen-Koogs wird der
Seedeich von der Innenseite
her zerstört

[aus WOHLBERG (72),
Abb. 25]

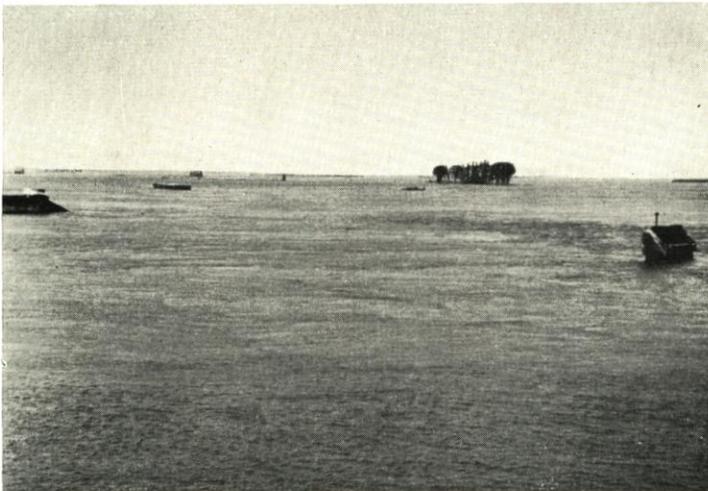


Abb. 4
Deichbruch beim Krüninger
Fährhafen in Süd-Beve-
land. Der Block in der
Mitte des Bildes gehört zu
der früheren Landungsan-
lage außerhalb des den
Hafen umschließenden Dei-
ches. Die Deichbucht ist
völlig verschwunden. Ur-
sache des Deichbruchs: ver-
geblicher Versuch zum
Schließen einer Stöpe

Aufn. PETERSEN, Juli 1953

*der jetzigen nordfriesischen Seedeiche ist Jahrhunderte alt und entspricht nach Höhe und Profil schon heute vielfach nicht mehr den Bedürfnissen einer sicheren Abwehrstellung. Sie müssen deshalb teils sehr bald, teils in absehbarer Zeit verstärkt werden.*²⁾

Wenn wir in unseren Chroniken die Beschreibungen der Sturmfluten lesen oder auch bei WOEBCKEN (69), so unterscheiden sie sich kaum von den Schilderungen über die Katastrophe der ersten Februarwochen des Jahres 1953. Diese Feststellung trifft THIERRY (37) in einer Aussprache nach einer Vortragsreihe. Nicht allein die Beschreibungen des Elends seien immer die gleichen, sondern auch die Erfahrungen in technischer Hinsicht sind dieselben, und man sei betroffen über die vielen Punkte der Übereinstimmung. Es sei gerade so, als ob die Lehren früherer Katastrophen nicht genügend beherzigt wurden. Geschehnisse, die zehn oder höchstens zwanzig Jahre zurückliegen, behalte man im Gedächtnis, aber was davor geschehen sei, würde bald vergessen.

Die Küstenbevölkerung hat bis zu dem denkwürdigen Ereignis nicht an die Möglichkeit geglaubt, daß eine Sturmflut ihr Land so nachhaltig treffen könnte, wie es damals in den Niederlanden der Fall gewesen ist. Man fühlte sich sicher. Nach MARIS (30) war man „nicht bereit“, die Februar-Sturmflut 1953 zu „empfangen“. Die Warnungen auf Grund wissenschaftlicher Arbeiten der „Lorentz-Sturmflutkommission von 1939“ und besonders der Ingenieure VAN VEEN 1939 (zitiert bei 51), WEMELSFELDER 1939 (65) und anderen, sowie der Ruf von RINGERS 1948 (zitiert bei 51) „Die Deiche schreien nach Erhöhung!“²⁾ wurden erst in voller Tragweite erkannt, als die aufgezeigte Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit einer katastrophalen Sturmflut eine bittere Tatsache geworden war (Abb. 4).

II. Risiko und Sicherheit

Eine absolute Sicherheit hat es für die unmittelbar hinter den Deichen der Nordsee, in den Marschen und den Niederungsgebieten wohnenden Menschen im Grunde bisher nie gegeben. Ein gewisses Risiko wird man hier bei allen vorsorglichen Maßnahmen auch künftig in Kauf nehmen müssen. Nach KLEIN (zitiert bei 37) und CUBLEY CROWTHER (8) kann man die Aufwendungen für die Deiche als „Versicherungsprämien“ für den gewünschten Grad der Sicherheit ansehen. BLOCQ VAN KUFFELER (1) vergleicht den Verlust der Menschen durch die Wassernot 1953 mit den Opfern, die der moderne Verkehr innerhalb eines Jahres in den Niederlanden fordert, und kommt zu dem Schluß, daß ein gewisses Risiko der Deichbrüche als unvermeidbar hingenommen werden müsse.

Die Erhebungen über die schleswig-holsteinischen Landesschutzdeiche haben ergeben, daß die bisher angenommenen und für das Deichbestick zugrunde gelegten Sturmflutwasserstände und die Vorstellungen über den Wellenauflauf an den Deichen nicht mehr ausreichend sind. Es muß eine größere Sicherheit angestrebt werden, um der Gefahr einer Überschwemmungskatastrophe vorzubeugen.

Diese Gefahr ist nicht nur von dem Wasserbau, der Meteorologie und Ozeanographie her erkannt worden, sondern auch die Geologie hat es an Warnungen nicht fehlen lassen. DITTMER (11, 13) wies besonders nachdrücklich auf die Neigung der Marschen an der Westküste Schleswig-Holsteins zu Sackungen und Setzungen infolge von Überbelastung und Entwässerung hin. Die Belastung mit dem Gewicht des Deichkörpers führt zu Setzungen. Die Veränderung des Verhältnisses von Wasser und Boden nach Inbetriebnahme von Schöpfwerken verstärkt diese Wirkung. Es kann auch aus diesem Grunde keine absolute Sicherheit gegen Sturmfluten erreicht werden.

Vergleichen wir unsere Verhältnisse hinsichtlich der Sicherheit mit denen in den Niederlanden, so ist ein grundsätzlicher Unterschied festzustellen: Dort war zu entscheiden, ob rund 700 km Deiche in Südholland um 1½ bis 2 m erhöht oder die verschiedenen Seegaten in der

²⁾ Alle fremdsprachlichen Zitate sind in Übersetzung wiedergegeben.

Nähe der Nordsee abgeriegelt werden sollten. Die DELTA-KOMMISSION (31) hat jetzt die zweite Lösung vorgeschlagen. Die Länge der Seedeiche wird dadurch um ein Vielfaches verkürzt, so daß die neuen Deiche ohne nennenswerte zusätzliche Kosten für eine höhere Sicherheit hergestellt werden können.

Für den Deichbau an der deutschen Nordseeküste sind folgende Probleme mit dem Ziele einer Steigerung der Sicherheit zu lösen:

- a) Die wirtschaftlich vertretbare Deichhöhe ist zu suchen und alsbald herzustellen.
- b) Der Querschnitt der Landesschutzdeiche ist so auszubilden, daß über die Deichkrone schwappende (hinweggehende) Wellen keine oder doch keine folgenschweren Beschädigungen an der Innenböschung erzeugen können.
- c) Der Landesschutzdeich, das heißt die Linie des Hauptdeiches, ist zu entlasten: hinter dem Seedeich durch die Erhaltung oder Wiederherstellung der wehrfähigen zweiten Deichlinie, vor dem Seedeich durch Förderung der Landgewinnungsmaßnahmen im Wattengebiet, durch Sommerdeiche, durch Bau von Dämmen und durch Neueindeichungen.
- d) Das Risiko für die Siedlungen bei Überschwemmungen durch Sturmfluten ist durch organisatorische Maßnahmen seitens der Selbstverwaltung und der Aufsichtsorgane (Katastrophenschutz-Ordnung) zu vermindern.

Zur Erläuterung der zeitlichen und örtlichen Verschiedenheiten wird ein Rückblick auf die Entwicklung der schleswig-holsteinischen Landesschutzdeiche gegeben, um daraus Vorschläge für die Planung und Durchführung des neuen Besticks abzuleiten³⁾.

III. Rückblick auf die Entwicklung des Deichbaues

1. Allgemeines

Die Küstenbewohner sind während der tausendjährigen Deichgeschichte oft von den Wellen der Nordsee überrascht worden. Sie haben viele Schläge hinnehmen müssen, bis sorgfältigere und umfassendere Beobachtungen der Naturvorgänge und der Fortschritt der Technik in der Entwicklung von Werkzeugen und Arbeitsverfahren bessere Möglichkeiten für Gegenmaßnahmen brachten. Solange die Marschen und die Niederungen in den Flußmündungsgebieten von Menschen als Siedlungsraum in Anspruch genommen werden, besteht für sie die wichtigste Aufgabe darin, die Widerstandsfähigkeit aller Anlagen gegen das Meer in einem guten Zustand zu erhalten und stets zu verbessern.

Bei einem Rückblick in die Vergangenheit können wir uns auf eine Betrachtung über den Hauptdeich, den späteren Landesschutzdeich, als der Hauptlinie in der Abwehr des Nordseewassers beschränken.

Wir wissen, daß die Deiche anfangs nur niedrige Verwallungen darstellten. Die Marschen wurden extensiv genutzt, so daß die Sturmfluten noch nicht die Bedeutung gehabt haben können wie in den letzten Jahrhunderten und in der jüngsten Gegenwart. Nach SAXO GRAMMATICUS waren die Deiche Ende des 12. Jahrhunderts etwa 2,5 bis 2,8 m hoch. Um 1550 erreichten die Deichkronen bereits 3,50 bis 3,75 m Höhe. Nach der großen Flut vom Jahre 1634 wurden die Deiche bis 4,70 und 5,00 m aufgeschüttet. Zweihundert Jahre später sind sie um weitere 60 bis 70 cm erhöht worden. Heute muß mit Werten von 5,2 bis 6,2 m über MThw gerechnet werden. Ähnliche Angaben machten SOMMERMEIER (55), HINRICHS (17) und andere. Es ist anzunehmen, daß sich die aus den ersten Jahrhunderten der Deichgeschichte überlieferten Höhen nicht auf „Ordinäre Flut“, wie man sich damals auszudrücken pflegte, sondern auf das Vorland oder Maifeld bezogen.

³⁾ Die Vorschläge dürften grundsätzlich auch auf die Landesschutzdeiche der niedersächsischen Küste angewandt werden können.

Die Bezugsebene „Ordinäre Flut“ hat BRAHMS (3) treffend erläutert: „Wenn nun die Fluth so hoch steigt, daß sie die niedrigsten und kleinsten von diesen Gras (Andel-)Flecken erreicht, so nennet man selbige die ordinäre tägliche Fluth und da die Natur diese Merkmale allemal selbst anweist, so kann man sie als einen Grund zu allen Höhen-Messungen unseren Nachkommen verständlich machen, indem die erwähnten Ansätze der Begrünung jederzeit in der nehmlichen horizontalen Lage des Grund und Bodens folgen.“

Die „Ordinäre Flut“ entspricht mithin etwa dem heutigen MThw.

Schriftlich überlieferte Angaben über alte Deichquerschnitte wurden in jüngster Zeit mehrfach und auf verschiedene Weise als richtig bestätigt. JENSEN (23), SAEFTEL (46) und WETZEL (67) untersuchten den Schlafdeich in Büttel-St. Margarethen in der Wilstermarsch. BUSCH (6) legte

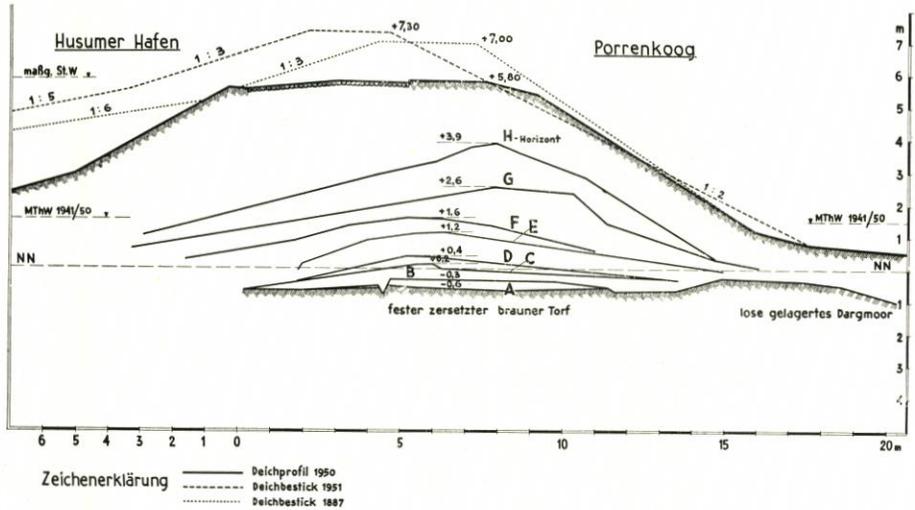


Abb. 5. Aufgeschlossene Profile am Deichsiel Porrenkoog bei Husum
Vermessung: Dipl.-Ing. Kambeck, Husum

bei seinen Grabungen auf Sylt alte Deichprofile frei und verglich sie mit dem Querschnitt des 1936 gebauten Nössedeiches. Auch Deichdurchstiche für den Umbau oder Neubau von Sielen erschlossen bisher wenig beachtete Quellen. Beim Anschluß der Entwässerung des Buphever Kooges an die Vorfluter der Insel Pellworm [PETERSEN (43)] war der Durchstich zweier alter Deiche erforderlich. In eindeutiger Weise konnten hier alte Querprofile eingemessen werden. Eine Anzahl von übereinander gelegenen Deichquerschnitten kam ebenfalls zutage, als das Porrenkoogsiel bei Husum umgebaut wurde (Abb. 5: Horizont A bis H).

Aus all diesen Feststellungen dürfen wir schließen, daß die Deiche durchschnittlich etwa alle hundert Jahre um 30 bis 40 cm erhöht werden mußten (Abb. 6). Da sie meist auf mehr oder weniger belastungs- und setzungsempfindlichen Böden aufgeführt waren, entfällt ein Teil des Höhenverlustes auf das Zusammenpressen des Untergrundes als Folge der Belastung durch den Deichkörper und als Folge der Entwässerungsmaßnahmen. Auch der Wind ist an der Erniedrigung der Deichhöhe beteiligt, wenn die Deichkrone als unbefestigter Verkehrsweg dient und der Staub von Fahrzeugen, Viehherden, Gewitterböen und anderem aufgewirbelt und vom Winde fortgetragen wird. Während diese Erscheinungen lokaler Art sind, haben Vorgänge wie Küstensenkung und Wasserstandshebung (Niveauverschiebung) überörtliche Bedeutung. Zahlreiche Verfasser haben sich mit der Klärung dieser Fragen befaßt. Für den praktischen Hochwasserschutz an der Küste und in den Tideflußmündungen müssen wir vorerst noch mit einer weiteren Verschiebung zu Ungunsten des Landes rechnen.

Die Festsetzung der Deichhöhe gründete sich in jüngerer Zeit auf folgende Grundmaße:

- HHThw = höchstes beobachtetes Tidehochwasser
- + 1,0 bis 1,8 m für Wellenauflauf
- + 0,50 m als Sicherheitsmaß
- + 0,25 m als Sackmaß.

Das HHThw beruhte hierbei meistens auf einer einzigen Beobachtung. Umfaßt die Beobachtungsreihe nur wenige Jahre, so handelt es sich um einen Zufallswert, der zu niedrig ausfallen muß, wenn nicht das HHThw aller benachbarten Pegel ebenfalls bei derselben Sturmflut beobachtet und herangezogen wurde. Da sich ferner die Angaben über die an den Deichen auflaufenden Sturmflutwellen meistens nur auf Schätzungen bei Sturmfluten stützten, die nicht die

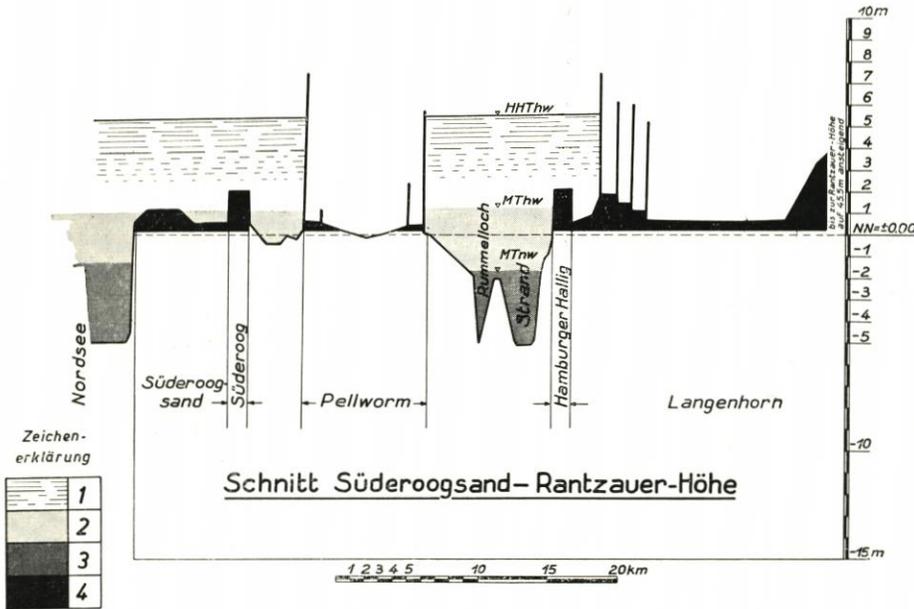


Abb. 6. Schnitt Süderoogsand bis Rantzauer Höhe nördlich Bredstedt. Gelände und Deiche der jüngeren Köge liegen höher als bei den älteren Kögen. Die senkrecht aufragenden Linien oberhalb NN bedeuten Deiche. Das obere Ende der Linien entspricht der Höhenlage der Deichkrone.

- 1 = Sturmflutbereich, MThw bis HHThw
- 2 = Bereich der täglichen Gezeiten, MTnw bis MThw
- 3 = Wasserraum unter MTnw
- 4 = Landflächen über NN

heute maßgebende Sturmfluthöhe erreichen, bedürfen auch sie einer Prüfung. Das Sicherheitsmaß ist ein geschätzter Wert, der die im HHThw liegende Unsicherheit ausgleichen sollte. Er wurde für Flußdeiche in gleicher Weise angesetzt wie für Landesschutzdeiche mit ausgeprägtem Wellenschlag oder Brandung. Das Sackmaß gab die zulässige Unterschreitung der Bestickhöhe an.

In den nachstehenden Abschnitten werden nun diejenigen Gesichtspunkte behandelt, die für die einzelnen Teile des Landesschutzdeiches bei der Festsetzung des Deichbesticks von Bedeutung sind.

2. Böden für den Deichbau

Die für den Deichbau zur Verfügung stehenden Böden wechseln von Ort zu Ort und in ihrem Aufbau zwischen sandigen, bindigen und organischen Böden. Diese verhalten sich im

Hinblick auf ihre Tragfähigkeit als Baugrund und auf ihre Verwendung als Baustoff sehr unterschiedlich.

Die organischen Böden wie Torf und Faulschlamm eignen sich schlecht als Baugrund und als Baustoff. Das Vorkommen solcher Böden muß daher sorgfältig erkundet und bei Planungen besonders berücksichtigt werden.

Bindige Kleiböden sind häufig vorhanden: ihre Eigenschaften ändern sich sehr entsprechend dem jeweiligen Wassergehalt. In trockenem Zustand ist der Klei fest und widerstandsfähig, die Zusammenpressung unter der Baulast ist gering. Bei zunehmendem Wassergehalt wird der Klei weich, er läßt sich leicht verformen und verliert die Oberflächenspannung seines Porenwassers; schließlich geht er in den plastischen Zustand über. Unter einer Belastung entweicht das Wasser nur sehr langsam aus den feinen Poren des Kleibodens, so daß mit Setzungen des Bauwerks noch lange Zeit gerechnet werden muß.

Nichtbindige sandige Böden können als guter Baugrund angesprochen werden.

Für den Deich kommen von diesen Böden als Baustoffe nur Klei und Sand in Frage. Hierbei ist der Klei dem Sand aus folgenden Gründen vorzuziehen:

1. ist die Wasserdurchlässigkeit sehr gering,
2. ist der Klei widerstandsfähiger gegen die Spülwirkung von Wellen.

Infolge des größeren Porenvolumens wird die wesentlich schnellere Wasseraufnahme in Sandböden gefördert. Dies trifft vor allen Dingen für die Sanddeiche zu in Gebieten, in denen nur wenig brauchbarer Klei für die Abdeckung zur Verfügung steht (zum Beispiel in Teilen von Dithmarschen). Aber auch an anderen Strecken wird neuerdings der Deichkern aus Sand hergestellt und mit einer Kleischicht abgedeckt. Dieser Kleimantel darf nicht aus fettem Klei bestehen, da sich dann während der trockenen Jahreszeit Schwundrisse bilden. Schwundrisse treten vor allen Dingen auch an steilen Böschungen auf. Die Sonnenseite wird hiervon besonders betroffen. Der Bildung von Rissen und Spalten sollte bei Neubauten und Deichverstärkungen durch geeignete Zusammensetzungen des Bodens entgegengewirkt werden. Wenn die Wellen bei Sturmfluten an der Außenböschung hinaufschwingen oder gar über den Deich hinwegschwappen, gefährden solche Spalten den Bestand des Deiches ernstlich. Das Wasser tritt dann schnell und tief in den Deichkörper ein, weicht den Kleiboden auf und läßt diesen an der Innenböschung abrutschen.

Sämtliche Deiche an der Nordseeküste haben eine Verdichtung des Untergrundes bewirkt. *„In Gebieten, in denen Torfe am Aufbau erheblich beteiligt sind, ist die Tragfähigkeit ständig gewachsen. Eine Neubedeichung auf demselben, nicht vorverdichteten Boden würde in den meisten Fällen die Bruchlast überschreiten. In Gebieten mit weichem Klei erfordern die Setzungen unter der jetzt vorhandenen Auflast Zeiträume, die Jahrhunderte und Jahrtausende umfassen. An verschiedenen Stellen, zum Beispiel auf Pellworm und Föhr, stellt die heute erforderliche Deichhöhe die äußerste Belastungsgrenze dar“* [DITTMER (13)]. DITTMER folgert daraus, daß sich die Deiche nicht beliebig erhöhen lassen, *„ohne daß die Gefahr eines spontanen Versinkens ganzer Deichstrecken besteht“*.

Daß der Bestand der Deiche gefährdet ist, sobald die Grenze der zulässigen Belastung erreicht oder überschritten wird, erläutert auch SOMMERMEIER (55): von dem Elbdeich vor der Wilstermarsch versanken einzelne Strecken in den Jahren 1792 und 1867 *„nach Ausführung größerer Deichverstärkungen“*. Diese Strecken sind dort heute noch an den aufgequollenen Bodenmassen (auf der Innenseite der Deiche) zu erkennen.

In den Niederlanden schenkt man den Sackungserscheinungen insbesondere seit der Sturmflutkatastrophe 1953 erhöhte Aufmerksamkeit. VAN VEEN (61, 62) vertritt die Ansicht, daß man nicht viel von Deichsackungen weiß und daß deshalb Untersuchungen über Deichsackungen eingeleitet werden sollten. Die DELTAKOMMISSION hat sich der Ansicht angeschlossen und die nötigen Empfehlungen in dieser Richtung gegeben (31).

Für den praktischen Deichbau ist zunächst hinsichtlich der Tragfähigkeit des Untergrundes festzustellen, daß die Deiche nicht beliebig hoch aufgeführt werden können. Man muß also ein Überschwappen von Wellen in Kauf nehmen und deshalb Bauformen und Bauweisen wählen,

die ein Überschwappen von Wellen zulassen. Die Kenntnisse über die Zusammensetzung des verfügbaren Bodens und seines Verhaltens bei statischen und dynamischen Belastungen werden durch Baugrunduntersuchungen gewonnen, „deren Kosten in einem winzigen Verhältnis zu den Gesamtbaukosten stehen und auf Grund besserer Planung und vermeidbarer Fehlschläge vielfachen Gewinn bringen“ [DITTMER (13)].

3. Deichhöhe

Die Ermittlung der Sollhöhe spielte bei der Festsetzung des Besticks für einen Landeschutzdeich von jeher die Hauptrolle. Das Ziel, welches bisher bei der Wahl der Deichhöhe angestrebt wurde, war keineswegs einheitlich. Hierzu zwei Beispiele: Nach SCHEFFER (49) ist um die Mitte des vorigen Jahrhunderts bereits die Wahrscheinlichkeit des Wellenüberlaufs bei der Ausbildung der Deichquerschnitte nicht ausgeschlossen worden. HINRICHS (17) forderte 1931 dagegen, „die Deiche müssen so hoch sein, daß auch die höchsten Sturmflutwellen nicht darüber hinweggehen, denn diese würden deren Krone und die durchweg steile Innenböschung noch beschädigen, daher zu Deichbrüchen Anlaß geben.“

Nach der Februarflut 1949 begann die Suche nach dem „höchstmöglichen“ Wasserstand. Die von SCHELLING (50) empfohlenen Sturmflutwasserstände dienten vom Jahre 1951 an als Richtmaße für die vordringlich zu erhöhenden Landesschutzdeiche. Neuere Untersuchungen von HUNDT (19) führten zu der Erkenntnis, daß absolut sichere Maße für die höchste Sturmflut an den schleswig-holsteinischen Deichen nicht angegeben werden können. Die von HUNDT ermittelten „maßgebenden“ Sturmflutwasserstände fußen auf eigenen Studien im niederländischen Katastrophengebiet, auf Modellversuchen, auf zahlreichen in- und ausländischen Veröffentlichungen der Ozeanographie, Meteorologie und Hydrologie und auf Empfehlungen des „Küstenausschusses Nord- und Ostsee“.

Der für einen Ort „maßgebende“ Sturmflutwasserstand soll danach folgende Bedingungen erfüllen:

1. Er darf durchschnittlich nur einmal in hundert Jahren erreicht oder überschritten werden.
2. Er darf nicht niedriger liegen als der Sturmflutscheitel vom 3./4. Februar 1825 bei Berücksichtigung des säkularen Anstiegs der Wasserstände und der Raumveränderungen im Küstengebiet.
3. Er soll etwa der Summe aus dem höchsten vorausberechneten Springtidehochwasser und dem bisher beobachteten höchsten Windstau entsprechen und soll
4. bis zum Jahre 2000 Gültigkeit haben.

Es werden danach Sturmflutwasserstände erwartet für

Husum:	5,9 m über NN oder 4,4 m über MThw ⁴⁾
Tönning:	5,6 m „ „ „ 4,1 m „ „
Büsum:	5,3 m „ „ „ 3,8 m „ „
Glückstadt:	5,6 m „ „ „ 4,2 m „ „
Nordfeld (Eider):	6,9 m „ „ „ 5,1 m „ „

Nach diesen Richtzahlen lassen sich durch Bezugsverfahren die entsprechenden Werte für die übrigen Orte oder Deichabschnitte bestimmen.

Bei der Wahl der Deichhöhe darf nicht der maßgebende Sturmflutwasserstand (Ruhespiegel) allein zugrundegelegt werden, sondern es muß noch ein weiterer Betrag für den Wellenauflauf hinzugerechnet werden. Als Wellenauflauf gilt der lotrecht gemessene Höhenunterschied zwischen dem an der Deichböschung aufgelaufenen höchsten Wellenscheitel und dem Ruhewasserspiegel. Von HUNDT (19) wurden hierfür folgende Werte mitgeteilt:

für die nordfriesischen Festlandsdeiche im Mittel	2,8 m
für die Westdeiche der Inseln Nordstrand und Pellworm	4,0 m
für die Ostdeiche der Insel Nordstrand	2,0 m

⁴⁾ MThw der Jahresreihe 1941/50.

für die Ostdeiche der Insel Pellworm	2,8 m
für den Deich westlich Büsum	3,5 m
für den Deich bei Friedrichskoogspitze	3,2 m
für den Elbdeich von Scheelenkuhlen bis Hollerwettern	2,6 m
für das östliche Ufer der Störmündung bei Ivenfleth	2,4 m
für den Elbdeich von Kollmar bis Bielenberg	2,1 m

Diese Werte stellen die bis jetzt genaueste Grundlage für allgemeine und besondere Planungen an Landesschutzdeichen in Schleswig-Holstein sowie für die Neufestsetzung des Deichbesticks dar.

Wie das erforderliche Maß für die Wahl der Deichhöhe in den Niederlanden und in England beurteilt wird, ist einer Mitteilung von SANGSTER (48) über die Nordsee-Flut-Konferenz zu entnehmen. Danach hält es DOBBIE (England) für richtiger, ein gewisses Überfluten der Deichkrone durch auflaufende Wellen bei besonderen Maßnahmen für Krone und Innenböschung zuzulassen, als die Deiche besonders hoch zu machen. Nach VER LOREN VAN THEMAAT (48) und VALKEN (60) (Niederlande) wird die Höhe für neue Deiche so gewählt, daß bei ungünstigsten Verhältnissen schätzungsweise 2% der Wellen über die Krone schwappen. Der Bericht des DEPARTMENTAL COMMITTEE ON COASTAL FLOODING (63)⁵⁾ gibt die Empfehlung für die englische Küste, die höchste von der öffentlichen Hand festzusetzende Schutznorm nach der Sturmflut von 1953 zu bemessen und unter gewissen Bedingungen höhere oder geringere Normen anzunehmen.

Das Ergebnis der angestellten Untersuchungen bedeutet für unsere Deichbaupraxis, daß eine obere Grenze der Sturmflutwasserstände und damit auch die von der Wassertiefe abhängigen höchsten Wellenauflaufwerte nicht ausfindig gemacht werden können. Man kann aus diesen Gründen einem Überschwappen der Wellen bei außergewöhnlich hohen Sturmfluten nicht mit Sicherheit entgegentreten und muß dieser Tatsache bei der Querschnittsgestaltung Rechnung tragen. Die Krone des Landesschutzdeiches muß auf jeden Fall höher liegen als der maßgebende Sturmflutwasserstand für den entsprechenden Deichabschnitt, um ein Überströmen des Deiches auszuschließen. Es sollte angestrebt werden, die Deichkrone so hoch zu legen, daß bei einer außergewöhnlichen Sturmflut keine oder möglichst wenige Wellen hinüberschwappen können. Je niedriger die Deichkrone gewählt wird, desto sorgfältiger sind die Vorkehrungen für eine unschädliche Ableitung der Schwappwellen an der Innenböschung zu treffen.

4. Außenböschung

Seit Beginn der Deichgeschichte hat es Schardeiche gegeben. Sie erforderten stets besonders sorgfältige Unterhaltungsarbeiten. Das Vorland wurde nach und nach vom Meere zerstört und fortgeräumt, so daß der Deichfuß schließlich unmittelbar an das Watt oder an einen Strom grenzte und einer besonderen Sicherung bedurfte. Die Schutzwerke am Deichfuß (meist Längswerke) wurden nun bei jeder Flut, das heißt täglich zweimal, mehrere Stunden lang gespült.

Etwa seit 1400 ist der sogenannte Stack- oder Bollwerksdeich bekannt. Dieser bestand aus eingegrabenen, im Deichkörper verankerten Pfählen, gegen die dann Bretter und dahinter Grassoden als Dichtung gebracht wurden. Die Bretterwand ragte schließlich etwa 1,5 bis 3,0 m über das Watt hinaus. Eine ausführliche Beschreibung der „Holzungen“ befindet sich bei BRAHMS (3). Das Bollwerk trug sehr dazu bei, die Brandung hier zu verstärken und das Watt beschleunigt zu vertiefen. Es ist verständlich, daß die Lebensdauer solcher Anlagen insbesondere unter der Wirkung von Sturmfluten nicht groß sein konnte und daß die Wehrfähigkeit auf manchen Strecken als völlig unzureichend bezeichnet werden mußte. Der unerhörte Bedarf an Holz führte in Schleswig-Holstein zu einer Verminderung des Waldbestandes, der um 1800 nur noch etwa 6% der Bodenfläche betrug (gegenüber rund 8% heute). Nach MÜLLER-FISCHER (34) wurde das Holz für diesen Zweck zeitweilig sogar aus Skandinavien eingeführt.

⁵⁾ Vgl. den Auszug in diesem Heft.

In den Sturmflutjahren 1791—94 war der Bedarf an Holz für die Unterhaltung der Bohlwerke besonders groß. Um unabhängig von der kostspieligen Lieferung zu werden, führte der Deichinspektor SIEVERS nach einem Bericht von v. CHRISTENSEN (7) an der Westküste den „Bermedeich“ ein. Die steile Wand wurde durch eine etwa 1:7 geneigte Böschung ersetzt, die mit Soden abgedeckt und mit Stroh bestickt werden mußte. Man hatte so zweifellos eine Verbesserung erreicht, da die Angriffskraft der Wellen an der flachen Böschung stark gebremst wurde. Diese Bermedeiche, auch „Lekdeiche“ genannt, haben sich an einzelnen Stellen bis in die Gegenwart behauptet. Als holländische Deichbauer vor und nach der großen Flut von 1634 in Schleswig-Holstein tätig waren (ROLLWAGEN, BECKER, LEEGHWATER und andere), hatten sie schon die Stackdeiche abgelehnt und im Rahmen ihres Einflußbereiches auf die Ausbildung flacher Außenböschungen hinzuwirken begonnen.

Es hat geraume Zeit gedauert, bis die Stackdeiche vollständig abgelöst wurden. Besonders lange hielt man auf der Insel Nordstrand an den „Holzdeichen“ fest, nach MÜLLER-FISCHER (34) auch noch um die Mitte des 19. Jahrhunderts, als auf der Nachbarinsel Pellworm bereits mit dem Bau von Steindecken begonnen wurde.



Abb. 7
Zuiderzee. Beschädigte
Außenböschung am Ab-
schlußdamm
(vgl. S. 164)

Aufn. PETERSEN, 4. 7. 1953

Auch die strohbestickten Bermedeiche hatten ihre Mängel. Die Bestickung, die zweimal im Jahr ausgeführt werden mußte, wurde zu teuer in der Unterhaltung. Die landwirtschaftlichen Betriebe mußten sich wegen des enormen Bedarfs an Stroh zum Teil auf reinen Ackerbau umstellen⁶⁾.

Die Bermedeiche sind schließlich von den wieder etwas steileren Steindeckwerken abgelöst worden, die bei der Herstellung zwar höhere Kosten erfordern, in der Unterhaltung aber wesentlich wirtschaftlicher sind und dem Deich eine größere Sicherheit geben. Die Berme liegt dabei höher und ist flacher ausgebildet (etwa 1:10); sie schließt nach HINRICHS (17) mit 0,90 m, nach LAFRENZ (26) bis 1,50 m über MThw an das Deckwerk an. KREY (25) erwähnt, daß sich an Stellen mit sehr starkem Wellenangriff Höhen von 3,00 bis 3,50 m über MThw „als ausreichend erwiesen“ haben.

Die in der Zeit von 1923 bis 1938 an der schleswig-holsteinischen Westküste neu gebauten Seedeiche (83,8 km) haben sämtlich flache Außenböschungen mit zunehmender Neigung des Böschungswinkels erhalten. Aus dem Vorland steigen sie zunächst etwa mit 1:10 an, gehen in

⁶⁾ Größenordnung des Strohbedarfs: Für 100 km Deichlänge und 10 m Bestickbreite ergibt sich ein Jahresbedarf an Langstroh von 2 bis 2,5 Mio. kg. Das entspricht bei einem Ertrag von 15 dz/ha um 1800 einer Ackerfläche von 1600 ha, bei einem heutigen Ertrag von 40 dz/ha einer Ackerfläche von 600 ha.

1 : 8, 1 : 5 bis 1 : 3 oder in 1 : 6 bis 1 : 3,5 und ähnliche Böschungsneigungen über, wie Abbildungen bei HINRICHS (17), LORENZEN (27), BOTHMANN (2) und anderen zeigen. Für eine Änderung dieser Form besteht keine Veranlassung, wenn etwas Vorland oder die übliche breite und hohe Außenberme vorhanden ist. Auch die Stabilität des flach geneigten Deichkörpers ist hinreichend gewährleistet, sofern die Deichhaut sorgfältig gepflegt wird. An der langen flachen Böschung findet eine gute Abschwächung der Wellenenergie statt. Die Außenböschungen der Flußdeiche sind im allgemeinen steiler, soweit keine wesentliche Wellentätigkeit zu erwarten ist.

In den Niederlanden findet man auch Außenböschungen mit nach oben abnehmender Neigung des Böschungswinkels, zum Beispiel an dem der Nordsee zugewendeten, 1932 gebauten Zuiderzee-Damm. Fast die gesamte Böschung wurde mit schwerem Steinpflaster abgedeckt. In der Zone, in der man den größten Wellenangriff erwartete, erhielt die Böschung ein außergewöhnlich starkes Pflaster aus belgischen Basaltsteinen (je bis zu 750 kg Gewicht). Während der Februarflut 1953 schwappten die Wellen über die Dammkrone (+ 7,50 m NAP) hinweg. Die aus dem Pflaster abgehobenen schweren Blöcke können wir als unmißverständliche Zeugen für die dort wirksam gewesenen Kräfte ansprechen. Die Blöcke waren vereinzelt hinter die Dammkrone gespült worden! Vor dem Zuiderzee-Damm befindet sich kein Anwachs. Der Fuß des Damms liegt schar vor offenem Wasser von rund 4 m Tiefe (Abb. 7 auf S. 163). Deckwerke werden aus unbehauenen Findlingen, Basaltsäulen, Granitquadern, Beton-Formsteinen, aus unregelmäßigem Setzpack, aus Ziegelmauerwerk, Betonplatten und neuerdings aus mannigfachen Bitumendecken hergestellt. Die unterschiedlichen Eigenschaften der Baustoffe und die noch zu erwartenden Neuentwicklungen durch die Baustoffindustrie lassen ein weites Feld für Erprobungen, Kombinationen und wirtschaftliche Überlegungen offen.

Es kann nicht Aufgabe der vorliegenden Arbeit sein, die Entwicklung von Deckwerken im einzelnen weiter zu behandeln. Wir beschränken uns darauf, die Faktoren anzugeben, die bei der Planung von Fußsicherungen vor schar liegenden Landesschutzdeichen aus hydrodynamischen Gründen angestrebt werden sollten:

- a) Breite der Außenberme 10 m oder mehr,
- b) Höhe der Außenberme am Deckwerk mindestens 1,20 m über MThw,
- c) Neigung der Deckwerke nicht steiler als 1:3, möglichst flacher,
- d) beim Fehlen von Vorland wirken Maßnahmen zur Förderung des Anwachs auf dem Watt einer Vertiefung am Deichfuß entgegen.
- e) beim Fehlen von Vorland und Watt sind stromabweisende Bauwerke unentbehrlich.
- f) Je schmaler die Berme ist und je höher das Deckwerk an einer Deichböschung angeordnet wird, desto mehr ist mit einem hohen Wellenauflauf zu rechnen. Ein Teil des Wellenaufbaus kann durch rauhe Oberflächengestaltung (Vergrößerung des Reibungsfaktors) gebremst und abgefangen werden.

Auf die Bedeutung der Landgewinnungsarbeiten als Küstenschutzmaßnahmen wies bereits BRAHMS (3) hin. Neuerdings erläuterte und begründete sie BOTHMANN (2) ausführlich. Wir werden in Abschnitt VI 2 auf diese Frage zurückkommen.

5. Deichkrone

In früheren Jahrhunderten wurde die Deichkrone oft in einer Breite von 3 bis 8 m angeordnet. Sie diente dann zugleich als Verkehrsweg, vor allem, wenn die Kleiwege in der Marsch während der Wintermonate grundlos und unpassierbar geworden waren. Nach dem Bau von befestigten Wegen, Chausseen und Straßen in der Marsch entfiel dieses Bedürfnis für die See-deiche. Man beschränkte sich etwa von der Mitte des vorigen Jahrhunderts ab auf eine Breite der Deichkrone von 2,50 m, die für den Fuhrwerksverkehr in einer Richtung bei Unterhaltungsarbeiten am Deich ausreicht. Ein Wenden auf der Deichkrone ist dann zwar nicht mehr möglich. Nach dem Verzicht auf eine größere Kronenbreite wurde die nächste Deicherhöhung mit verhältnismäßig geringem Aufwand durch Aufsetzen einer Kappe gelöst.

In den Niederlanden wurde die breite Deichkrone in vielen Fällen beibehalten und den



Abb. 8
Schouwen, westlich des
Deichbruchs Schelphoek.
Asphaltstraße auf der
Deichkrone. Rißbildung
infolge beginnender Rut-
schung der Innenböschung

Aufn. PETERSEN, 2. 7. 1953

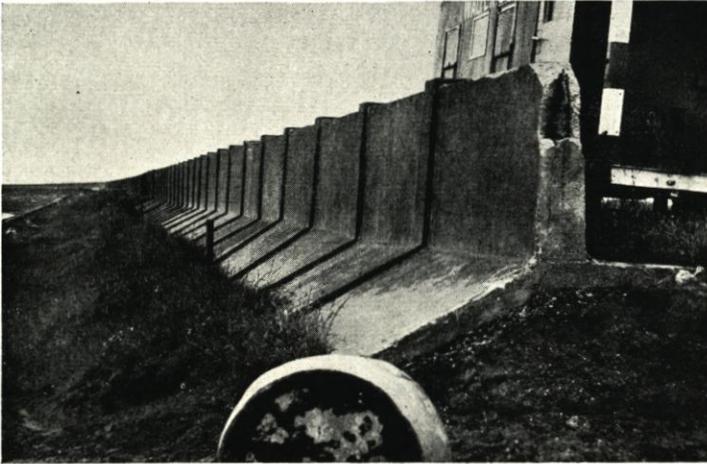


Abb. 9
Schouwen, de Muralt'sche
Deichmauer bei Rengers-
kerke. Mauerhöhe 1,4 m,
steigt bis zur Deichbucht im
Hintergrund auf 1,8 m an.
Oberkante etwa + 6,0 m,
HHW am 1. 2. 1953 etwa
+ 4,3 m. Keine Deich- oder
Mauerbrüche

Aufn. PETERSEN, 2. 7. 1953



Abb. 10
Schouwen, Südende der
Flauer's Inlaag. Hinter der
Deichmauer keine oder ge-
ringe Schäden. Innenbö-
schung der Deichstrecke
ohne Mauer stark beschä-
digt

Aufn. PETERSEN, 2. 7. 1953

Erfordernissen des modernen Verkehrswesens entsprechend befestigt. Während der Katastrophenflut 1953 haben die dichten und nachgiebigen Asphaltdecken auf der Deichkrone den Deichen einen ausgezeichneten Schutz gegen überschlagende Wellen gegeben (Abb. 8). Abdeckungen mit großen Betonplatten hingegen wurden von VAN NOOTEN (37), KLEIN (24) und anderen als ungeeignet bezeichnet.

Die Breite der Deichkrone konnte in den Niederlanden zum Teil auch beibehalten werden, weil die vor vierzig Jahren als notwendig erkannten Deicherhöhungen mit auf die Deichkrone gesetzten Betonmauern nach DE MURALT erreicht worden waren. SLOET (53, 54) und andere lehnen die Konstruktion völlig ab. Eigene Beobachtungen an den Deichen von Ouwerkerk bis Burgsluis auf Schouwen—Duiveland und am Bathpolder, Kattendijk, Goes'se Sass und Kruiningen in Zuid-Beveland lassen das Urteil als zu hart erscheinen, da manche der besichtigten Deichstrecken mit aufgesetzten Mauern standgehalten haben, während unmittelbar anschließende Abschnitte ohne Mauern zerstört vorgefunden wurden (Abb. 9 u. 10). Die Ursache für die Zerstörungen dürfte in erster Linie darin zu suchen sein, daß die Wellen über die Deiche hinüberschwappten, an sehr steilen Innenböschungen abfließen, den Deich von innen her beschädigten (Abb. 11 u. 12), die Mauern — ebenfalls von innen her — unterhöhlten und diese schließlich zum Einsturz brachten. Könnte das Wasser von der Innenböschung ferngehalten werden, dann blieben die aufgesetzten Mauern erhalten.

Für die schleswig-holsteinischen Landesschutzdeiche kommt die Verwendung von aufgesetzten Betonmauern wegen der zu erwartenden Wellentätigkeit und der Neigung der Deichkrone zu Setzungen nicht in Frage. Ausnahmen könnten als Behelfslösungen nur dort zugelassen werden, wo eine sehr geringe Wellentätigkeit nachzuweisen ist (zum Beispiel in Ortschaften).

6. Innenböschung

Fast sämtliche Beschreibungen von Katastrophen-Sturmfluten enthalten Mitteilungen über Beschädigungen der Seedeich-Innenböschungen. Die Küstenbevölkerung und Chronisten nennen diese Schäden seit Jahrhunderten „Kammstürze“. Nachdem die Wellen einige Zeit über die Deichkrone hinweggeschwappt sind, gerät der Boden infolge Durchnässung irgendwo an der Böschung ins Gleiten, benachbarte Teile verlieren danach ihren Halt und folgen, so daß dort ein Steilhang entsteht. Bei längerem Anhalten des Überschwappens — 14 Stunden lang am 1. Februar 1953 — wird der Querschnitt des Deiches schließlich derart geschwächt, daß die Standsicherheit nicht mehr vorhanden ist [KLEIN (24), BURGER (4) und andere]. Der Deich muß dann brechen — auch bei völlig unbeschädigter Außenböschung.

Diese Erscheinungen konnten an einigen Abschnitten der schleswig-holsteinischen Landesschutzdeiche bei den Oktoberfluten 1936 (Schäden an Innenböschungen ohne Deichbruch, Abb. 2) und in erschütternder Anzahl bei der Überschwemmungskatastrophe 1953 in den Ländern an der südwestlichen Nordsee beobachtet werden (Abb. 11 u. 12).

Kammstürze entstehen, wenn die über die Deiche schwappenden Wassermengen nicht schadloos an den Innenböschungen abgeleitet werden können. Das Böschungsverhältnis beträgt bisher im allgemeinen etwa 1 : 1,5. Bei neueren Deichen ist es bis 1 : 2 erweitert, und bei älteren finden wir Neigungen bis 1 : 1 und vereinzelt auch noch steilere. An diesen Böschungen treten während der Trockenperioden Risse und Spalten auf. Die Bildung einer dichten Grasnarbe und eine systematische Beweidung sind nicht möglich. Deshalb sind hier die besten Voraussetzungen für die Wühl-tätigkeit von Mäusen und Maulwürfen gegeben. Die Schafe treten scharf abgesetzte Pfade und beschädigen oft durch Scheuern an deren Steilrändern die Böschung. Es entstehen dann gelegentlich quadratmetergroße nackte Stufen mit über ½ m hohen senkrechten Wänden. Besonders in der Nähe der unmittelbar hinter dem Deich stehenden Häuser sind solche Schadensstellen zu beobachten. Auch durch das Spielen der Kinder können solche Stellen erweitert werden.

Kammstürze werden auch dann hervorgerufen, wenn der Koog nach einem Deichbruch überschwemmt wird und das Wasser von innen her unmittelbar an den Fuß der Innenböschung



Abb. 11
Schouwen, Cauer's Inlaag.
Abgerutschte Innenböschung.
Deichkrone etwa + 6,3 m. Deich nicht
beweidet, deshalb hochgewachsene
Gräser

Aufn. PETERSEN, 2. 7. 1953



Abb. 12
Schouwen, nördlich Ren-
gerskerk. Ansicht der zer-
störten Innenböschung.
Obere Rutschflächen sollen
schon durch Sturmflut am
1. 2. 1953 vorbereitet sein.
Unten Brandungskehle in-
folge Überflutung des Pol-
ders. Deichkern aus magerem
Ton. Innenberme nicht
sichtbar

Aufn. PETERSEN, 2. 7. 1953



Abb. 13
Schouwen, westlich Zierik-
zee. Kolke an der Innen-
böschung des Deiches. In-
nenberme nicht sichtbar

Aufn. HUNDT, 2. 7. 1953

herantritt. Der Deichfuß wird durchweicht, er verliert den Halt, und der Boden der Innenböschung rutscht abwärts.

Über die Vorgänge im Deichkörper bei Sturmfluten ist noch wenig bekannt geworden. Aufschlußreiche Ergebnisse dürften nach Abschluß einer planmäßigen Bearbeitung der zahlreichen Aufschlüsse in den Niederlanden zu erwarten sein.

Unabhängig von diesen Ergebnissen, die voraussichtlich wichtige Hinweise für spezielle Planungen bringen werden, ist festzustellen, daß die Innenböschungen unserer Deiche in Zukunft zur Ableitung von Überlaufwasser hergerichtet werden müssen, wie auch die WAVERLY KOMMISSION (63) für die englischen Deiche vorschlägt. Dies kann durch die Ausführung von flacheren Böschungen und genügend hohen Innenbermen erreicht werden. Dadurch wird auch die Bildung einer dichten Grasnarbe ermöglicht. Es wird empfohlen, die Böschungsneigung im Verhältnis 1:3 oder flacher herzustellen, je nach Art des Deichbodens. Diese Neigung gestattet vielleicht sogar das Beweiden der Böschung mit Großvieh [WENHOLT (66)]. Böschungen 1:2 und steilere werden durch den Weidegang „dauernd beschädigt“, und es kann sich besonders bei Südlagen nur ein spärlicher Graswuchs entwickeln. „Diese Mängel treten bei 1:3 geböschten Deichen nicht mehr auf, wie es bei dem Grohdeich⁷⁾ auf Norderney praktisch erprobt wurde.“ Auf Grund dieser Erfahrungen wurde auch der Störtebeckerdeich in der Leybucht 1947 gebaut. Die Erwartungen hinsichtlich der erreichbaren Deichpflege sind hier zur Zufriedenheit erfüllt worden.

Dort, wo eine Erhöhung des Deiches oder eine Abflachung der Innenböschung aus bestimmten Gründen nicht durchführbar sein sollte, wird entsprechend den holländischen und englischen Forderungen zumindest eine Dränung im Deichfuß eingebaut werden müssen. Nach längeren Regenperioden, die oft mit Sturmzeiten zusammenfallen, sind an vielen Stellen die Innenberme, die Innenböschungen bis weit über 1 m Höhe und die unteren Teile der Deichüberfahrten vollkommen aufgeweicht, so daß man schon beim Darüberhingehen tiefe Fußindrücke hinterläßt. Wie weit an anderen Abschnitten eine größere Stabilität des Böschungsfußes mit Dränungen erzielt werden kann, wird von Fall zu Fall zu prüfen sein. Nach Untersuchungen von ITERSON (20) in den Niederlanden „darf ein frostsicherer Dränungsstrang für das Austreten des Wassers aus dem Deichkörper in Zukunft bei keinem Deich mehr fehlen“. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen COOLING und MARSLAND (48) bei ihren bodenmechanischen Forschungen an den Durchbrüchen von Essex und Kent.

An Deichstrecken, wo nur sehr sandiger Kleiboden zur Abdeckung des Deichkörpers zur Verfügung steht, wird auch die Möglichkeit zu untersuchen sein, ob eine Befestigung der Krone und Innenböschung (etwa mit einer Asphaltdecke) in Frage kommt.

7. Innenberme

Die Aufgaben der Innenberme sind in der Vergangenheit und Gegenwart offenbar nicht immer klar erkannt worden, denn an manchen Deichabschnitten fehlt die Innenberme völlig oder sie ist nur andeutungsweise vorhanden; an andern Stellen (zum Beispiel in tief liegenden alten Kögen) liegt sie auf weiten Strecken so tief, daß bei Überschwemmungen die Berme mit Wasser bedeckt und der Deichfuß von der Innenseite her durchfeuchtet wird. An den Deichen im Katastrophengebiet der Niederlande wurde dieser Nachteil in anschaulicher Weise dargelegt (Abb. 13 u. 14).

Zweifellos ist eine Berme aus Gründen der Standsicherheit und als Zuwegung für die Unterhaltung des Deiches [HINRICHS (17), PFEIFFER (44)] erforderlich. Daraus ergeben sich die Bedingungen für die Ausführung:

Die Innenberme muß trocken gehalten werden. Man hat dies erreicht, wenn die Berme über MThw liegt und ein Gefälle (etwa 1:20) vom Deich zum Rhynschlot hat. In Holland ist sie oft mit einem befestigten Weg versehen (zum Beispiel Asphaltdecke).

⁷⁾ Sanddeich mit geringer Kleidecke.



Abb. 14
Süd-Beveland, Kruininger
Deich an der Westerschelde
(in Sturmlee). Innen-
böschung etwa 1:1, nied-
rige Innenberme
Oberkante der Mauer auf
etwa + 6,2 m, HHW am
1. 2. 1953 etwa + 5,1 m.
Ausbruch der Innen-
böschung. Deichmauer und
Außenböschung in Ord-
nung. Deich nicht beweidet

Aufn. PETERSEN, 3. 7. 1953



Abb. 15
Süd-Beveland im Kruininger
Polder. Unbefestigte
Wege auch bei Ebbe nicht
befahrbar, sie fördern die
Bodenerosion

Aufn. PETERSEN, 3. 7. 1953

Als Breiten für die Innenberme wurden bei den neueren Landesschutzdeichen in Schleswig-Holstein 7 m, in Niedersachsen 10 m gewählt. Nach der Polizeiverordnung von 1938 (45) wird für die Innenbermen der schleswig-holsteinischen Landesschutzdeiche ebenfalls eine Breite von 10 m verlangt.

8. Rhynschlot

Als Rhynschlot bezeichnet man den an der Innenseite des Deiches liegenden Graben, der als Zubehör zum Deich in den zu behandelnden Fragenkomplex einbezogen werden muß. Man findet den Rhynschlot in der Größe eines normalen Parzellengrabens oder eines größeren Vorfluters, aber auch als mehrere Meter tiefe und 25 und mehr Meter breite Rinne oder als „Püttloch“.

Die Abmessungen für den Rhynschlot sollten sich normalerweise *nur* aus den von der Innenböschung des Deiches und der Berme abzuführenden und aussickernden (meist sehr geringen) Wassermengen ergeben.

Ein größerer Vorfluter sollte möglichst nicht mit dem Rhynschlot vereinigt werden. Bei Neueindeichungen ist eine Trennung durchaus möglich, indem der Hauptentwässerungsgraben mindestens 50 m vom inneren Deichfuß entfernt bleibt. Die Verlegung eines Vorfluters dürfte auch bei Deichverstärkungen gelegentlich erreichbar sein.

Die Anordnung der Bodenentnahmestellen für den Bau des Deiches oder für seine Erhöhung und Verstärkung unmittelbar hinter der Binnenberme ist nach den Erfahrungen bei der Sturmflut am 1. 2. 1953 nicht mehr zu vertreten. Die Gesichtspunkte, die HINRICHS (17) für den Bau des Rhynschlotes im Sönke-Nissen-Koog anführte, haben inzwischen an Überzeugungskraft verloren. Dies um so mehr, als HINRICHS die Vor- und Nachteile hauptsächlich auf die damalige Bauausführung bezog. Ein tiefer und breiter Rhynschlot stellt eine Gefahr für die Standsicherheit des Deiches bei außergewöhnlich hohen Sturmfluten dar. Die Entnahme von Boden für den Bau von neuen Landesschutzdeichen sollte grundsätzlich außerhalb des Deiches erfolgen, weil die dabei entstehenden Schächte oder „Püttlöcher“ meist ohne wesentliche zusätzliche Kosten durch die täglichen Fluten wieder aufgefüllt werden. Diese Forderung läßt sich bei Deichverstärkungen nicht immer verwirklichen. Aber dann sollten die Bodenentnahmestellen innen so weit vom Deich entfernt gewählt werden, daß spätere innenseitige Verstärkungen nicht unnötig erschwert werden.

9. Bauwerke in den Landesschutzdeichen

Sämtliche Bauwerke im und am Landesschutzdeich, wie Siele, Schöpfwerke, Schiffahrtsschleusen, Stöpen usw. bedürfen einer besonders sorgfältigen Gründung, Sicherung gegen Um- und Unterläufigkeit sowie Überwachung. Sie stellen als fremde Teile die bei Sturmfluten empfindlichsten Stellen im Deich dar, sofern sie nicht in der Lage sind, die äußersten Beanspruchungen mit Sicherheit aufzufangen. Es ist zwar üblich, die Bauwerke im Deich mit doppelten Verschlüssen zu versehen (Siele mit je einem Stemmtorpaar und einem Schütz, Schleusen mit zwei Sturmflutoren, beziehungsweise Sturmfluttorpaaren). Verwirklicht worden ist dieses Ziel jedoch noch nicht in allen Fällen.

Den Ausführungen von KLEIN (37) ist zu entnehmen, daß in der Provinz Südholland bei allen Kunstbauten des Hauptwasserschutzes ein doppelter Verschuß seit Jahr und Tag gefordert wird, und daß in Südholland alle Schleusen und Siele des Hauptwasserschutzes innerhalb einer Zeitspanne von rund 25 Jahren trocken gelegt werden müssen, um sie kontrollieren zu können. VAN VEEN (14) empfiehlt, man sollte Hebersiele verwenden, wo es möglich ist.

Alle Bauwerke in den schleswig-holsteinischen Landesschutzdeichen sind nunmehr nach den von HUNDT (19) ermittelten „maßgebenden Sturmflutwasserständen“ zu berechnen und zu bemessen. So wird zum Beispiel ein Stöpenverschluß von 3 m Breite, der auf 2 m erhöht werden muß, kaum mit 5 cm starken hölzernen Bohlen ausreichen.

Die Pegel müssen so standsicher aufgeführt werden, daß sie auch bei den höchsten Sturmfluten die zu erwartenden Wasserstände einwandfrei aufzeichnen. Die Meßgeräte sollen in und an standfesten Bauwerken und Bauteilen sicher angebracht und für die Aufzeichnung aller Sturmflutscheitel ausgerüstet sein.

Den Wert der für die Planungen im Deichbau unentbehrlichen Wasserstands- und Wellenbeobachtungen hatte BRAHMS (3) schon 1754 klar erkannt. Er bedauerte, daß ihm nicht die Wasserstände von zwei bis drei Jahrhunderten zur Verfügung standen⁸⁾.

10. Deichpflege

Anlässlich der Deichschau im Frühjahr und Herbst gilt die Aufmerksamkeit der Schaukommissionen auch der Bedeckung des Deiches. Sie bedarf einer sorgfältigen Pflege. Die Pflege

⁸⁾ Es ist ein Zeichen von Weitsicht, wenn BRAHMS einen „Flutmesser“ ausführlich beschreibt, erläutert und abbildet, der mit unseren heutigen Tassenpegeln (Grenzwertpegeln) manche Ähnlichkeit aufweist.

der Landesschutzdeiche umfaßt für Schleswig-Holstein nach der Polizeiverordnung von 1938 über das Deich- und Wasserwesen im Marschengebiet (45) folgende Tätigkeiten:

„Anschwemmungen (Treibsel) sind innerhalb von 5 Tagen in Haufen zu setzen und nach Abtrocknen der Deiche unverzüglich zu entfernen;
Disteln, Brennesseln, Sandgräser und sonstiges Unkraut sind mindestens zweimal im Jahr, das erstemal bis zum 24. Juni, das zweitemal bis zum 24. August, zu mähen; tiefwurzelndes Unkraut ist auszustechen; die Deichpolizei kann je nach den örtlichen Verhältnissen die Fristen verkürzen oder verlängern;
Beschädigungen des Deiches bzw. der Grasnarbe, die durch Fluten, Eisgang, Weiden des Viehs oder sonstige Einflüsse verursacht sind, sind unverzüglich zu beseitigen;
Maulwürfe, Mäuse und andere für den Deich schädliche Tiere sind durch geeignete Maßnahmen zu fangen und zu töten; Maulwurfshügel sind unverzüglich einzuebnen.“

Das Fangen und Töten von Mäusen dürfte so lange kaum befriedigend gelingen, als die Grasnarbe nicht sehr kurz gehalten wird. Die vorgenannte Verordnung untersagt „das Mähen der Deiche und Bermen“ mit Recht. Die Forderung, dauernd eine geschlossene, dichte und kurze Grasnarbe an den Landesschutzdeichen zu erhalten, kann nicht nachdrücklich genug betont werden. Wie nachgewiesen werden konnte, bezieht sich die Forderung auf die gesamte Grasnarbe des Deiches, also auch auf die Innenböschung. Die erwünschte Vegetationsdecke wird durch Herstellung von möglichst flachen Böschungen und durch ein systematisches Beweiden des Deiches mit Schafen erreicht.

Eine zeitgemäße und biologisch begründete Deichpflege führte zu der Auswahl standortgemäßer Grassorten als Saatgut für Deichkrone, Innenböschung und Innenberme [WOHLENBERG (71)]. Diese Flächen brauchen bei neuen Deichen und bei Deichverstärkungen nicht mit den kostbaren Soden abgedeckt zu werden. Die Zusammensetzung der Gräser ergibt sich aus dem Zustand des Mutterbodens und der Lage der Ansaatflächen zur Sonne.

IV. Dünen als Schutz des Landes

Die Dünen bei St. Peter bilden auf einer kurzen Strecke den alleinigen Schutz der Landschaft Eiderstedt gegen Überschwemmungen bei Sturmfluten. Hier drang das Nordseewasser während der Flut am 2./3. Februar 1825 ein und ergoß sich über rund 4000 ha Marschland [SALCHOW (47)].

Der Bestand einer Düne am Strand ist bekanntlich in starkem Maße von der Häufigkeit und Dauer hoher Sturmfluten abhängig. Der Nachschub an Sand erfolgt — über die Länge der Zeit gesehen — in geringen Mengen. Bei den Geländestreifen, die bei einer Sturmflut von einer Düne abgetragen werden können, handelt es sich bisweilen um Beträge von mehreren Metern. Im Jahre 1926 mußten die Dünen der Insel Trischen vor der Dithmarscher Küste in einer Sturmnacht einen Streifen von 25 m Breite hergeben [WOHLENBERG (72)]. An der süd-holländischen Küste wurde der Dünenfuß in der Nacht vom 31. Januar zum 1. Februar 1953 nach SCHEPERS (51) überall mindestens um 10 m, an den meisten Strecken um mehr als 15 m und stellenweise um 25 m landeinwärts verschoben. An den Dünen der ostfriesischen Inseln sind ähnliche Maße beobachtet worden.

Mit den Werten der vorstehenden Größenordnung wird man auch in Zukunft für die Dünen in Schleswig-Holstein zu rechnen haben. Eine Unterschätzung der hinter den Dünen und teilweise vor den Dünen bei St. Peter errichteten Deiche mit Zubehör und des dazwischen gelegenen Dünengebietes könnte bei einer außergewöhnlich hohen Sturmflut abermals zu einer Überraschung führen.

Das breite Vorland, das vor den Dünen von St. Peter liegt, ist dank seiner spezifischen Vegetationszusammensetzung für den Dünenschutz von besonderem Wert.

V. Sturmflutwarndienst und Katastrophenschutz

Nach der Sturmflutkatastrophe 1953 wurden in den betroffenen Ländern England (40, 41, 63), Belgien (39) und in den Niederlanden nach BLIEMOND und VAN NOOTEN (37), nach SCHEPERS (51) und anderen die Vor- und Nachteile der bestehenden Formen der Selbstverwaltung und der Aufsichtsorgane im Hinblick auf den Deichschutz sowie die Notwendigkeit zur Erweiterung des Sturmflutwarndienstes eingehend erörtert.

Für die schleswig-holsteinischen Verhältnisse besteht zur Zeit keine Veranlassung, eine grundlegende Reform anzustreben. Der Sturmflutwarndienst tritt bei uns seit dreißig Jahren bei jeder Sturmflut in Tätigkeit, welche Wasserstände von einem Meter über MThw und höher erwarten läßt oder erreicht. Die Warnungen kommen in einer Arbeitsgemeinschaft zustande unter der verantwortlichen Leitung des Deutschen Hydrographischen Instituts in Hamburg und unter Beteiligung des Seewetteramtes in Hamburg, der Marschenbauämter Husum und Heide, der Wasser- und Schifffahrtsämter Tönning und Glückstadt, mehrerer Dienststellen an der niedersächsischen Küste und der Schifffahrt. Über die Entwicklung des deutschen Sturmflutwarndienstes berichtete TOMCZAK (59) anlässlich des dreißigjährigen Bestehens. Darüber hinaus gibt es eine Katastrophenschutzordnung, die eine erhöhte Bereitschaft auslöst, sobald eine Hochwassermeldung einen Wasserstand von 2,50 m oder mehr über MThw voraussagt und, falls die Voraussage nicht erfolgen sollte, wenn der Wasserstand 2,50 m über MThw an den Pegeln Husum, Büsum und Glückstadt erreicht oder überschritten wird. Voraussetzung für den erwünschten Verlauf des Sturmflutwarndienstes und des Katastrophenschutzes ist die Sicherung der Nachrichtenmittel gegen Versagen bei Sturmfluten. Da Strom- und Fernsprechoberleitungen dabei häufig beschädigt und außer Betrieb gesetzt wurden, sind im Boden verlegte Kabel den Oberleitungen vorzuziehen. Kabel sollten nicht im Seedeich angeordnet werden.

VI. Möglichkeiten zur Entlastung des Landesschutzdeiches

Die Überschwemmungskatastrophe am 1. Februar 1953 in den Ländern an der südwestlichen Nordsee zeigte mit aller Deutlichkeit, wie weit sich eine Flut ausbreiten kann, wenn die Aufgabe der Wasserwehr auf eine einzige Deichlinie beschränkt bleibt.

Wie nachgewiesen werden konnte, war die Suche nach der „höchstmöglichen“ Sturmfluthöhe vergeblich. Aber auch die für erforderlich gehaltene, maßgebende Sturmfluthöhe eines Landesschutzdeiches ist wegen des Bodenaufbaues nicht überall erreichbar, so daß ein Überlaufen eines Teiles der Wellen in den hinter den Deich gelegenen Koog nicht ausgeschlossen ist.

Überschwemmungen können auch künstlich, z. B. aus militärischen Gründen veranlaßt werden. Seit Jahrhunderten sind bis in die jüngste Zeit zahlreiche Ereignisse dieser Art in die Geschichte der Marschen eingegangen.

Es werden deshalb im folgenden die Möglichkeiten zur Entlastung der Hauptverteidigungslinie sowohl im rückwärtigen Gebiet als auch auf der Wasserseite untersucht.

1. Entlastung des Landesschutzdeiches auf der Landseite

Wo ein neuer Landesschutzdeich vor einem früheren Schaudcich liegt, ist dieser den Beanspruchungen bei Sturmfluten nicht mehr ausgesetzt — er wurde zum Mitteldeich oder Reserve-deich. Der Mitteldeich tritt als Wehranlage nur im Katastrophenfall in Funktion. Die Bedeutung der Mitteldeiche für die Sicherheit der Marschen ist bei der Küstenbevölkerung seit langem angezweifelt oder gar nicht erkannt worden, obwohl sie in alten und neuen Verordnungen klar und unmißverständlich zum Ausdruck kam. Man hat die Mitteldeiche für den Straßenbau abgetragen, um die erforderliche Breite zu gewinnen, man verwendete den Boden zum Bau von Warfen für trockene und sichere Wohnplätze, zur Erhöhung und Verstärkung von Schaudcichs,

zum Verfüllen von Senken und Gräben auf benachbarten Grundstücken, zur Verbesserung der Äcker und Weiden, es wurden auf Mitteldeichen Häuser gebaut, Gärten angelegt und anderes mehr. Auf weiten Strecken sind sie ganz abgetragen worden. Das wird zum Beispiel auch für die Mitteldeiche des Polders Schouwen vermutet (38). Gegen den Abtrag eines Schlafdeiches (der dritten Deichlinie hinter einem Landesschutzdeich und einem Mitteldeich) wird im allgemeinen nichts einzuwenden sein, sofern die Wehrfähigkeit der zweiten Deichlinie gewährleistet ist.

Nach der schleswig-holsteinischen Polizeiverordnung für das Deich- und Wasserwesen (45) sind Mitteldeiche *„in wehrhaftem Zustande zu erhalten. Abgrabungen, Durchstiche, Errichtung von Baulichkeiten jeder Art bedürfen der Genehmigung des Landrats und des staatlichen Deichinspektors. Die Genehmigung zu Neu- und Wiederaufbauten kann mit der Auflage verbunden werden, daß die Gebäude ohne Entschädigung zu entfernen sind, wenn es im Deichinteresse von den zuständigen Behörden gefordert wird. Mitteldeiche sind nach Bedarf, d. h. nach pflichtmäßigem Ermessen der Deichaufsichtsorgane, zu schauen.“* Sinngemäß ist diese Bestimmung schon im „Allgemeinen Deichreglement“ von 1803 enthalten (33).

Auf den großen Wert, welcher der Unterhaltung oder Schaffung von Mitteldeichen beizumessen ist, haben die niederländische DELTAKOMMISSION (31) und die englische WAVERLY-KOMMISSION (63) erst vor kurzem nachdrücklich hingewiesen. Während der Sturmflut im Februar 1953 bewährten sich vorhandene Mitteldeiche vorzüglich, indem sie die Überschwemmungen begrenzten. Später mußten zum Schließen der Deichlücken in den überschwemmten Poldern, wo keine Mitteldeiche vorhanden waren, erst neue Ringdeiche hergestellt werden. Die im Rhythmus der Gezeiten durch eine Deichlücke ein- und ausströmenden Wassermengen wurden auf diese Weise verringert. Auf der Insel Goeree-Overflakkee wird das Deichsystem jetzt grundsätzlich so erneuert, daß der Kern der Insel durch einen Ringdeich als Innendeich eingefaßt wird, während die gesamte Insel von einem höheren Außendeichring umschlossen wird. Der Innenring ist wieder durch verschiedene Innendeiche unterteilt, und zwischen Innen- und Außenring werden in bestimmten Abständen Schenkeldeiche gebaut.

Der schleswig-holsteinische Landesschutzdeich erstreckt sich über rund 535 km, davon rechnen 155 km für die Niederelbe, 60 km für die Untereider und 320 km für die Westküste mit den nordfriesischen Inseln. Auf rund 120 km ist eine zweite Deichlinie mit Schenkeldeichen vorhanden, die als wehrfähig zu bezeichnen sind oder mit geringen Mitteln entsprechend hergerichtet werden können. Als geringste Höhe für einen Mitteldeich sollte das Maß 1,0 m über MThw nicht unterschritten werden. Die Fläche zwischen dem Schauddeich und der zweiten Deichlinie umfaßt 15 000 ha in 25 Kögen oder im Durchschnitt 600 ha/Koog.

Die Bauwerke im Mitteldeich wie zum Beispiel Siele, Durchlässe, Stöpen bedürfen ebenfalls einer sorgfältigen Unterhaltung und Überwachung. Es muß sichergestellt sein, daß die Öffnungen im Falle einer Überschwemmung geschlossen werden können, um eine weitere Ausbreitung der Flut zu verhindern. Voraussetzung hierfür ist das Vorhandensein von Schützen, das Bereithalten von Dammbalken und eine Regelung für die Bedienung der Anlagen.

Bei der Überschwemmung in den Niederlanden hat sich weiter gezeigt, daß unbefestigte Wege eine Prielbildung im Polder begünstigen können (Abb. 15 auf S. 169). Nach dem Deichbruch waren sie nicht mehr befahrbar. Auf den befestigten Straßen dagegen war der Verkehr bei Ebbe immer (auch für Hubschrauber) und bis zu einem bestimmten Grade auch dann noch möglich, wenn die Flut bereits die Fahrbahn bedeckte.

Für unsere Verhältnisse geht die Lehre aus diesen Erfahrungen dahin, daß die Wege hinter dem Landesschutzdeich dort, wo es wirtschaftlich gerechtfertigt ist, so vollständig wie möglich befestigt werden sollten.

2. Entlastung des Landesschutzdeiches auf der Wasserseite

Außerhalb des Landesschutzdeiches oder an der Wasserseite können Sommerköge, Anwachgebiete (Vorland), hohe Watten, vorgelagerte Inseln und Halligen, Dämme sowie Neueindeichungen eine Entlastung bewirken.

Der Deich eines Sommerkooges wird von vornherein als Überlaufdeich mit flacher Innenböschung (meist 1 : 4) und mit einer Kronenhöhe von 2,20 m und mehr über MThw gebaut. Dadurch wird am Landesschutzdeich die Wellenenergie weitgehend abgeschwächt und der Wellenaufbau verringert. Mitteilungen über Erfahrungen beim Bau und bei der Unterhaltung von Sommerdeichen, bei Entwässerungsanlagen und bei der Behandlung der Sommerköge liegen von HINRICHS (17) für den Bezirk von der deutsch-dänischen Grenze bis Husum und von LAFRENZ (26) für den Bezirk von Husum bis zum Nord-Ostsee-Kanal vor. In Nordfriesland befinden sich 9 km, vor der Küste Eiderstedts und Dithmarschens 36,4 km der Schaudedeiche im Schutze von Sommerdeichen.

Auch die über MThw liegenden Vorlandflächen und die bei normaler Flut nur wenige Stunden mit Wasser bedeckten hohen Watten spielen für die Bildung und Verformung der Wellen und infolgedessen auch für das Maß des Wellenaufbaus am Deich eine wichtige Rolle; denn letzterer ist in starkem Maße von der Wassertiefe vor dem Deich abhängig. Je höher und breiter das Vorland ist, desto geringer ist die Wellenhöhe. Die von TELLEGEN (57) mitgeteilte Vermutung, daß sich das Vorland bei hohen Fluten nachteilig auswirken könnte, steht dazu scheinbar in Widerspruch. Ein breites Watt und Vorland verursacht eine Erhöhung des Windstaues; die Wellentätigkeit wird jedoch schwächer. Aus Modellversuchen ging hervor, daß bereits ein schmaler Vorlandgürtel von etwa hundert Metern Breite den Wellenaufbau entscheidend dämpft [HENSEN (16)].

Inseln, Halligen und Dämme im Wattengebiet stellen zusammen mit den Außensänden, die bei MThw nicht überflutet werden, vorgeschobene Wellenbrecher dar. Auf die Erhaltung dieser Landesteile und Bauwerke darf aus Gründen des Küstenschutzes nicht verzichtet werden. Mit Ausnahme der Außensände sind sie seit langem bei den generellen Planungen an der Westküste entsprechend berücksichtigt worden.

Die Aufgaben der vor dem Landesschutzdeich gelegenen Gebiete für den Küstenschutz im erweiterten Sinne hat BOTHMANN (2) richtungweisend herausgestellt: *„Es wird zukünftig mehr darauf ankommen, den Küstenschutz nicht nur als rein örtliche Verteidigung einer Ufer- oder Deichlinie zu betreiben, sondern das Augenmerk dabei auch auf die Vorgänge im Bereich des vorgelagerten Wattenmeeres zu richten.“* Es wird gefordert, daß die Landgewinnungsarbeit sich nicht auf die Strecken des günstigsten Anwuchses beschränken darf, sondern sie *„ist vielfach wichtiger an solchen gefährdeten Stellen der Küste, wo sie ohne Aussicht auf schnelle Erfolge etwas mehr mit Gewalt betrieben werden muß.“* Ähnliche Wirkungen versprach sich HINRICHS (17) von den Landgewinnungswerken: *„und es wird die Zeit kommen, wo auch vor Steindeichen neues Land entsteht“.*

Zu Beginn des Jahres 1954 betrug der Bestand an Busch- und Erdlahnungen vor der schleswig-holsteinischen Westküste rund 920 km oder im Durchschnitt rund 3 km je km Deichlänge (ohne Eider- und Elbdeiche). Etwa 150 km oder 28 % der gesamten Länge des Landesschutzdeiches liegen schar, so daß sie mit Deckwerken geschützt werden. Nach WEINNOLDT und SUHR (64) ist die stetige Fortsetzung der Landgewinnungsarbeiten *„im Interesse der Sicherheit der schleswig-holsteinischen Marschgebiete und ihrer zeitgemäßen Weiterentwicklung unbedingt erforderlich“.*

WOHLENBERG (70) erbrachte den Nachweis, daß die Ausbreitung des Quellers, der bei geschlossener Bestandsbildung die Sedimentation fördert, durch künstliche Aussaat an geeigneten Stellen unterstützt und dadurch die Anwachsung gefördert werden kann. Es ist also durchaus möglich, das Watt vor dem Deich mit geeigneten Verfahren aufzuhöhen.

Wenn deichwürdiger Anwachs in hinreichender Ausdehnung vorhanden ist, wird das Neuland eingedeicht. Das Deichsystem erhält durch den zusätzlichen modernen Seedeich einen weiteren Schutzwall. Dem alten Landesschutzdeich verbleiben dann die Aufgaben eines Mitteldeiches. Mit der Neueindeichung ist der Gewinn von wertvollem Siedlungsraum verbunden. Die Bedeutung der Neueindeichung wurde 1931 vom MARSCHENVERBAND SCHLESWIG-HOLSTEIN (42) herausgestellt und zur Grundlage des von LORENZEN (28) erläuterten 10-Jahresplanes für die

Westküste gemacht. Daß es sich hierbei um eine echte volkswirtschaftliche Aufgabe handelt, wurde von WITT und PETERSEN (68) nachgewiesen.

Von der Möglichkeit der Neueindeichungen sollte nach den Untersuchungen von IWERSEN (21) über die Kultivierung eingedeichter Watten mehr als bisher Gebrauch gemacht werden, denn „nach Einführung der verbesserten künstlichen Entwässerung und bei folgerichtiger Anwendung neuerer Erkenntnisse in der Kultivierung ist in manchen deich- und dammnahen Wattzonen das langwierige, sinkstoffverschwendende Verfahren der langsam fortschreitenden Auflandung nicht mehr vertretbar“. Die planmäßige Eindeichung von Wattflächen schafft zugleich die Voraussetzung für die Herstellung von weiträumigen Süßwasserbecken, welche der zunehmenden Gefahr einer Versalzung des Grundwassers unter der Marsch entgegenwirken können.

In den Niederlanden geht man nach den Empfehlungen der DELTA-KOMMISSION (31) einen wesentlichen Schritt weiter, als es an der Westküste Schleswig-Holsteins zweckmäßig erscheint. Dort sollen mehrere Seegaten durchdämmt werden, um die jetzigen Hauptdeiche zu Reservedeichen degradieren zu können. Die Gründe für diesen Plan haben sich aus der außergewöhnlichen Situation ergeben, in der sich die Niederlande befinden.

Solche Möglichkeiten wären auch in den offenen Flußmündungen Schleswig-Holsteins vorhanden. Hier bedarf es jedoch im Einzelfall sorgfältiger Sonderuntersuchungen. Generell läßt sich diese Frage nicht beantworten.

Bei den Elbmarschen fehlen einerseits die Mitteldeiche, andererseits die Sommerköge, das Vorland und das Watt. Der Landesschutzdeich zum Beispiel vor der Wilstermarsch, der eine Fläche von rund 17 000 ha umgibt, weist einige gefährdete Stellen auf, die bei einer extremen Sturmflut zu Überschwemmungen mindestens vom Umfang wie 1953 auf Schouwen (Niederlande) führen können. Das Land liegt bis 4 m und mehr unter MThw (Abb. 16). Im Falle eines Deichbruches muß nach JANSEN (22) und THIJSSE (58) in kurzer Zeit mit Lücken von mehreren 100 m und Tiefen von 30 bis 40 m gerechnet werden, denn die täglich ein- und ausströmenden Wassermengen und der ungünstige Untergrund sind für die Ausdehnung derartiger Lücken bestimmend. Es gibt im Wilstermarschdeich vor allem drei Stellen, die eine baldige Verstärkung benötigen: die Deichstrecken in den Ortschaften Beidenfleth (Stör) und Wewelsfleth (Störmündung) sowie der Deich bei Scheelenkuhlen. Daß die Häuser, Gartenmauern und -pforten in den Ortschaften einem Wasserstau bis etwa 1,80 m bei dem maßgebenden Sturmflutwasserstand über dem Straßenniveau widerstehen könnten, ist nicht anzunehmen.

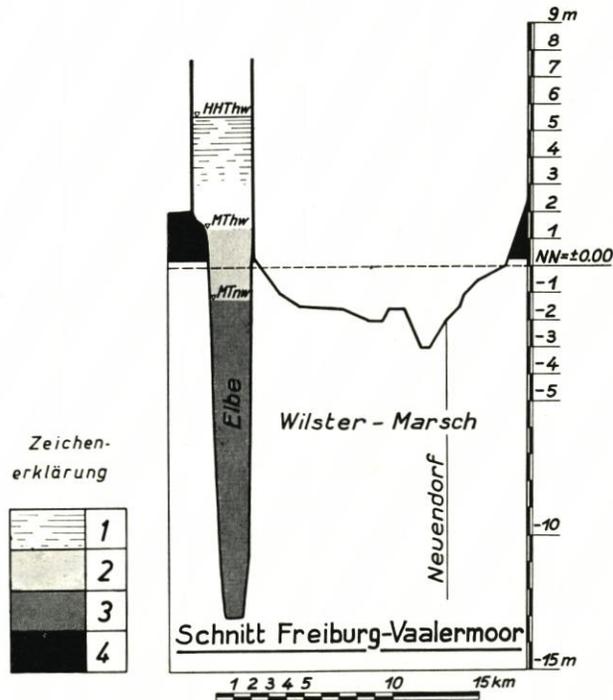


Abb. 16. Höhenlage der Wilstermarsch zu den Wasserständen der Elbe. Die senkrecht aufragenden Linien oberhalb NN bedeuten Elbdeiche. Das obere Ende der Linie entspricht der Höhenlage der Deichkrone

- 1 = Sturmflutbereich, MThw bis HHThw
- 2 = Bereich der täglichen Gezeiten, MTnw bis HHThw
- 3 = Wasserraum unter MTnw
- 4 = Landflächen über NN

Bei Scheelenkuhlen hat sich die Elbe immer näher an den Deichfuß heran verlagert, eine Entwicklung, die schon SOMMERMEIER (55) darlegen konnte. Die Tragfähigkeit des Bodens ist wegen der Moorschicht begrenzt, so daß hier kaum eine Erhöhung des Elbdeiches wird durchgeführt werden können. Als im Deich bei Scheelenkuhlen während der Oktobersturmflut 1634 ein Durchbruch entstanden war, hat man bereits den Plan erwogen, einen Einlagedeich hinter dem Hauptdeich zu bauen. SOMMERMEIER berichtete über die Schwierigkeiten „wegen der niedrigen und moorigen Gründe, auf die der eingelegte Deich gelegt werden müßte“.

Inzwischen sind unmittelbar vor dem Deichfuß Wassertiefen bis 27 m gelotet worden. Für diese besonders gefährdete Stelle muß in absehbarer Zeit eine Lösung sowohl hinter dem Deich als auch an der Elbseite gefunden werden. Ähnlich liegen die Verhältnisse am Deichfuß vor Vollerwiek in Eiderstedt.

Während der Zutritt in die Wilstermarsch im Falle einer Überschwemmung von der Geest her möglich sein dürfte, ist die Lage auf den Halligen und auf der Insel Pellworm insofern noch ungünstiger, als die Bevölkerung hier bei einer Sturmflut keinerlei Hilfe vom Festland her bekommen kann. Die Frage, ob und wie eine größere Sicherheit für die Wohnplätze auf den Halligen erreichbar ist, wurde bisher noch nicht entschieden. Für diesen Sonderfall ist noch eine besondere Untersuchung notwendig.

Der Landesschutzdeich der Insel Pellworm hat eine Länge von rund 25 km und ist mit Ausnahme von etwa 5 km durch eine Fußsicherung aus gepflasterten Steindecken geschützt. Stromabweisende Bühnen und Landgewinnungswerke sollen Prielbildungen am Deichfuß verhindern und nach Möglichkeit eine Verlandung des Watts vor dem Deich erzielen. Die aus fruchtbarem Marschboden bestehende Insel von 3600 ha liegt fast vollständig unter MThw (Abb. 6 auf S. 159). Die Mitteldeiche wurden im Laufe der Zeit teilweise bis auf MThw, teilweise auch völlig abgetragen; ihnen ist also keine Wehrfähigkeit mehr beizumessen. Bei einem Deichbruch erhält die Sturmflut freien Eintritt in die Insel. Wie vorher nachgewiesen wurde, kann der Landesschutzdeich von Pellworm nicht beliebig hoch aufgeführt werden. Andererseits sind hier die höchsten Wellenauflaufwerte an den schleswig-holsteinischen Deichen überhaupt zu erwarten. Diese Tatsachen bleiben für die Wahl der Deichabmessungen ausschlaggebend.

Man hat zu einer gewissen Zeit geglaubt, daß für die Entlastung der Landesschutzdeiche in Nordfriesland eine großzügige Lösung durch den „Friesendamm“ erreicht werden würde, der von Sylt über Amrum—Hallig Hooge—Pellworm—Hallig Südfall nach Eiderstedt vorgeschlagen wurde. Das Projekt ähnelt in manchen Teilen den großen von DIBBITS (9) beschriebenen Eindeichungsvorhaben der niederländischen Waddenzee. IWERSEN (21) lehnte das Projekt noch vor kurzem ab, weil bei Eindeichung größerer ausgesprochener Sandwattflächen die nachhaltige natürliche Erzeugungskraft des Bodens „zu gering und die Aufwendungen zur Beseitigung der Minimumfaktoren auf die Dauer zu groß werden“. Nach WEINNOLDT und SUHR (64) verbieten außerdem die technischen Schwierigkeiten bei der Herstellung der Abdämmungswerke zwischen den Inseln, die durch Wassertiefen bis über 30 m geführt werden müssen, abgesehen von den Baukosten die Weiterverfolgung solcher Pläne.

Eine wertvolle Anregung für großzügige Wattbedeichungen verdanken wir SIEMONSEN (52) schon 1932. HEISER (15) versuchte 1934, die Grenzen anzugeben, bis zu denen die Deichlinie in hundert Jahren vorverlegt werden könne. Auf umfangreichen wissenschaftlichen Untersuchungen fußend, entwarf LORENZEN (29) schließlich 1940 die „Generalplanung nordfriesisches Wattenmeer“. Nicht die Trockenlegung des Wattengebietes bis zur äußeren Inselkette, sondern die Sicherung des Bestandes von Küste, Watt, Inseln und Halligen, die Erweiterung der Dammbauten (als Hauptschutzwerke) vom Festland aus und die teilweise Vorverlegung der Küstenlinie nach Westen wurde als Planungsziel herausgestellt. Die Verwirklichung dieses Planungszieles würde wesentlich zur Entlastung des Landesschutzdeiches auf der Wasserseite und damit zur Steigerung der Sicherheit für die Bevölkerung der Marschen und der Niederungsgebiete beitragen.

VII. Zusammenfassung

Die Sturmflut vom 1. Februar 1953 gab die Veranlassung für eine grundlegende Bearbeitung der an den schleswig-holsteinischen Landesschutzdeichen zu erwartenden Sturmflutwasserstände und Wellenauflaufwerte. Gleichzeitig war eine allgemeine Überprüfung des für die einzelnen Deichabschnitte deichpolizeilich festgesetzten Besticks und der Grundlagen für die Bemessung der Landesschutzdeiche erforderlich.

Die Festsetzung des Besticks liegt bis 160 Jahre zurück und entspricht nicht mehr den heutigen Vorstellungen über die Sicherheit und Bauweise.

Eine absolute Sicherheit gegen Überschwemmungen durch Sturmfluten kann nicht gewährleistet werden, weil die „höchstmögliche“ Sturmflut nicht angegeben werden kann und weil die Grenzen der Deicherhöhungen in bestimmten Gebieten wegen der geringen Tragfähigkeit des Bodens erreicht worden sind.

Es ist jedoch möglich, das Risiko zu vermindern durch:

- a) direkte Maßnahmen am Landesschutzdeich, das heißt in der Deichlinie.
Die Deiche sind so auszubilden, daß ein Überschwappen von Wellen ertragen werden kann. Es wird die Herstellung einer flachen Innenböschung, einer über MThw gelegenen trockenen Innenberme und eines möglichst kleinen Rhynschlots empfohlen. Die Bauwerke im und am Deich sind nach den maßgebenden Sturmfluthöhen zu berechnen und zu bemessen. Das Ziel der Deichpflege muß sein, dauernd eine geschlossene, dichte und kurze Grasnarbe auf der gesamten Deichoberfläche zu erhalten, sofern diese nicht durch Deckwerke befestigt ist.
- b) indirekte Maßnahmen hinter dem Landesschutzdeich, soweit wehrhafte Mitteldeiche vorhanden sind. An der Wasserseite tragen Sommerköge, Vorländereien, Verlandung und Erhöhung des Watts, die Erhaltung von Inseln und Halligen, Unterhaltung und Neubau von Dämmen sowie Neueindeichungen zur Entlastung bei. Es ist vom Standpunkt des Küstenschutzes notwendig, das gesamte Wattengebiet hinsichtlich seiner Entwicklungstendenzen sorgfältig zu beobachten und mit dem Ziele einer weitgehenden Verlandung zu beeinflussen.

Aus der Gesamtschau der Vorgänge an der Küste sind die Grundlagen für die Bemessung der Landesschutzdeiche abzuleiten. Der Deich stellt zwar die Hauptverteidigungslinie dar. Diese Linie kann jedoch nicht überall für die zu erwartende Beanspruchung ausgebaut werden. Der Hochwasserschutz wird deshalb auf einen breiteren Küstenstreifen ausgedehnt. Die bisherigen Dammbauten im Wattengebiet haben den Beweis erbracht, daß sie zur Sicherung des bestehenden Landes in erfreulichem Maße beitragen. Nach einer weiteren planmäßigen Aufteilung des Wattengebietes in einzelne fest begrenzte Buchten werden auch diese, dem Fortschritt der Verlandung entsprechend, nacheinander abgeriegelt werden können und die erwünschte Entlastung der alten Seedeiche bringen.

Die am meisten gefährdeten Abschnitte des Landesschutzdeiches befinden sich im Wilstermarschdeich, auf der Insel Pellworm und in Eiderstedt (Vollerwiek).

Die Wege unmittelbar hinter dem Landesschutzdeich sollten weitgehend als Zubringerstraßen mit festen Fahrbahnen hergerichtet werden.

Im Hinblick auf das weiterhin zu erwartende Ansteigen der Wasserstände und auf die Veränderung des Flutraumes im Wattengebiet, auf weitere Setzungen und Sackungen der Deiche sowie auf mögliche großräumige ozeanographische und meteorologische Veränderungen muß das Deichbestick in Zukunft rechtzeitig wieder überprüft werden. Auf die nach der Polizeiverordnung von 1938 (45) vorgeschriebene regelmäßige Nachmessung der Deichmaße kann selbstverständlich nicht verzichtet werden.

VIII. Schriftenverzeichnis

1. BLOCQ VAN KUFFELER, V. I. P. de: Enkele beschouwingen naar aanleiding van de watersnood 1953. *De Ingenieur* 65, H. 8, 1953.
2. BOTHMANN, W.: Die Bedeutung der Landgewinnungsarbeiten für den Küstenschutz an der Nordsee. *Landwirtschaftl. Wasserbau*, H. 6, 1941.
3. BRAHMS, A.: Anfangsgründe der Deich- und Wasserbaukunst. Aurich 1754.
4. BURGER, A.: Overstroming en Drooglegging. *Weg en Waterbouw* 13, Nr. 3—4, 1953.
5. BUSCH, A.: Bilder von und nach den Oktoberfluten 1936. *Die Heimat*, H.1, 1937.
6. BUSCH, A.: Alte Deichquerschnitte auf Sylt, ein Beitrag zu den Fragen der Anfangsentwicklung des Deichbaues. *Westküste* 2, H. 1, 1939.
7. CHRISTENSEN, VON: Darstellung der längs der Westküste Holsteins durch die Sturmflut vom 3./4. Februar entstandenen Deichschäden im allgemeinen. L.A. Schleswig Akte A XVIII (nicht veröffentlicht), Mai 1825.
8. CUBLEY CROWTHER, G.: Land Drainage and Sea Defence in S.E. England. *Civil Engineering* 48, H. 565 und 566, 1953.
9. DIBBITS, H. A. M. C.: Landaanwinning in het Waddengebied. *De Ingenieur* 66, H. 29, 1954.
10. DITTMER, E.: Der Mensch als geologischer Faktor an der Nordseeküste. *Eiszeitalter und Gegenwart* H. 4/5, 1954.
11. DITTMER, E.: Küstensenkung, Setzungen und Wasserstandsänderung (nicht veröffentlicht). *Dienstbericht*, 28. 4. 1954.
12. DITTMER, E.: Zur Geschichte der Landschaft und der Warften Nordfrieslands. *Jaarverslag van de Vereniging voor Terponderzoek*, Groningen 1954.
13. DITTMER, E.: Deichverstärkung und Baugrund. *Die Küste* 3, H. 1, 1954.
14. GAYE, J. und LORENZEN, J. M.: Reisebericht der Arbeitsgruppe „Sturmflut 1. 2. 1953“ des Küstenausschusses Nord- und Ostsee in die Niederlande zur Besichtigung der Sturmflutschäden vom 1. 2. 1953 (nicht veröffentlicht). Kiel, 16. 1. 1954.
15. HEISER, H.: Landgewinnung an der deutschen Nordseeküste. *VDI Bd. 78*, Nr. 4, 1934.
16. HENSEN, W.: Modellversuche über den Wellenauflauf an Seedeichen im Wattengebiet. *Mitt. Franzius-Inst. Techn. Hochschule Hannover*, H. 5, 1954.
17. HINRICHS, W.: Nordsee, Deiche, Küstenschutz und Landgewinnung. Husum 1931.
18. HUNDT, C.: Erkundungsreise Juli 1953 in das holländische Sturmflutkatastrophengebiet (nicht veröffentlichter Dienstbericht). Büsum, 5. 8. 1953.
19. HUNDT, C.: Maßgebende Sturmfluthöhen für das Deichbestick der schleswig-holsteinischen Westküste. *Die Küste* 3, H. 1/2, 1954 (siehe dieses Heft).
20. ITERSOM, F. K. Th. van: Dijkdoorbraken. *De Ingenieur* 65, H. 47, 1953.
21. IWERSEN, J.: Das Problem der Kultivierung eingedeichter Watten. *Die Küste* 2, H. 1, 1953.
22. JANSEN, P. Ph.: De overstromingsramp 1953. *Dijkherstel*. *De Ingenieur* 65, H. 35, 1953.
23. JENSEN, W.: Der alte Moordeich bei Büttel—St. Margarethen in der Wilstermarsch. *Nordelbingen*, 1933/34.
24. KLEIN, J. L.: De overstromingsramp 1953. *Dijkbreuken*. *De Ingenieur* 65, H. 34, 1953.
25. KREY, H. D.: Das Wattengebiet, die Marschen und Halligen an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste. *Zentralbl. d. Bauverw.* 38, 1918.
26. LAFRENTZ, P.: Küstenschutz, Uferschutz und Landgewinnung an der Küste Dithmarschens und vor dem Nordufer der Eider unterhalb Friedrichstadt (nicht veröffentlichter Dienstbericht). Heide 1951.
27. LORENZEN, J. M.: Die Geschichte der Inseln Alt-Nordstrand, Nordstrand und Pellworm, insbesondere die Entwicklung der Querschnitte ihrer Deiche bis zur Jetztzeit. *Zentralbl. d. Bauverw.* H. 28, 1938.
28. LORENZEN, J. M.: Planung und Forschung im Gebiet der Schleswig-Holsteinischen Westküste. *Westküste* 1, H. 1, 1938.
29. LORENZEN, J. M.: Generalplanung Nordfriesisches Wattenmeer. *Marschenbauamt Husum — Unterlagenammlung Nr. 933* (nicht veröffentlicht). 1940.
30. MARIS, A. G.: De overstromingsramp 1953. *De Ingenieur* 65, H. 31, 1953.
31. MARIS, A. G.: Drittes Zwischengutachten der Deltakommission über die Zweckmäßigkeit der Abdämmung der Meeresarme zwischen Rotterdamsche Waterweg und Westerschelde. 's-Gravenhage, den 27. Februar 1954. Deutsche Übersetzung in „*Die Küste*“ 2, H. 2, 1954.
32. MEYER, H.: Halten unsere Deiche? *Wasser und Boden* H. 11, 1952.

33. MÜLLER-FISCHER: Das Wasserwesen an der Schleswig-Holsteinischen Nordseeküste, II. Teil, Die Inseln. Folge 1. Allgemeines. Berlin 1938.
34. MÜLLER-FISCHER: Folge 3. Nordstrand. Berlin 1936.
35. MÜLLER-FISCHER: Folge 4. Pellworm. Berlin 1936.
36. MÜLLER-FISCHER: III. Teil, Das Festland. Folge 1. Allgemeines. Im Druck.
37. Ohne Verfasser: De overstromingsramp 1953. De Ingenieur 65, H. 36, 1953.
38. Ohne Verfasser: De vermodellijke oorzaak van het ontbreken van binnendijken in de polder Schouwen. De Ingenieur 65, H. 48, 1953.
39. Ohne Verfasser: De stormvloed van 1 Februari 1953 en zijn gevolgen in België. De Ingenieur 65, H. 50, 1953.
40. Ohne Verfasser: Küstenschutz und Fluten. Übersetzung aus: Dock and Harbour Auth. Nr. 388, 1953.
41. Ohne Verfasser: Küstenschutz und Sturmfluten. Übersetzung aus: Dock and Harbour Auth. Nr. 396, 1953.
42. Ohne Verfasser: Die Landgewinnung und ihre wirtschaftliche Bedeutung für Küstenschutz, Siedlung und Arbeitsbeschaffung an der schleswig-holsteinischen Westküste. „Denkschrift der freien Arbeitsgemeinschaft der Deichbände an der schleswig-holsteinischen Westküste“, 1931.
43. PETERSEN, M.: Der Buphever Koog auf der nordfriesischen Insel Pellworm. Wasser und Boden H. 9, 1954.
44. PFEIFFER, H.: Die Arbeiten an der schleswig-holsteinischen Westküste seit 1953. Westküste 1, H. 1, 1938.
45. Polizeiverordnung betr. das Deich- und Wasserwesen im Marschengebiet vom 1. 9. 1938. Amtsblatt der Regierung zu Schleswig, Stück 44, 1938.
46. SAEFTEL, F.: Schnitte durch den „Schlafdeich“ in Büttel bei St. Margarethen. Nordelbingen, 1933/34.
47. SALCHOW: Bericht über den jetzigen Zustand der durch die Sturmflut vom 3./4. Februar beschädigten Deiche. L.A. Schleswig, Akte A XVIII (nicht veröffentlicht). 22. Mai 1825.
48. SANGSTER, H.: North Sea Floods Conference. London, 16 en 17 December 1953. De Ingenieur 66, H. 4, 1954.
49. SCHEFFER: Denkschrift über das verordnungsgemäße Profil für die Deiche der norderdithmarscher Kirchspiele Büsum, Wesselburen, Lunden, Hennstedt und Delve. Archiv Deich- und Hauptsielverband Norderdithmarschen, Heide in Holstein (nicht veröffentlicht). 12. 9. 1865.
50. SCHELLING, H.: Die Sturmfluten an der Westküste von Schleswig-Holstein unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse am Pegel Husum. Die Küste 1, H. 1, 1952.
51. SCHEPERS, J. H. G.: Een stormvloed teisterde Zuidwest-Nederland. Tijdschr. Kon. Nederl. Aardr. Genootsch. H. 2, 1953.
52. SIEMONSEN: Eine Anregung zur Frage der Landgewinnung. In: Zweite Denkschrift über die Bedeutung der Ausführung landeskultureller Aufgaben in den Marschen Schleswig-Holsteins. Husum 1932.
53. SLOET, I. W. G.: Watersnood 1953 door een ooggetuige. De Ingenieur 65, H. 8, 1953.
54. SLOET, I. W. G.: Ervaringen met dijksverhogingen system de Muralt. De Ingenieur 65, H. 8, 1953.
55. SOMMERMEIER: Entwicklung des Uferschutzes vor dem Elbdeich bei Scheelenkuhlen in der Wilstermarsch. Ztschr. f. Bauwesen, 1901.
56. STADERMANN, R.: Landerhaltung und Landgewinnung an der deutschen Nordseeküste. In: Werdendes Land am Meer, Berlin 1937.
57. TELLEGEN, C.: De factoren, die samenwerkten tot de hoge vloed op 1 Februari 1953. De Ingenieur 65, H. 13, 1953.
58. THIJSSSE, J. Th.: Herstellings- en verbeteringswerken na de ramp van 1 Februari 1953. I. Algemene beschouwingen over het dichten van de grote gaten en de daarvoor verrichte laboratoriumproeven. De Ingenieur 66, H. 22 und 23, 1954.
59. TOMCZAK, G.: Der Windstau- und Sturmflutwarndienst für die deutsche Nordseeküste beim Deutschen Hydrographischen Institut. Deutsche Hydrogr. Zeitschr. 7, H. 1/2, 1954.
60. VALKEN, K. F.: Een schatting van de kruinhoogte van de Braakman-dijk. De Ingenieur 65, H. 34, 1953.
61. VEEN, J. VAN: Verhängnisvolle Ansichten über Sturmflut-Wasserstände. Übersetzung aus: Dock and Harbour Auth. Nr. 401, 1954.
62. VEEN, J. VAN: Tide-Gauges, Subsidence-Gauges and Flood-Stones in the Netherlands. Geologie en Mijnbouw, NW. Serie 16^e, 1954.
63. WAVERLY, G. C. B.: Report of the Departmental Committee on Coastal Flooding-London, 21st April 1954.
64. WEINNOLDT, E. und SUHR, H.: Wasserwirtschaft zwischen Nord- und Ostsee. Kiel 1951.

65. WEMELSFELDER, P. J.: Wetmatigheden in het optreden van Stormvloed. De Ingenieur 54, H. 9, 1939.
66. WENHOLT, K.: Deichbauten in Ostfriesland. Wasser und Boden 11, 1952.
67. WETZEL, W.: Geologische Untersuchungen der Materialien, die bei den Aufgrabungen des Bütteler Schlafdeiches gefördert worden sind. Nordelbingen 1933/34.
68. WITT, W. und PETERSEN, M.: Wasserwirtschaftliche Probleme Schleswig-Holsteins im Rahmen der Landesplanung. Raumforschung und Raumordnung 13, H. 1 (im Druck), 1955.
69. WOEBCKEN, K.: Deiche und Sturmfluten an der Deutschen Nordseeküste. Bremen 1924.
70. WOHLBERG, E.: Biologische Kulturmaßnahmen mit dem Queller *Salicornia herbacea* L. zur Landgewinnung im Wattenmeer. Westküste 1, H. 2, 1938.
71. WOHLBERG, E.: Die Gefährdung einer Halligwarft durch Käferlarven. Verhdl. Deutscher Zoologen in Kiel. 1948.
72. WOHLBERG, E.: Entstehung und Untergang der Insel Trischen. Mitt. Geogr. Ges. Hamburg 49, 1950.
73. WOHLBERG, E.: Sinkstoff, Sediment und Anwachs am Hindenburgdamm. Die Küste 2, H. 2, 1954.