

Die Küste

ARCHIV
FÜR FORSCHUNG UND TECHNIK
AN DER NORD- UND OSTSEE



3950-A-2012-0000087

Die Küste

ARCHIV
FÜR FORSCHUNG UND TECHNIK
AN DER NORD- UND OSTSEE

HERAUSGEBER:
DER KÜSTENAUSSCHUSS NORD- UND OSTSEE

Heft 19 - 1970

DRUCK UND KOMMISSIONSVERLAG:
WESTHOLSTEINISCHE VERLAGSANSTALT BOYENS & CO. HEIDE I. HOLST.

Anschriften der Verfasser dieses Heftes:

ERCHINGER, Heie Focken, Oberbaurat, Bauamt für Küstenschutz, Norden (Ostfriesland); KRAUSE, Gustav, Baudirektor a. D., Aurich, Lützowallee 20; LUCK, Günter, Dipl.-Ing., Forschungsstelle für Insel- und Küstenschutz, Norderney; SCHUBERT, Kurt, Oberregierungsbaurat, Wasser- und Schifffahrtsdirektion Aurich; WITTE, Hans-Heinrich, Regierungsbaudirektor, Wasser- und Schifffahrtsamt Emden; WOLTER, Rudolf, Oberregierungsbaurat, Aurich, Lützowallee 20.

Die Verfasser sind für den Inhalt der Aufsätze allein verantwortlich.

Nachdruck aus dem Inhalt nur mit Genehmigung des Herausgebers: Küstenausschuß Nord- und Ostsee, Präsident i. R. Dr.-Ing. E. h. LORENZEN, Kiel-Wik, Feldstraße 251/253, gestattet.

Schriftleiter: Dr. habil. E. WOHLBERG, Husum, Nissenhaus.

Oberregierungs- und Baurat Hans Giенcke †



Wenn wir in diesem Heft der „Küste“ im besonderen die Aufgaben der Wasserwirtschaft in Ostfriesland behandeln und dabei einen Überblick über die großen Leistungen geben, die die Menschen dieser Landschaft im Kampf mit dem Wasser vor und hinter den Deichen in den letzten 5 Jahrzehnten vollbracht haben, so darf der Name eines Mannes nicht vergessen werden, mit dem sich — in der älteren Generation noch lebendig — die Verwirklichung aller großen Pläne und Baumaßnahmen in neuerer Zeit in Ostfriesland verbindet: Es ist Oberregierungs- und Baurat HANS GIENCKE, dessen 20. Todestag sich vor kurzem jährte und dessen Lebensarbeit zum großen Teil erst nach seinem Tode in den jetzt geschaffenen Werken eine schöne Erfüllung gefunden hat.

HANS GIENCKE, gebürtiger Mecklenburger, hat nach Absolvierung seiner Diplom-Prüfung und des 2. Staatsexamens und nach vielseitiger Tätigkeit im preußischen Staatsdienst die längste und wichtigste Zeit seines Schaffens dem ostfriesischen Raum gewidmet, in den er nach langer Kriegsgefangenschaft im Jahre 1921 versetzt wurde. Dort hat er zunächst als Amtsvorstand und von 1925 an als Dezernent des Regierungspräsidenten bis zu seinem Tode segensreich gewirkt. GIENCKES Arbeit und Sorge galten von Anbeginn seiner Auricher Tätigkeit an in gleicher Weise der Verbesserung des Deichschutzes wie der Schaffung einer geordneten

Wasserwirtschaft, die zu Beginn seiner Tätigkeit in zahlreiche, geschichtlich gewachsene Verbände unübersichtlich aufgespalten war und den modernen Ansprüchen der Bodenbewirtschaftung nicht mehr genügte.

Wenn wir heute die für den relativ kleinen Raum Ostfriesland ungewöhnlich große Zahl moderner Siede- und leistungsstarker Schöpfwerke, das Netz der neuen, sinnvoll ausgebauten, weit verzweigten Wasserläufe, Wirtschaftswege und Brücken und als Folge die Entwicklung der ganzen Landschaft überschauen, so darf mit vollem Recht gesagt werden, daß nahezu alle diese Werke von GIENCKE vorgedacht und geplant wurden. Aus der großen Zahl der danach unter seiner Leitung ausgeführten Maßnahmen seien als kennzeichnende Beispiele die unter großen finanziellen Schwierigkeiten in der Zeit nach dem ersten Weltkrieg gebauten, damals größten deutschen Schöpfwerke in Borssum und Oldersum, die ungewöhnlich schwierige Eindeichung der Leybucht, vor allem aber die unendlich mühevollen, schließlich doch erfolgreiche Arbeit für die wasserwirtschaftliche Sicherung und Verbesserung des großen Leda-Jümme-Gebietes genannt.

GIENCKES Name hatte zu seinen Lebzeiten im ostfriesischen Raum bereits einen guten Klang, vor allem schätzten und liebten ihn die ostfriesische Bevölkerung und ihre Vertreter in der Selbstverwaltung der Deich- und Sielachten. Doch hat seine ungewöhnliche Bescheidenheit, ja seine Abneigung gegen öffentliches Auftreten, seine stille, zähe Arbeit, die ihn bis in die Nachtstunden in seinem Büro festhielt, ihn nach außen hin viel weniger in Erscheinung treten lassen, als er es verdient hätte. Den Fachmann GIENCKE, sein großes Wissen und sein hohes Verantwortungsbewußtsein lernte man erst richtig kennen, wenn man ihm allein gegenüber saß. Dabei gewann man so recht einen tiefen und bleibenden Eindruck vom Menschen GIENCKE und von seinem gütigen, stets geberereiten Wesen. Für GIENCKE galt im besten Sinne das Wort „Mehr sein als scheinen“. Damit hat er für alle Nachfolger ein großes Vorbild gegeben.

G. KRAUSE
Baudirektor a. D.

Inhaltsverzeichnis

Nachruf Oberregierungs- und Baurat Hans GIENCKE

LUCK, Günter, Dipl.-Ing. Die Forschungsstelle für Insel- und Küstenschutz auf Norderney	1
SCHUBERT, Kurt, Oberregierungsbaurat Ems und Jade	29
WITTE, Hans-Heinrich, Regierungsbaudirektor Die Schutzarbeiten auf den Ostfriesischen Inseln	68
ERCHINGER, Heie Focken, Oberbaurat Küstenschutz durch Vorlandgewinnung, Deichbau und Deicherhaltung in Ostfriesland	125
KRAUSE, Gustav, Baudirektor a. D. und WOLTER, Rudolf, Oberregierungsbaurat Neuregelung der Wasserwirtschaft in Ostfriesland	186

Die Forschungsstelle für Insel- und Küstenschutz auf Norderney

Von Günter Luck

Summary

In the year 1937 the "Forschungsstelle für Insel- und Küstenschutz" (Research Station for Island- and Coast-Defence) of the "Niedersächsische Wasserwirtschaftsverwaltung" was founded on Norderney. During the first years of existence the Forschungsstelle primary was concerned with problems of morphological configurations within the compass of the east-frisian islands-especially in the oceanic region of Juist/Norderney. Beginning with the year 1955 the geographic territory of operation was extended to the whole coast of Lower Saxony. Besides a longtime mapping out for preservation of the momentary topographic configuration of the shores and for fixing historical states the coastal region is seized in biological respect. Further researches are carried out concerning actual building-projects for island- and coast-defence as well as ocean-traffic. These tasks are described in the following. The in the supplement reproduced classification of publications, edited by members of the Forschungsstelle, gives a general view of the variety of the researches treated since the existence of this institute.

Inhalt

A. Einführung	1
B. Die Aufgabengebiete	
1. Geologische Untersuchungen	3
2. Historisch-morphologische Untersuchungen	4
3. Vermessung und Kartographie	7
4. Biologie	14
5. Hydrometrie	15
6. Bodenmechanik	19
C. Ausblick	20
D. Schrifttum	21

Anhang

- a) Die Veröffentlichungen in den Jahresberichten der Forschungsstelle
- b) Veröffentlichungen von Mitarbeitern der Forschungsstelle außerhalb des Jahresberichtes

A. Einführung

Die Küste, das Watt und die vorgelagerten Inseln sind unter der Einwirkung des strömenden und brandenden Wassers im natürlichen Kräftespiel einem stetigen Gestaltwandel unterworfen. Der geschichtliche Kampf der Küstenbewohner um die Existenz ihres Lebensraumes zwang zunehmend zu Eingriffen in dieses Geschehen, indem sie die aufbauenden Kräfte des Meeres zu stützen und die zerstörenden abzuwehren versuchten. Das immerwährende und letztthin erfolgreiche Bemühen um Erhaltung und Gewinnung landwirtschaftlich nutzbaren Bodens und die Verbesserung seiner Ertragsfähigkeit durch großzügige landeskulturelle Maßnahmen gab der Küstenlandschaft ihr eigentümliches Gepräge. Deiche schützen das dem Meer abgerungene Land — die Marschen — vor Überflutungen. Siele und Schöpfwerke führen das

hinter den Deichen sich sammelnde Binnenwasser schadlos ab. Deckwerke, Wellenbrecher und hochgelegene Deichvorländer wirken der Brandung energieverzehrend entgegen. Leitwerke und Bühnen weisen das strömende Wasser in die gewünschten Bahnen. Durch nautische Anlagen (Betonnung, Peilobjekte usw.) wurde die sichere Verbindung auch kleinerer Häfen zum tiefen Wasser hergestellt und somit die Verkehrsfeindlichkeit des Küstenvorfeldes gemildert.

Die im Zuge dieser Entwicklung gewonnenen Erfahrungen führten schon frühzeitig zu der Erkenntnis, daß der Gestaltwandel der Küste und Inseln und damit auch die Beanspruchung ihrer Schutzwerke weiträumigen Wechselwirkungen unterliegt, die in den morphologischen Gestaltungsvorgängen auf den Watten und Inselstränden ihren sichtbarsten Ausdruck finden. Der mit dieser Erkenntnis verbundene Wunsch nach der meßtechnischen Erfassung dieser Vorgänge und ihrer kausalen Deutung als Grundlage und zur Ermöglichung funktionell geplanter Eingriffe in das natürliche Kräftespiel im Sinne des Insel- und Küstenschutzes konnte jedoch erst erfüllt werden, nachdem die technischen Voraussetzungen hierzu geschaffen waren und Messungen auch auf küstenfernere Gebiete ausgedehnt werden konnten.

Stellenweise auftretende Mißerfolge bei baulichen Eingriffen in das natürliche Kräftespiel und die Planung großräumiger Bauvorhaben im Küstenvorfeld verstärkten die Forderung, diese längst erwünschten Untersuchungen einzuleiten und vorwärts zu treiben. Durch die Einrichtung der „Staatlichen Forschungsabteilungen“ in Nordfriesland und Dithmarschen im Zuge des „10-Jahres-Planes Westküste“ (1933) wurde dieser Forderung im deutschen Küstengebiet zum Durchbruch verholfen (LORENZEN, 1938).

Nachdem die Staatlichen Forschungsabteilungen in Husum und Büsum ihre Arbeit aufgenommen und eine systematische Bestandsaufnahme des Dithmarscher sowie des nordfriesischen Wattes eingeleitet hatten und in einzelnen Fällen bereits eine Deutung des Geschehens gelungen war, wurde kurz darauf vor Beginn des zweiten Weltkrieges die „Forschungsstelle Norderney“ zur Ausführung ähnlicher Untersuchungen im ostfriesischen Küstengebiet ins Leben gerufen (1937). Verursacht durch die besorgniserregende Entwicklung an den Westköpfen der Ostfriesischen Inseln (insbesondere Norderney) infolge der dort festzustellenden Schrumpfung der Strände, blieben die Untersuchungen zunächst darauf beschränkt, die Abbrucherscheinungen in diesen Gebieten zu untersuchen und Gegenmaßnahmen zu erarbeiten.

Diese Untersuchungen waren bereits vorbereitet durch die grundlegenden Arbeiten GAYES (1935) und WALTHERS (1934), die die morphologischen Gestaltungsvorgänge in den ostfriesischen Seegaten und die Dynamik der Riffbögen in einen größeren Zusammenhang stellten und hieraus eine Deutung dieser Vorgänge entwickelten, die durch die nachfolgenden Arbeiten der Forschungsstelle, bei denen dann erheblich größere organisatorische Mittel zur Verfügung standen, bestätigt werden konnte. Im niedersächsischen Küstengebiet und insbesondere im Bereich der Jade waren darüber hinaus seit der Jahrhundertwende durch KRÜGER, SCHÜTTE, WILDVANG und später durch LÜDERS bedeutsame Untersuchungen vorgenommen und wissenschaftlich fundierte Vorstellungen zu den Bewegungsvorgängen im Küstenvorfeld entwickelt worden. Hierauf aufbauend konnten die ersten Untersuchungsvorhaben der Forschungsstelle eingeleitet werden.

Nachdem die so hoffnungsvoll begonnenen Arbeiten im zweiten Weltkrieg zum Erliegen gekommen waren, wurden sie nach dem Kriege und nach Überwindung einiger Anfangsschwierigkeiten bevorzugt im Seegebiet um Norderney weitergeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen und hierauf beruhende Planungen zur Regeneration des Norderneyer Weststrandes sind insgesamt niedergelegt im ersten Jahresbericht der Forschungsstelle Norderney (1949), der jedoch nicht veröffentlicht und nur einem kleinen Kreise von Interessenten zugänglich gemacht wurde (THILO und KURZAK, 1952, KÜSTENAUSSCHUSS NORD- UND OSTSEE, Arbeitsgruppe Norderney. Die Küste I, 1, 1952).

In den nachfolgenden Jahren wurden die Untersuchungen auf das Juister Watt und das Ästuar der Ems ausgedehnt. Veranlaßt wurden sie vor allem durch die bei Westwindlagen vermutete Wasservertriftung aus der Ems über das Juister Watt und deren Einfluß auf die hydraulischen Vorgänge im Norderneyer Seegat. Die anfänglichen Vermutungen konnten im Zuge dieser Arbeiten zur Gewißheit erhärtet werden. Gleichzeitig vorgenommene Untersuchungen auf den östlichen Wattgebieten ließen erkennen, daß die Abbruchserscheinungen an den Westköpfen der Inseln Baltrum, Spiekeroog und Wangerooge denen von Norderney physikalisch ähneln. Die damals gewonnenen Auffassungen über Ursache und Wirkung der hydraulischen Vorgänge, die zu den Sandverlusten an den Westenden der Inseln führen, wurden seither laufend stichprobenartig überprüft und jeweils aufs neue bestätigt.

Bis zum Jahre 1955 beschränkten sich somit die Untersuchungen der Forschungsstelle auf den Bereich der ostfriesischen Küste und der ihr vorgelagerten Inseln. Ab 1954 wurde das geographische Arbeitsgebiet der Forschungsstelle dann ausgedehnt auf die gesamte niedersächsische Küste. Seitdem wird in diesem Gebiet neben Aufgaben, die in direktem Zusammenhang mit Küstenschutzplanungen stehen, eine Bestandsaufnahme der Küste und der Watten erarbeitet sowie die kausale Deutung festgestellter morphologisch-hydrologischer Vorgänge angestrebt. Diese Arbeiten waren begleitet von vielfältigen Versuchen zur Rationalisierung und Verfeinerung der einzelnen Meß- bzw. Aufnahmeverfahren.

Ab 1949 wurden die Arbeiten der Forschungsstelle in einem jährlich erscheinenden Jahresbericht zusammengefaßt (Anhang a). Seit 1954 werden die Jahresberichte gedruckt und in ihnen jene Arbeiten in gestraffter Form veröffentlicht, die von überörtlichem Interesse sind und einem größeren Interessentenkreis zugänglich gemacht werden sollen (gegenwärtige Auflage: 250). Darüber hinaus wurde auch außerhalb des Jahresberichtes durch Angehörige der Forschungsstelle in der Fachpresse über ihre Arbeiten berichtet (Anhang b). Die Veröffentlichungen geben in ihrer Gesamtheit einen Einblick in diejenigen Probleme, die im Laufe der Jahre an die Forschungsstelle herangetragen wurden und auf die ihre Untersuchungsziele ausgerichtet waren.

Im folgenden sollen die Arbeiten der Forschungsstelle im großen Rahmen erläutert werden, wobei auf die Darstellung von Einzeluntersuchungen, ihrer Methoden und ihrer Ergebnisse verzichtet wird, da diese bereits in den Jahresberichten ausführlich behandelt sind.

B. Die Aufgabengebiete

1. Geologische Untersuchungen

Angeregt durch die Arbeiten SCHÜTTES im Jadegebiet und WILDVANGS in Ostfriesland, wurden in den letzten Jahrzehnten die geologischen Forschungen im nordwestdeutschen Küstenraum zum besseren Verständnis insbesondere der postglazialen Küstenentwicklung vertieft. Die von SCHÜTTE vermutete „Küstensenkung“ und ihre Bedeutung für die Sicherheit der Küste haben das Denken und die Untersuchungsziele der Küstenforschung nachhaltig beeinflusst. Die Kenntnis der langfristigen Entwicklung der Grenzen zwischen Land und Meer, die Tiefenlage des Pleistozäns und der Aufbau des Holozäns — um nur einige Beispiele zu nennen — sind als Grundlage für die Deutung und Beurteilung rezenter morphologischer Gestaltungsvorgänge von entscheidender Bedeutung.

Kurz nach dem Kriege (1950) wurde durch die Forschungsstelle ein Bohrprogramm zur Erfassung der geologischen Verhältnisse im Raum um Norderney eingeleitet (Abb. 1). In den folgenden Jahren erfuhr dieses Programm eine Erweiterung und Verdichtung über die gesam-

ten ostfriesischen Watten. Als Ergebnis der Untersuchungen konnte 1957 auf der Grundlage von rd. 1000 Bohrungen ein Bild der pleistozänen Landoberfläche und des holozänen Bodenaufbaues zwischen Juist und Langeoog entworfen werden (Jahresbericht, Band IX). Diese Arbeit entstand in den Jahren 1952 bis 1956 im Zusammenwirken der Forschungsstelle mit der Niedersächsischen Landesstelle für Marschen- und Wurtenforschung, Wilhelmshaven.

Die schon früher eingeleitete und später in Zusammenarbeit mit dem Niedersächsischen Amt für Bodenforschung, Hannover, fortgeführte geologische Beschreibung der ostfriesischen Wattgebiete fand mit der Bearbeitung des Wangerooger Wattes im Jahre 1962 einen vorläufigen regionalen Abschluß (J.B. Bd. VIII, XI, XIV). Die Entwicklung des ostfriesischen Küstenvorfeldes im Quartär ist im Sinne einer geologischen Bestandsaufnahme durch diese Arbeiten erfaßt worden. Eine Weiterführung der Untersuchungen entlang der Butjadinger und Wurster Küste ist vorgesehen.

Darüber hinaus wurden die Bauvorhaben der niedersächsischen Wasserwirtschaftsverwaltung im Küstenbereich durch eine große Anzahl von Bodenaufschlußbohrungen unterstützt. Die Ergebnisse dieser Bohrungen erweiterten ebenfalls die Kenntnisse über den Aufbau des Küstenholozäns (Abb. 2).

Neben diesen geologischen Bestandsaufnahmen wurde der Entwicklung aktuogeologischer Verfahren zur Untersuchung des Sedimentversatzes mittels Schwermineralanalyse, Studium der Rippelstrukturen oder auch Anwendung von Leitstoffen (Luminophoren, aktivierter Sand) große Aufmerksamkeit geschenkt (Abb. 3). Obwohl die hiermit vorgenommenen Untersuchungen örtlich (Knechtsand, Westkopf Norderney) zu beachtenswerten Ergebnissen führten (J.B. Bd. XIV u. XVI), konnte jedoch noch kein allseitig befriedigendes Verfahren für die systematische Erfassung der Sedimentbewegung entwickelt werden. Insbesondere erbrachten die bisherigen Arbeiten keine ausreichenden *quantitativen* Vorstellungen über den Umfang von strömungsbedingten Sedimentverlagerungen. Die bisherigen Erfahrungen erwecken jedoch die Hoffnung, daß diese Verfahren noch stark entwicklungsfähig sind und später zu Erfolgen führen können.

2. Historisch-morphologische Untersuchungen

Die Auswertung historischen Quellenmaterials ergibt die Möglichkeit, langfristige morphologische Entwicklungen zu untersuchen und zeitlich genauer einzuordnen, als es mit Hilfe geologischer Verfahren möglich ist. In den vergangenen Jahren konnte in der Forschungsstelle eine große Anzahl von Untersuchungen gerade unter Einsatz archivalischen Materials — Altkarten, Segelhandbücher, Chroniken usw. — zum Erfolg geführt werden (J.B. Bd. XVI).

Nachdem so einige historisch-morphologische Untersuchungen zu besonderen Aufgaben des Insel- und Küstenschutzes im niedersächsischen Küstenbereich ausgeführt worden waren, wurde der Plan erwogen, die Ergebnisse dieser Untersuchungen zur Grundlage eines historischen Kartenwerkes zu machen, in welchem die Küstenentwicklung systematisch dargestellt werden sollte. Eine Überprüfung des archivalischen Grundlagenmaterials ließ den Plan hoffnungsvoll erscheinen, so daß mit seiner Ausführung begonnen wurde und die erste Karte bereits 1961 in Druck gegeben werden konnte (Nr. 7 mit Bereich Spiekeroog—Harlebucht).

Das Historische Kartenwerk 1 : 50 000 erfaßt in 16 Karten die gesamte niedersächsische Küste vom Dollart bis zur Elbmündung (Abb. 4). Mit einer Blattgröße von 80 × 105 cm wurden die Karten den topographischen Wattkarten der Forschungsstelle angepaßt. In die Karten sind vier Küstenzustände (1650, 1750, 1860 und 1960) aufgenommen. Der zeitliche Abstand von 100 Jahren erscheint für generelle historisch-morphologische Arbeiten ausreichend.



Abb. 1
Bohrung auf einem Inselstrand



Abb. 2
Bodenaufschlußbohrung in der
Weser



Abb. 3
Untersuchung von Kiesvertrif-
tungen mit Luminophoren am
Weststrand von Norderney

Besondere Probleme der Küstenentwicklung in kleineren Gebieten bedürfen jedoch einer gesonderten Bearbeitung. Zur Erleichterung solcher Arbeiten wird zu jeder Karte ein Beiheft herausgegeben, in welchem das gesamte benutzte Quellenmaterial aufgeführt ist und die allgemeine Entwicklung des durch die Karte erfaßten Gebietes beschrieben wird. Das Beiheft trägt auch zum besseren Verständnis des Entstehens und des Inhalts der jeweiligen Karte bei.

HISTORISCHE KARTEN Blattenteilung der Historischen Karten 1:50000

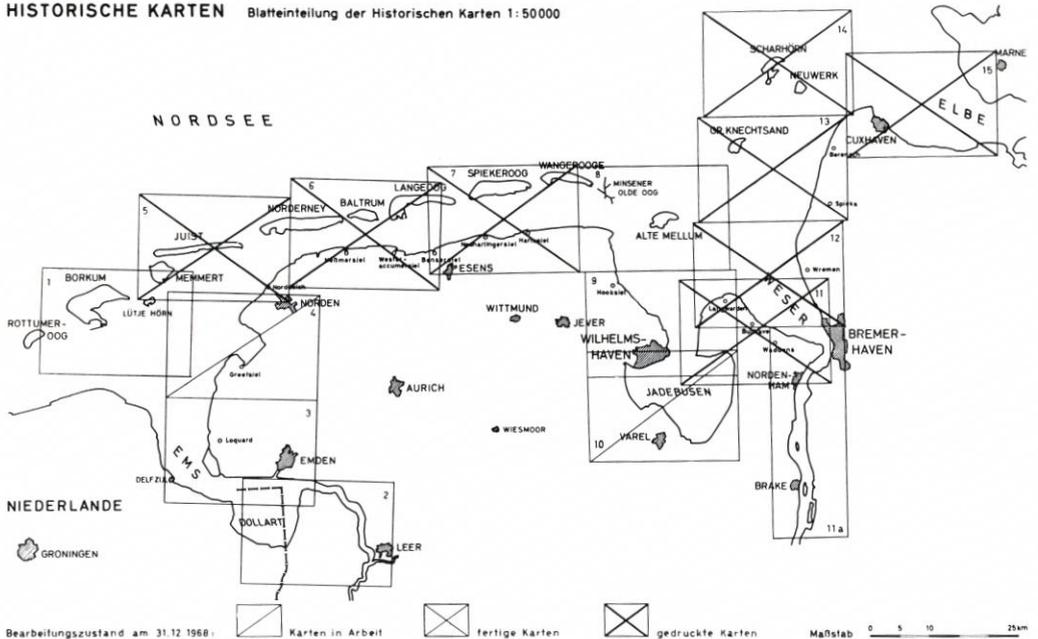


Abb. 4. Historisches Kartenwerk

Die Karten enthalten im wesentlichen Hoch- und Niedrigwasserlinien, Deiche, Siele, Dünenkanten und Vorlandgrenzen. Für den ältesten Zustand wurde die Lage ausgedeichter Ortschaften, der Verlauf älterer Deiche und — falls bekannt — die Daten der Ein- und Ausdeichungen, Orts- und Kirchenlagen sowie der Verlauf der Straßen und Binnentiefs aufgenommen. In den zeitlich folgenden Karten sind nur noch besondere Einzelheiten und die vordere Deichlinie des vorhergehenden Zustandes enthalten, so daß inzwischen vorgenommene Neueindeichungen oder Rückverlegungen von Deichen besonders hervorgehoben sind.

Von den 16 geplanten Kartenblättern liegen inzwischen acht im Mehrfarbendruck vor (Vorland = grün, trockener Strand = gelb, nasser Strand und Watt = hellgelb, Wattinnen und Seegebiete = blau, Text und Beschriftung = schwarz). Kartographie und wasserbaulich interessante Anlagen sind in Karte und Legende besonders herausgestellt. Die in den Karten dargestellten Gebiete konnten nur lagemäßig erfaßt werden, da Altkarten selten Höhenangaben enthalten.

Ohne auf Einzelheiten der oftmals recht mühsamen Bearbeitung dieser Karten einzugehen, sei bemerkt, daß der Entwurf im wesentlichen auf Festpunkten oder ähnlichen Anlagen beruht, die aus älteren Zeiten unverändert auf uns überkommen sind. Hierzu zählen z. B. Kirchen, Mühlen, Gehöfte oder auch Deichknick und Siele sowie festgelegte Deichlinien. Auf der Grundlage dieser maßstäblich berichtigten Festpunktnetze werden dann unter Zuhilfenahme archivalischer Unterlagen die interessierenden Zustände rekonstruiert. Da in den histo-

rischen Quellen nur in seltenen Fällen gerade die Zustände beschrieben sind, die für die Darstellung im Historischen Kartenwerk gewählt wurden, ist bei der Entwurfsbearbeitung häufig die Rekonstruktion von Zwischenzuständen erforderlich. Aus ihnen lassen sich Zeit-Weg-Pläne konstruieren, denen dann der jeweils ausgewählte Zustand entnommen werden kann.

Die Genauigkeit des Kartenwerkes muß unterschiedlich beurteilt werden. Während die Darstellung der Zustände 1960 und 1860 auf Unterlagen beruht, die mit modernen Meßmethoden aufgenommen wurden und heutigen Genauigkeitsansprüchen genügen, besitzen die älteren Zustände 1750 und 1650 in Teilen nur noch Wahrscheinlichkeitswert. Bei dem damaligen Stande der Meßtechnik und der Lückenhaftigkeit des vorhandenen Quellenmaterials können Einzelheiten, z. B. der Rinnen- und Inselformen, keinen Anspruch auf Wirklichkeitstreue erheben. Es haften den Karten somit Unvollkommenheiten an, die bekannt und nicht vermeidbar sind. Die ursprünglich gestellte Aufgabe, die langfristige Entwicklung von Küste und Watt in bestimmten Zeitabständen so wiederzugeben, daß qualitative Aussagen über morphologische Gestaltungsvorgänge möglich sind, ist in diesen Karten gelöst.

3. Vermessung und Kartographie

Die wichtigste Grundlage morphologischer Arbeiten ist die vermessungstechnische Aufnahme der Untersuchungsgebiete. Wiederholungsmessungen gestatten es, auch kurzfristige Erosions- oder Sedimentationsvorgänge quantitativ zu erfassen.

Die vermessungstechnischen Arbeiten der Forschungsstelle waren in ihrem Anfang an bestimmte Untersuchungsaufgaben gebunden. Erst mit der Ausdehnung ihres Arbeitsgebietes auf die gesamte niedersächsische Küste ergab sich die Notwendigkeit, eine systematische Vermessung des Küstengebietes im Sinne einer Bestandsaufnahme einzuleiten, ein Vorhaben, das an der Westküste Schleswig-Holsteins durch die Staatlichen Forschungsabteilungen in Büsum und Husum bereits 1935 in Angriff genommen worden war. Voraussetzung für diese Arbeiten war die Einrichtung einer eigenen personell wie gerätemäßig gut ausgestatteten Vermessungsabteilung, die bei der Forschungsstelle ins Leben gerufen wurde und an ihren Aufgaben organisch wuchs.

In Anlehnung an die kartographischen Arbeiten im schleswig-holsteinischen Watt (HABERSTROH, 1938) wurden zwei Kartenwerke für das niedersächsische Küstengebiet in Angriff genommen (J.B. Bd. XIII):

1. Das Topographische Wattkartenwerk 1 : 5000, das in 71 Blättern den Küstennahbereich bis zu einer Breite von rund 3 km erfaßt (Abb. 5).
2. Das Topographische Wattkartenwerk 1 : 25 000, das mit 15 Blättern das Küstengebiet und die vorgelagerten Inseln wiedergibt (Abb. 6).

Während die Entwicklung nautisch interessanter Gebiete schon seit langem durch Wiederholungsmessungen belegt und in Seekarten dargestellt ist, werden in den beiden Kartenwerken erstmals auch größere *Wattflächen* erfaßt, deren Bedeutung lediglich durch ihre Wirkung auf Strömung und Brandung und somit auf die Beanspruchung von Bauwerken des Küstenschutzes vorgegeben ist.

Die Karten weisen daher gegenüber den bisher auch in amphibischen Gebieten vorhandenen Seekarten ihre besonderen Merkmale auf. Beide Kartenwerke sind auf das zeitlich und räumlich unveränderliche NN (Normalnull) bezogen. Für Seekarten gilt als Bezugshorizont das SKN (Seekartennull), das in unseren Gewässern dem mittleren Springtideniedrigwasser entspricht. Die Wahl des NN als Bezugshorizont ergab sich vor allem aus seiner Unveränderlichkeit und der hieraus resultierenden Erleichterung der Bearbeitung von Vergleichsmessungen

sowie dem Wunsch, die Karten an diejenigen der Landesvermessung anzuschließen. Im Gegensatz zu den Seekarten ist die jeweilige, zum einzelnen Blatt gehörige Festlandssituation aufgenommen. Die Tiefen sind nicht nur durch Zahlen angegeben, sondern auch durch Tiefenlinien gekennzeichnet.

Das Topographische Kartenwerk 1 : 5000 ist auf vier Küstengebiete aufgeteilt: Ostfriesische Küste (34 Kartenblätter), Jadebusen (15), Butjadinger Küste (9) und Wurster Küste (13). Durch den gewählten Maßstab sind die Karten mit der Deutschen Grundkarte verbunden. Sie weichen von ihr im Format ($0,64 \times 1,00$ m) allerdings erheblich ab und erfassen die vierfache Fläche. 39 Blätter liegen bisher im Mehrfarbendruck vor (Seedeich = dunkelgrün, Vorland = wiesengrün, Watt über NN = hellgelb, unter NN = gelb, Wattrinnen unterhalb $-2,00$ m NN = blau, Äquidistanz der Höhenlinien = $0,1$ m). Die Festlandssituation ist der Deutschen Grundkarte entnommen und erscheint — ebenso wie die Beschriftung — in Schwarz.

Von den Topographischen Wattkarten 1 : 25 000 konnten fünf Karten bisher im Achtfarbendruck hergestellt werden (Beschriftung und Festlandssituation = schwarz, Vorland = wiesengrün, trockener Strand bis $+1,00$ m NN = hellgelb, Wattflächen bis $-2,00$ m NN = gelb, hellbraun und dunkelbraun, Wattrinnen $-2,00$ m NN bis $-7,5$ m NN = hellblau, tiefere Wattrinnen und Seegebiet = dunkelblau). Wasserwirtschaftlich interessierende Anlagen sind in den Karten besonders signiert und in der Legende erläutert. Darüber hinaus sind in allen Karten die örtlichen hydrographischen Kennwerte (MThw, MSpTnw, HHThw) angegeben. Während die Karten 1 : 5000 durch die Forschungsstelle Norderney allein vermessen wurden, sind in den Karten 1 : 25 000 zur Vermeidung von Doppelarbeit und zur Zeitersparnis auch Meßergebnisse anderer im Küstengebiet tätiger Dienststellen enthalten. Das so übernommene Messungsmaterial ist ebenfalls in der Legende aufgeführt.

Beide Kartenwerke schließen die Lücke zwischen der Land- und der Seevermessung. In den Karten der Landesvermessung ist das Watt nur andeutungsweise und lagemäßig wiedergegeben. Die Karten der Seevermessung erfassen überwiegend nautisch interessante Bereiche (Kost, 1964).

Auch im Binnenlande wurden für Zwecke der niedersächsischen Wasserwirtschaftsverwaltung einige Gewässerkartierungen vorgenommen. 1956 wurden der Dümmer, 1961 bis 1964 der Soestespeicher bei Thülsfelde und 1962/63 das Steinhuder Meer vermessen. Die Karte des Steinhuder Meeres ist im Maßstab 1 : 10 000 gedruckt (J.B. Bd. XVI).

Für die Bearbeitung der Küstenkartenwerke war eine Reihe von Voraussetzungen zu schaffen, deren wichtigste die Anlage eines für diesen Zweck geeigneten Festpunktnetzes war. Die Verdichtung vorhandener, koordinatenmäßig bekannter Festpunkte (z. B. Kirchtürme, Leuchttürme usw.) ergab sich aber darüber hinaus auch aus der Notwendigkeit, die Standorte anderer Wattuntersuchungen (z. B. Dauerstrommessungen, bodenkundliche Untersuchungen) ausreichend genau zu bestimmen.

Die Anlage dieses Festpunktnetzes auf dem Festland und den Inseln wurde in den letzten Jahren entsprechend dem Fortschritt in der Bearbeitung der beiden Kartenwerke und den Arbeiten, die sich aus anderen Wattuntersuchungen ergaben, gefördert. Es besteht aus Boden- und Hochpunkten. Die Bodenpunkte liegen im wesentlichen auf den Stränden und Südseiten der Inseln, den Deichvorländern der Küste, und sind dort als Standlinien für den Anschluß weiterer Vermessungen vermarktet. Reichen die örtlich vorhandenen und koordinatenmäßig bekannten Hochpunkte für die Arbeiten im Watt nicht aus, so werden die Bodenpunkte durch entsprechend hohe Signalisierung auch für größere Entfernungen kenntlich gemacht.

Die Anlage von Festpunkten in weit abgelegenen Wattgebieten sowie auf den West- und Ostenden der Inseln konnte teilweise nur im Rahmen größerer Vermessungsaufgaben und unter Einsatz besonderer Geräte (z. B. Elektrotape) ermöglicht werden. Da bei diesen Vermessungen

größere Entfernungen nivellistisch zu überwinden waren (z. B. Festland—Knechtsand, Butjadingen—Mellum) und die effektiven Arbeitszeiten infolge großer An- und Abmarschwege mit zunehmenden Entfernungen schrumpften, wurden für den Personaltransport Hubschrauber benutzt, deren Einsatz sich vollauf bewährte (Abb. 7).

Während die Anlage des Festpunktnetzes entlang der Küste mit gleichbleibender Genauigkeit von der Forschungsstelle allein betrieben werden konnte, wurden größere Arbeiten im Zusammenwirken mit dem Geodätischen Institut der Technischen Universität Hannover ausgeführt und erfolgreich abgeschlossen (J.B. Bd. XIV).

Besondere Aufmerksamkeit wurde neben den laufenden Vermessungsarbeiten der zeitlichen und personellen Rationalisierung der Wattvermessung geschenkt. Aus der Erprobung neuer



Abb. 7
Vermessungsschiff
„Nynorderoog“ und Hubschrauber im Einsatz

Verfahren und Geräte, die diesen Zwecken dienen sollten, entwickelte sich eine erfreuliche Zusammenarbeit mit dem Geodätischen Institut der Technischen Universität Hannover und dem Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt.

Die kartographische Bearbeitung großer Gebiete mit herkömmlichen Vermessungsverfahren ist außerordentlich zeitaufwendig. Insbesondere in Wattgebieten ist infolge der Tideabhängigkeit der Außenarbeiten der Zeitbedarf für die Aufnahme größerer Untersuchungsgebiete groß. Im Sinne der Untersuchungsziele der Küsten- und Wattforschung, die vornehmlich auf die Erfassung morphologisch-hydrologischer Gestaltungsvorgänge ausgerichtet sind, ist der mehr oder weniger große zeitliche Abstand der Außenaufnahmen insgesamt zusammengehöriger Gebiete unbefriedigend.

Daher wurden Überlegungen angestellt, wie die nahezu oder sogar völlig zeitgleiche Aufnahme größerer zusammengehöriger Gebiete bewerkstelligt werden kann. Besonders boten sich hier die Verfahren der *photogrammetrischen* Vermessung an. Während die Lagegenauigkeit von Wattflächen in Luftbildplänen höchsten Anforderungen genügt, sind die Höhenbestimmungen jedoch problematisch. Hier setzten die Versuche der Forschungsstelle zur Erarbeitung neuer Verfahren in der Wattvermessung an, die 1954 in Zusammenarbeit mit dem „Institut für Angewandte Geodäsie“ eingeleitet wurden. Geplant war hierbei die stereoskopische Ausmessung der Aufnahmegebiete unter alleiniger Benutzung von Paßpunkten. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen (FÖRSTNER, 1964) waren nicht vielversprechend. Es ergab sich bei einer Flughöhe von 3600 m ein mittlerer Höhenfehler von etwa 0,5 m für ziemlich

sicher erkannte Punkte, und die Orientierung der Bilder war mangels genügend sicher identifizierter Punkte im Watt erschwert und ungenau. Die Signalisierung der Paßpunkte als wichtigste Voraussetzung des Verfahrens ist möglich. Sie erfordert allerdings in Anlage und Unterhaltung einen erheblichen Zeitaufwand. Da eine Entwicklungsfähigkeit des Verfahrens nicht gegeben schien, wurden die Versuche 1959 beendet.

Im Zusammenhang mit Untersuchungen zur Genauigkeit der Wattvermessung wurde dann 1963 in Zusammenarbeit mit dem Geodätischen Institut der Technischen Universität Hannover auf dem Norderneyer Watt ein photogrammetrisches Verfahren entwickelt, das die Formlinien des Wattes auf der Grundlage des Wasserspiegels bei auflaufendem Wasser zu erfassen sucht (GROTHENN, 1964). Das Verfahren ist in der Anwendung verhältnismäßig einfach. Der Wasserspiegel wird an Pegeln eingemessen und die Wasserlinie (Grenze: Wasser—Watt) als Höhenlinie übernommen. Mehrmalige Befliegungen bei auflaufendem Wasser im vorgegebenen zeitlichen Abstand ergeben dann eine größere Anzahl von Grenzlinien, die den Höhenlinien des Wattes entsprechen und durch entsprechende Interpolation auf die gewünschten Äquidistanzen der geplanten Karte hoch gezeichnet werden können. Die Bearbeitung der einzelnen Luftbildpläne nach diesem Verfahren gestaltet sich erheblich einfacher als etwa die stereoskopische Auswertung von Einzelmodellen, zu deren Ausmessung zudem kostspielige Doppelbild-Auswertegeräte (z. B. Zeiss-Stereoplanigraph C 8) erforderlich sind.

Der Wattvermessung sind durch die Anwendung dieses Verfahrens völlig neue Wege gewiesen. Seiner großräumigen Anwendung stehen jedoch zunächst noch erhebliche Bedenken entgegen. Die vielversprechenden Anfängerfolge, die auf dem Norderneyer Watt erzielt wurden und zur Entwicklung des Verfahrens führten, sind sicherlich auch darauf zurückzuführen, daß das Untersuchungsgebiet in Nähe des Watthohen lag und die hier vorhandenen Wasserspiegelgefälle klein und übersichtlich sind. Mit zunehmender Entfernung von den Wattscheiden werden die Spiegelgefälle größer und unübersichtlicher, wobei sich Längs- und Quergefälle überlagern können. Die sichere Erfassung der Spiegelverhältnisse erfordert somit zunächst noch einen hohen Aufwand an Pegeln, der die Rationalität des Verfahrens vorläufig noch zweifelhaft erscheinen läßt.

Zur Abschätzung der Entwicklungsfähigkeit und der Fehlerempfindlichkeit dieses Verfahrens auch unter hydrologisch schwierigen Verhältnissen wurde daher im Sommer 1966 im Außenwesergebiet ein Großversuch mit Serien-Einzelbildmessung und nivellistisch aufgenommenen Testgebieten ausgeführt. Die wenig ermutigenden Ergebnisse dieses Versuches wurden zwischenzeitlich mitgeteilt (SCHLEIDER, 1969).

Die photogrammetrischen Untersuchungen waren begleitet von dem Bemühen, auch moderne Geräte mit dem Ziel der Genauigkeitssteigerung und der zeitlichen sowie personellen Rationalisierung der Wattvermessung zu erproben und einzusetzen. Einen erheblichen Fortschritt für die Vermessung solcher Gebiete, die mit dem Schiff nicht befahrbar sind, erbrachte bereits die Verwendung des Nivellierinstrumentes Ni 2 vor rd. 15 Jahren (J.B. Bd. VII).

In Bereichen, die bei Hochwasser mit dem Schiff befahrbar sind, werden die Vermessungen durch fortlaufende Lotung und entsprechende Schiffsortung von Bord aus vorgenommen. Die Lotungen werden mittels Vermessungsechographen ausgeführt, die die Gestaltung des befahrenen Gebietes in kontinuierlichen Tiefenkurven (Echogrammen) wiedergeben. Gegenüber der früheren Handlotung mit Stock oder Leine erbrachte die Einführung dieses Gerätes neben einer wesentlichen Genauigkeitssteigerung auch erhebliche Zeitersparnisse während der Vermessungsarbeiten. Die Bezugsebene für die Echolotungen bildet der im Tidegebiet räumlich wie zeitlich besonders stark veränderliche Wasserspiegel. Die Richtigkeit der Lotungsergebnisse ist somit wesentlich davon abhängig, mit welcher Genauigkeit der örtliche Wasserspiegel erfaßt werden kann. Um hier ein Höchstmaß an Genauigkeit zu gewährleisten, werden die Lotun-

gen nicht auf mehr oder weniger weit entfernte stationäre Küstenpegel, sondern auf Hilfspegel bezogen, die in den jeweiligen Vermessungsgebieten selbst eingerichtet und eingemessen werden (Abb. 8). Die bisherigen Untersuchungen zur Genauigkeit der Wattvermessung haben gezeigt, daß die Wasserstandsganglinien dieser Hilfspegel im Watt bis zu Entfernungen von rd. 3,0 km mit erträglichem Fehler der Auswertung der Echogramme zugrunde gelegt werden können. Wird das Vermessungsgebiet von stärkeren Prielen oder Baljen durchzogen, die möglicherweise zur Ausbildung von Quergefällen



Abb. 8. Betreuung eines Hilfspegels im Watt

neigen, gilt dieser Wert nicht mehr, und eine mehrmalige Umsetzung und Neueinmessung der Hilfspegel wird erforderlich.

Nachdem der Vermessungsechograph somit sowohl in der Genauigkeit als auch im Arbeitsablauf erhebliche Fortschritte erbrachte und zum gegenwärtigen Zeitpunkt verfahrensmäßig nicht verbesserungsbedürftig erscheint, zielten die weiteren Entwicklungen auf die zeitliche und personelle Rationalisierung der Ortungsverfahren ab.

Die Bestimmung des Peilkurses eines Fahrzeuges mittels der konventionellen Doppelwinkelmessung (Sextanten) auf koordinatenmäßig bekannte Objekte (Leuchttürme, Mühlen usw.) ist neben einigen unbestreitbaren Vorteilen doch auch mit erheblichen Nachteilen verbunden. Als unbedingt vorteilhaft ist die Unabhängigkeit von Landverbindungen und die völlige Selbständigkeit des eingeschifften Vermessungspersonals anzusehen. Von Nachteil ist vor allem die Witterungsabhängigkeit dieses Verfahrens. Die notwendige einwandfreie Sichtverbindung zu den Peilobjekten bei ruhiger See ist nur selten gegeben, und häufig sind emp-

findliche Zeitverluste im Arbeitsablauf hinzunehmen. Nachteilig für den Arbeitsfortschritt ist es weiterhin, daß in vielen Fällen Peilobjekte erst errichtet und eingemessen werden müssen, da die vorhandenen Anlagen nicht ausreichen oder schlecht erkennbar sind.

Erfahrungsgemäß können bei einem durchschnittlichen Profilabstand von rd. 200 m je Tide rd. 4,0 km² mit dem Sextanten vermessen werden. Unter Berücksichtigung aller Einschränkungen, die sich aus den natürlichen Verhältnissen ergeben (z. B. nur kurz befahrbare hochgelegene Wattgebiete), und der erforderlichen Nebenarbeiten (Anschlußnivelements zu den Pegeln, Errichtung zusätzlicher Peilobjekte usw.) sowie der An- und Abreisetage als auch der Ausfälle infolge ungünstiger Witterungsverhältnisse beträgt dann die Leistung nur etwa 1 km² je Tide im langjährigen Mittel.

Untersuchungen zur Genauigkeit der Doppelwinkelmessung und der Kartierung mittels Dreiarmsporteur ergaben Lagefehler bis zu ± 10 m in der Natur bzw. ± 2 mm in der Karte 1 : 5000. Dieser Fehler kann durch Umrechnung der Meßwerte auf rechtwinklige Koordinaten und anschließende Auftragung mittels des gegenüber dem Dreiarmsporteur genauer arbeitenden Koordinatographen auf ± 5 m (Natur) ermäßigt werden.

Die beschriebenen Nachteile der Doppelwinkelmessung und die Zunahme vermessungstech-

nischer Aufgaben im niedersächsischen Küstengebiet zwangen dazu, die inzwischen neu entwickelten elektronischen Ortungsverfahren auf ihre Eignung für die besonderen Aufgaben der Forschungsstelle zu überprüfen. Besonders günstig erschien der durch die Tellurometer Ltd. Südafrika, entwickelte Hydrodist, der bereits 1960 in der Kieler Förde mit Erfolg erprobt worden war (LOHRBERG, 1960).

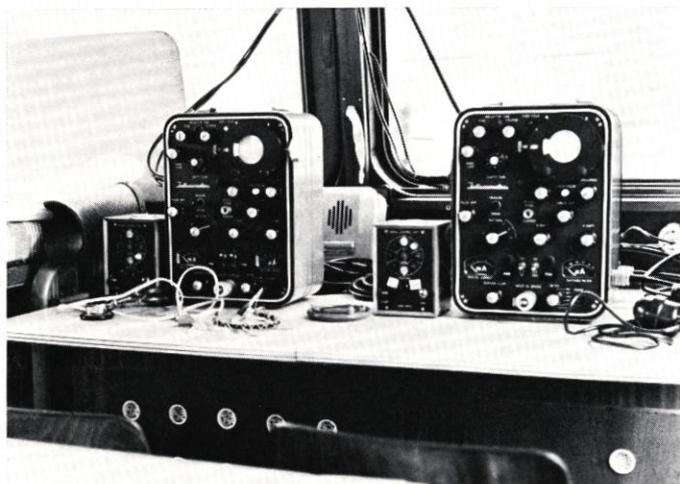


Abb. 9
Hydrodist, Masterstationen an
Bord

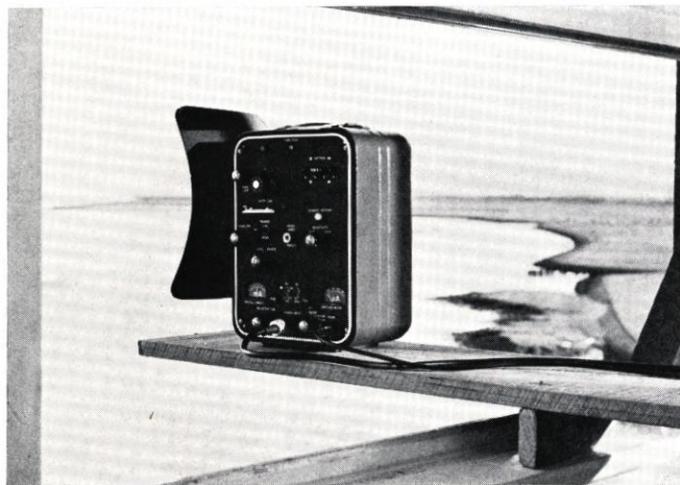


Abb. 10
Hydrodist, Remotestation an
Land

Der Hydrodist ist ein Gerät zur elektronischen Streckenmessung (Abb. 9 und 10). Vom fahrenden Schiff aus können gleichzeitig zwei Strecken von den Bordstationen zu den zugeordneten Landstationen gemessen werden. Mit diesen Strecken ist der Schiffsort auf der Arbeitskarte sofort durch Bogenschlag bestimmbar (J.B. Bd. XVII).

Die Einführung dieses Gerätes erbrachte neben einer Genauigkeitssteigerung gegenüber der Doppelwinkelmessung erhebliche Leistungssteigerungen. Der Lagefehler beträgt bis zu ± 5 m (Natur) bzw. ± 1 mm (Karte 1 : 5000) bei Anwendung des Bogenschmittgerätes. Er ermäßigt sich auf ± 3 m bzw. $\pm 0,6$ mm bei der Anwendung des genauer arbeitenden Koordinatographen.

Die Leistungssteigerungen sind vor allem auf die weitgehende Witterungsunabhängigkeit des Gerätes zurückzuführen. Solange quasi-optische Sichtverbindung besteht, ist das Gerät arbeitsbereit. Gegenüber der Doppelwinkelmessung ergeben sich folgende Vergleichszahlen: Von 54 Meßtagen in der Zeit von Juni 1963 bis August 1964, die mit dem Hydrodisten ausgenutzt wurden, waren lediglich an 23 Tagen die Sichtverhältnisse ausreichend für die Doppelwinkelmessung. Unter Zugrundelegung einer Arbeitsleistung von 4 km² je Tide ergaben sich hieraus 216 km² (Hydrodist) gegen 92 km² (Sextant) bzw. eine Leistungssteigerung von 135 %. Diese Werte werden in besonders nebelreichen Zeiten noch weiter zugunsten des Hydrodisten verschoben.

Nachdem das Gerät sich sechs Jahre bei der Forschungsstelle im Einsatz befindet, ist festzustellen, daß die mit seiner Hilfe erzielten Arbeitsergebnisse voll befriedigend sind und sowohl in ihrer Menge als auch in ihrer Güte die in dieses Verfahren der Schiffsortbestimmung gesteckten Erwartungen voll erfüllen.

ÜBERSICHT DER BIOLOGISCH - SEDIMENTOLOGISCHEN KARTIERUNGEN

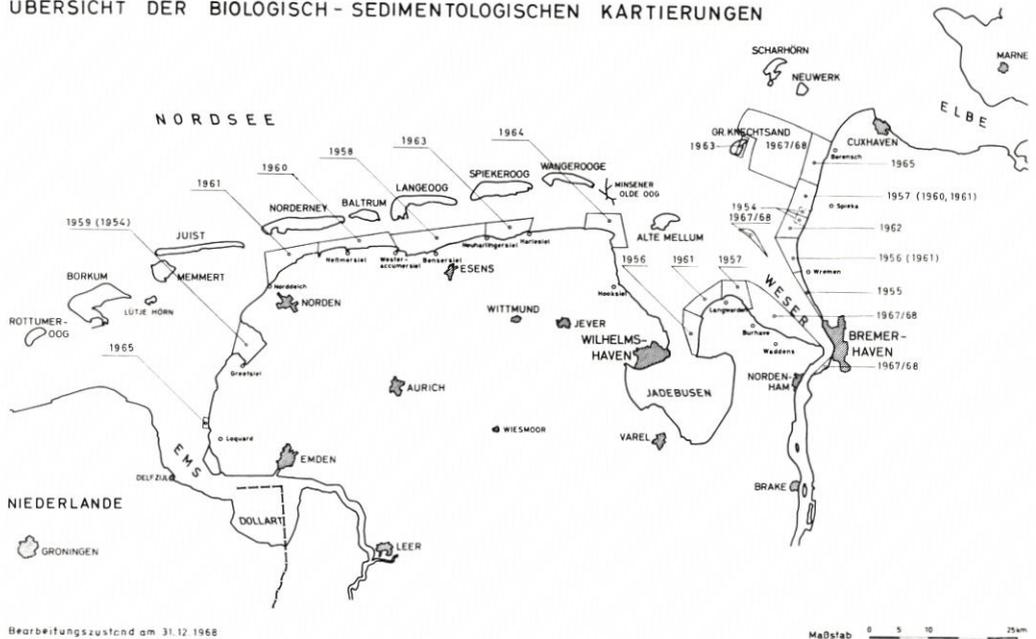


Abb. 11. Biologisch-sedimentologische Bestandsaufnahmen

4. Biologie

Die Bedeutung biologischer Bestandsaufnahmen für die Küsten- und Wattforschung sowohl für die Feststellung morphologischer Entwicklungstendenzen auf den Wattflächen als auch für die Erfolgsbeurteilung bei Baumaßnahmen der Landgewinnung und -erhaltung wurde bereits frühzeitig erkannt. Die ersten systematischen Untersuchungen wurden daher auf den nordfriesischen Watten schon bald nach der Gründung der Staatlichen Forschungsabteilungen Westküste eingeleitet (WOHLENBERG, 1937, 1940). Etwa zur gleichen Zeit erfolgte die biologische Kartierung des Jadebusenwattes (LINKE, 1939). Im Gebiet der ostfriesischen Küste schloß sich die Forschungsstelle Norderney mit der biologischen Kartierung des westlichen Juister Wattes in

den Jahren 1949 und 1950 an (J.B. Bd. I u. II). Nach der Erweiterung des Arbeitsgebietes auf die gesamte niedersächsische Küste wurden auch die biologischen Kartierungen entsprechend ausgedehnt (Abb. 11), so daß das niedersächsische Watt im Küstennahbereich heute größtenteils im Sinne einer biologischen und auch ökologischen Bestandsaufnahme erfaßt ist. Die einzelnen Teilabschnitte der Kartierungsarbeiten wurden im Zusammenhang mit Untersuchungen für Baumaßnahmen des Küstenschutzes ausgeführt. Besonders eingehend wurden im Sommer 1959



Abb. 12
Seepocken und Miesmuscheln
auf Asphalt (Versuchskästen)

Fauna und Sediment der Leybucht als Planungsgrundlage für Eindeichungsmaßnahmen untersucht. Die biologisch-sedimentologischen Arbeiten fanden hierbei eine wesentliche Ergänzung durch eine geologisch-bodenkundliche Kartierung des Untersuchungsgebietes. Es wurden hierbei eine Reihe grundsätzlicher Untersuchungen ausgeführt, deren Ergebnisse richtungweisend für die späteren Arbeiten wurden (J.B. Bd. XI).

An der Wurster Küste, in der Leybucht und auf der Südseite Norderneys werden einige Landgewinnungsfelder seit ihrer Anlage biologisch-sedimentologisch laufend unter Kontrolle gehalten. Durch diese Untersuchungen wird angestrebt, das Werden eines Landgewinnungsfeldes von der Anlage bis zu seiner Aufhöhung über MThw zu verfolgen.

In den letzten Jahren wurden neben diesen Arbeiten eine Reihe von biologischen Untersuchungen zum Verhalten von Baustoffen im Seewasser ausgeführt. Breiten Raum nahmen in diesem Zusammenhang insbesondere die Untersuchungen des Bewuchses von Asphaltbauwerken und möglicherweise hierauf rückführbarer Schäden ein (Abb. 12). Die Arbeiten sind inzwischen abgeschlossen und die Ergebnisse im Jahresbericht 1966 der Forschungsstelle veröffentlicht (J.B. Bd. XVIII).

5. Hydrometrie

Die Strömungsuntersuchungen konzentrierten sich den Aufgaben folgend zunächst auf die Seegaten zwischen den Ostfriesischen Inseln und hierbei insbesondere auf das Norderneyer Seegebiet. Abgesehen von den auch bei den gewässerkundlichen Arbeiten des Binnenlandes üblichen Strömungsmessgeräten standen für diese Untersuchungen Schaufelradstrommesser nach RAUSCHELBACH zur Verfügung. Dieses Gerät eignet sich nur für den Einsatz in tieferem

Wasser, so daß damals die Strömungsverhältnisse auf den trockenfallenden Watten unberücksichtigt bleiben mußten bzw. nur stichprobenartig durch Flügelmessungen von Bord erfaßt werden konnten.

Die der synoptischen Dauermessung mit dem Schaufelrad adäquate Messung der Strömungsvorgänge auf den trockenfallenden Watten wurde erst vor rd. 15 Jahren durch den in der Forschungsstelle entwickelten „Wattdauerstrommesser Juist“ ermöglicht (J.B. Bd. VI, Abb. 13). Vier Geräte wurden damals gebaut und in 31 Meßgebieten in rd. 140 Positionen durchschnittlich vier Wochen eingesetzt. Sie messen etwa 30 cm über dem Boden die Geschwindigkeit



Abb. 13. Aufbau eines Wattdauerstrommessers

und Richtung der Strömung integrierend in Fünf-Minuten-Schritten sowie den Wasserstand. Diese Geräte sind inzwischen durch Wattstrommesser industrieller Fertigung ersetzt, die bisher in drei Meßgebieten in rd. 50 Positionen gearbeitet haben.

Die Dauerstrommessungen längs der niedersächsischen Küste standen ursächlich immer im Zusammenhang mit Bauarbeiten der Wasserwirtschaftsverwaltung (Landgewinnungsfelder, Buhnen, Außentiefs usw.), wobei sich in der Verteilung der Meßpositionen gewisse Schwerpunkte ausbildeten (Abb. 14). Ein einigermaßen auch räumlich zutreffendes Bild über die Strömungsverhältnisse kann bisher nur für Teilgebiete des niedersächsischen Küstenbereiches entworfen werden.

Die entscheidende Randbedingung für den Wert einer Dauerstrommessung ist ihre zeitliche, über den Meßzeitraum hinausgehende witterungsmäßige Repräsentanz. Überwiegt während einer Meßperiode z. B. der Ostwind, so sind die Wasserstände bekanntlich erniedrigt, während sie bei überwiegenden Westwindlagen erhöht sind. Eine Messung, die ausschließlich bei einer Windlage ausgeführt wurde, ist somit nur

für den Meßzeitraum repräsentativ. Um die Gültigkeit der Messung auch über den Meßzeitraum hinausgehend zu gewährleisten, wird sie zeitlich so ausgedehnt, daß möglichst viele meteorologische Randbedingungen erfaßt werden. Durch den nachfolgenden Vergleich der kurzfristigen (Meßzeitraum) mit der langjährigen Windstärkerose und durch Überlagerung der entsprechenden Wasserstandsdauerlinien kann dann die Repräsentanz der Meßergebnisse beurteilt werden. Es hat sich gezeigt, daß in der Mehrzahl der Fälle bei einer Dauermessung über vier Wochen Verhältnisse erfaßt werden, die den langjährigen etwa entsprechen.

Für die Auswertung von Dauerstrommessungen wurden bisher einheitliche Verfahren, wie sie etwa in der Gewässerkunde des Binnenlandes seit langem vorhanden sind, nicht eingeführt. Es ist auch zweifelhaft, ob ein allseitig befriedigendes Verfahren für die Auswertungen überhaupt erarbeitet werden kann. Die Erfahrung zeigt nämlich, daß Dauerstrommessungen im Seegebiet und ihre Bearbeitung im allgemeinen auf unterschiedliche Untersuchungsziele ausgerichtet sind (z. B. Gestaltungsvorgänge in Außentiefs, Triftwassermengen auf Wattscheiden, Stromarbeitsvermögen des Wassers in vorgegebenen Wattgebieten usw.).

In den hydrometrischen Untersuchungen hat sich bisher die rein statistische Bearbeitung der Meßergebnisse bewährt. Aus den Ganglinien der Richtung und Geschwindigkeit der Strömung sowie des Wasserstandes werden getrennt nach Ebbe und Flut folgende hydrographische Kennwerte erarbeitet:

- v_{fm} , v_{em} : mittlere Flut- bzw. Ebbestromgeschwindigkeit während einer Tide.
 v_{fmax} , v_{emax} : maximale Flut- bzw. Ebbestromgeschwindigkeit während einer Tide.
 v_{fmM} , v_{emM} : mittlere Flut- oder Ebbestromgeschwindigkeit während des gesamten Meßzeitraumes.
 R_{fm} , R_{em} : mittlere Richtung (auch dichtester Richtungswert) des Flut- oder Ebbestromes.
 $\int v_f dt$: $\int v_e dt$: Verhältnis der Stromintegrale über je eine Tide.

Diese Kennwerte werden zum besseren Überblick zu Häufigkeitssummenlinien sowie Geschwindigkeitsdauerlinien zusammengefaßt und im Sinne der Untersuchungsziele weiter bearbeitet und beurteilt. Während die Häufigkeitssummenlinien lediglich einen rohen Überblick der örtlichen Strömungsverhältnisse verschaffen und überwiegend als Grundlage für die Beurteilung von Vergleichsmessungen zur Feststellung morphologischer Vorgänge geeignet sind, kommt den über den gesamten Meßzeitraum entwickelten Geschwindigkeitsdauerlinien eine größere Bedeutung zu. In ihnen lassen sich unter Zugrundelegung von Grenzgeschwindigkeiten der Erosion oder der Sedimentation Bereiche abgrenzen, in welchen Sedimente verlagert oder abgesetzt werden.

DAUERSTROMMESSUNGEN Übersichtsplan

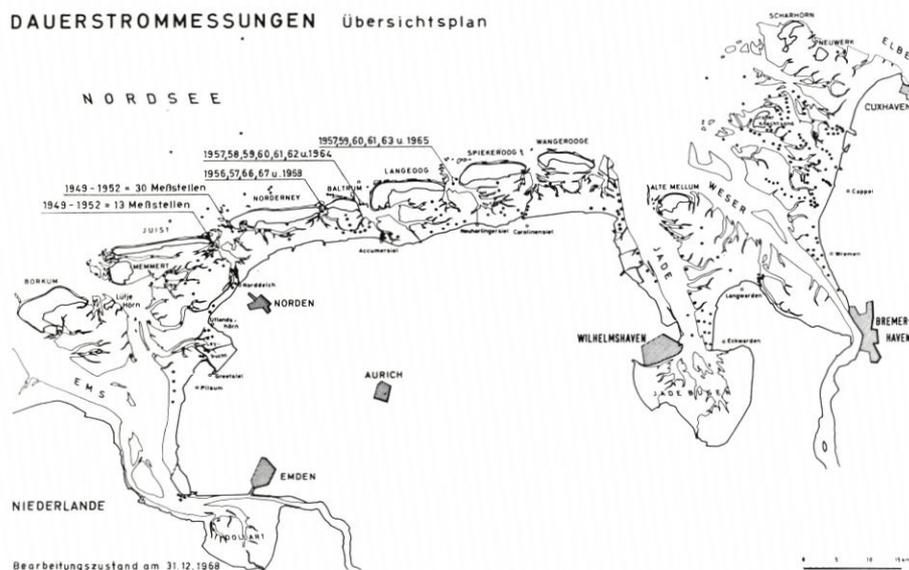


Abb. 14. Hydrometrische Meßpositionen im niedersächsischen Küstenbereich

Die hydrographischen Arbeiten im Watt wurden unter den verschiedensten Zielsetzungen längs der niedersächsischen Küste angesetzt und führten zu entsprechend vielfältigen Ergebnissen. Untersucht wurden z. B. die Strömungsvorgänge in den Seegaten der Ostfriesischen Inseln, die Wasserverfrachtung über die ostfriesischen Wattscheiden, hydrologisch-morphologische Gestaltungsvorgänge in Außentiefs, Strömungsverhältnisse vor Schardeichen und in Landgewinnungsfeldern usf. Die Ergebnisse dieser Arbeiten sind in den Jahresberichten fortlaufend

veröffentlicht. Morphologische Gestaltungsvorgänge und die sie bewirkenden hydraulischen Kräfte konnten in vielen Fällen einander zugeordnet werden. Unbefriedigend bleibt indessen nach wie vor, daß die Kinetik der Sedimentverlagerung (Grenzgeschwindigkeiten usw.) noch nicht hinreichend erforscht und in die hydrometrischen Arbeiten einbezogen werden konnte.

Ebenfalls unbefriedigend ist es, daß die morphologisch weitaus wirksamere Brandung bisher meßtechnisch noch nicht zu erfassen ist. Versuche, Meßgeräte für Brandungsmessungen zu entwickeln, kamen über das Entwurfsstadium nicht hinaus bzw. schlugen fehl. Die hierbei gemachten Erfahrungen führten zu der Einsicht, daß Messungen im Brandungsbereich unter den derzeitigen apparativen Möglichkeiten nur mit großen Schwierigkeiten und nach zeitraubenden gerätetechnischen Entwicklungen bewerkstelligt werden können.

Um diesen Schwierigkeiten aus dem Wege zu gehen, wurde der indirekte Weg der Messung des Seeganges als brandungserzeugendes Element beschritten. Das hierfür erforderliche Wellenmeßgerät wurde in der Forschungsstelle entwickelt und gebaut (Abb. 15). Das Gerät arbeitet



Abb. 15
Wellenmesser im Einsatz vor
Norderney

intermittierend und schreibt bei einem Geschwindigkeitsvorschub des Papierstreifens von 120 mm/min alle zwei Stunden über drei Minuten. Um auf dem 12 cm breiten Registrierstreifen die Wellen möglichst großmaßstäblich aufzuzeichnen und auch höhere Wellen erfassen zu können, wurde die Tide eliminiert, so daß der Mittelstrich des Streifens dem jeweiligen Wasserstand entspricht. Der Höhenmaßstab beträgt 1 : 40. Neben der Aufzeichnung der durchlaufenden Wellen werden deren Kippunkte (Wellenspitzen) gezählt und die Wellenhöhen fortlaufend integriert und mittels Druckzählwerk festgehalten (J.B. Bd. XV).

Zur langfristigen Messung der Wasserstände in weit abgelegenen Gebieten, die eine regelmäßige Pegelbetreuung nicht zulassen, wurden batteriebetriebene Langzeitpegel mit einer Laufzeit von rd. drei Monaten entwickelt; sie waren im Sommerhalbjahr 1966 erstmals in der Robinsbalje eingesetzt. Die Pegel sind mit Streifenschreibern ausgerüstet und erfassen das jeweilige Thw und Tnw. Die Kurve des Tidestieges bzw. -falls ist wegen des steilen Flankenanstiegs nur bedingt für hydrologische Arbeiten brauchbar. Aus den Messungen sollen daher lediglich Häufigkeitsverteilungen der Thw- und der Tnw-Stände ermittelt werden.

Neben den wathydrographischen Arbeiten widmete sich die Forschungsstelle in den letzten Jahren eingehend der Messung des Abflusses in Sielen und Schöpfwerken. Ziel der Messungen und der hiermit verbundenen hydraulischen Untersuchungen war die Entwicklung eines Dauer-

meßverfahrens für den Sielzug und den Förderstrom. Da es eine Beziehung zwischen Wasserstand und Abfluß (Pegelschlüsselkurve) in tidebeeinflussten Gewässern nicht gibt, konnten bisher allseits befriedigende Dauermeßverfahren nicht entwickelt werden. Somit sind die hydrographischen Verhältnisse in Marschgebieten (Abflußbeiwerte, natürliches Retentionsvermögen usw.) noch nicht erschöpfend geklärt. Dieser Mangel wird neuerdings bei der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung besonders empfunden.

Die bisherigen Untersuchungen wurden überwiegend im Schöpfwerk Neuharlingersiel ausgeführt. Auf ihrer Grundlage konnte ein Verfahren zur Dauermessung des Sielzuges entwickelt werden, das auf der Messung der Potentialdifferenz zwischen Binnen- und Außenwasserstand beruht. Die hier erarbeiteten hydraulischen Erkenntnisse wurden bei weiteren Messungen in anderen Sielen bestätigt (Abb. 16, J.B. Bd. XIV und XV).

Weitaus schwieriger gestaltet sich die Messung des Förderstromes in Schöpfwerken. Während einer Reihe von Messungen in mehreren Schöpfwerken stellte sich heraus, daß die Pumpenkennlinien als Grundlage einer Förderstrombestimmung nicht verwendet werden können, da in ihnen die besonderen hydraulischen Randbedingungen des Bauwerkes (Ein- und Auslaufgestaltung, Pfeilerformen usw.) nicht berücksichtigt sind (J.B. Bd. XV). Es wurde daher empfohlen, bewegliche Meßgeräte (Flügel, Schalenkreuz) in einem Punkt der Einlaufkammern einzubauen, der für den Förderstrom einer Pumpe repräsentativ ist. Daß es repräsentative Punkte mit geringer Fehlerempfindlichkeit gibt, wurde im Zuge der Messungen nachgewiesen. Die Messung über bewegliche Geräte ist allerdings nicht voll befriedigend, da sie durch Schwemmsel o. ä. sehr störanfällig sind. Die beschriebenen Verfahren sollen im neuen Schöpfwerk Accumersiel erstmals angewandt werden. Die Geräte sind inzwischen eingebaut und wurden erprobt.



Abb. 16. Ablaufwinde während einer Sielzugmessung (Maadesiel)

6. Bodenmechanik

Die bisherigen sedimentologischen Untersuchungen des Wattbodens wurden im Rahmen biologischer Arbeiten nach bodenkundlichen Verfahren und unter ökologischen Aspekten vorgenommen. Um auch die physikalischen Eigenschaften der Wattböden zu erfassen, wurde 1963/64 ein kleines bodenmechanisches Labor eingerichtet, in welchem Bodenproben z. B. auf Druckfestigkeit, Elastizität, Querdehnung, Spannungserscheinungen, Schubfestigkeit usw. untersucht werden können.

Im Rahmen von Bauvorhaben des Küstenschutzes wurden einige bodenmechanische Untersuchungen ausgeführt, die für Planung und Bau dieser Anlagen wichtiges Grundlagenmaterial

erbrachten. Es handelt sich hierbei um Sohldruckmessungen und ihre Deutung beim Bau von Schöpfwerken, die Beurteilung von Erdstoffen auf ihre Eignung als Deichbaumaterial, Untersuchungen zur Erosionsbeständigkeit von Erdstoffen, die zur Abdeckung von Deichen genutzt werden usw. Die Ergebnisse dieser Arbeiten sollen — soweit sie von überörtlichem Interesse sind — fortlaufend in den Jahresberichten der Forschungsstelle veröffentlicht werden (J.B. Bd. XVII, XVIII u. XIX).

C. Ausblick

Die Arbeiten zur Bestandsaufnahme des niedersächsischen Küstengebietes werden im bisherigen Umfang fortgesetzt. In den Untersuchungen wird sich ein Schwerpunkt im Wesergebiet ausbilden. Zum einen werden hier die Beweissicherungsarbeiten zum Hanseatischen Vorhafenprojekt Neuwerk weitergeführt, und zum anderen wird eine biologische Bestandsaufnahme der Weser nördlich und südlich Blexen im Zusammenhang mit der Ansiedlung eines Titanwerkes auf dem Blexener Groden vorgenommen. Besondere Untersuchungen werden im Zuge des Schwerpunktprogrammes „Sandbewegung im Deutschen Küstenraum“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft erforderlich werden. Im einzelnen zeichnen sich folgende Entwicklungen für die nächste Zukunft ab:

1. **Geologie und Aktuogeologie:** Nachdem die Untersuchung des Quartärs im Wattgebiet zwischen Ems und Jade einen vorläufigen Abschluß gefunden hat, ist eine entsprechende Bearbeitung des Butjadinger und Wurster Wattes vorgesehen. Hierbei wird die Forschungsstelle wie bisher eine Zusammenarbeit mit Fachbehörden oder Instituten anstreben.

Die Untersuchung rezenter morphologischer Vorgänge mit Hilfe aktuogeologischer Verfahren soll fortgesetzt und vertieft werden. Ein verstärkter Einsatz dieser Verfahren wird wohl vor allem bei den Untersuchungen des küstenparallelen Sinkstoff- bzw. Sedimentversatzes zwingend notwendig werden.

2. **Altkartographie:** Die Erfassung langfristiger Gestaltungsvorgänge im Rahmen konkreter Untersuchungsaufgaben und ihre Darstellung im Historischen Kartenwerk 1 : 50 000 wird fortgesetzt. Es ist geplant, das Kartenwerk nach Fertigstellung in seiner Gesamtheit — etwa als Atlas o. ä. — herauszugeben.

3. **Vermessungswesen und Kartographie:** Die Arbeiten an den beiden topographischen Wattkartenwerken 1 : 5000 und 1 : 25 000 werden weitergeführt. In einzelnen Gebieten vorgenommene Zweitvermessungen sollen Anhaltspunkte dazu geben, in welchen Zeiträumen Wiederholungsmessungen zur Feststellung morphologischer Veränderungen sinnvoll und notwendig sind.

Die verfahrensmäßigen und apparativen Entwicklungen in der Wattvermessung werden im Hinblick auf die zeitliche und personelle Rationalisierung aufmerksam verfolgt und auch unterstützt. Vor allem wird die elektronische Datenverarbeitung zur Beschleunigung und Vereinfachung der häuslichen Auswertungsarbeiten zunehmend Bedeutung erlangen. Die digitale Meßwertspeicherung an Bord wird angestrebt.

4. **Biologie:** Die biologisch-sedimentologische Bestandsaufnahme des Küstennahbereiches soll auf weiter abgelegene Gebiete ausgedehnt werden. Die Ergebnisse dieser Arbeiten sollen später in thematischen Karten verarbeitet werden.

Die zunehmende Verschmutzung der Küstengewässer durch Einleitung von Abwässern wird in den kommenden Jahren wahrscheinlich zu einer Ausweitung der biologischen Aufgaben der Forschungsstelle führen. Mit der biologischen Bestandsaufnahme im Raum

Blexen im Zusammenhang mit der Ansiedlung des Titanwerkes ist diese Entwicklung bereits eingeleitet.

5. **Hydrometrie:** Die künftige Entwicklung wird wesentlich durch die Einführung moderner Geräte und die elektronische Bearbeitung der Meßergebnisse bestimmt sein. Die bisher recht zeitaufwendigen Auswertungsarbeiten sind durch apparative Digitalisierung der Meßfilme und unter Einschaltung von Computern zu beschleunigen. Nachdem mit dem WES-65 ein brauchbares Wellenmeßgerät entwickelt werden konnte, sollen in größerem Umfange auch Seegangsmessungen in die hydrometrischen Untersuchungen einbezogen werden.
6. **Bodenmechanik:** Die bodenphysikalischen Arbeiten für Wattböden sind eingeleitet. Die Weiterentwicklung und der zeitliche Fortschritt dieser Arbeiten sind noch nicht voll zu übersehen.

Von besonderer Bedeutung für die künftigen Untersuchungen der Forschungsstelle wird das Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft „Sandbewegung im Deutschen Küstenraum“ sein. Es ist zu hoffen, daß die in diesem Zusammenhang laufenden Untersuchungen Einblicke in großräumige Entwicklungen erbringen, die bis in Küstennähe wirken und bisher kaum erfaßt wurden oder erfaßt werden konnten. Auf die Bedeutung dieser großräumigen Vorgänge auch für kleinere Untersuchungsgebiete im Küstennahbereich und die Notwendigkeit ihrer Erfassung wurde schon mehrfach hingewiesen. Die nun geplanten Untersuchungen werden daher die Kenntnisse der Naturvorgänge im Nordseeküstengebiet erheblich bereichern.

Die Arbeiten der Forschungsstelle Norderney haben in den vergangenen drei Jahrzehnten wesentliche Erkenntnisse zu den morphologischen Gestaltungsvorgängen im niedersächsischen Küstengebiet erbracht. Der reiche, geschichtlich gewachsene Erfahrungsschatz des Küstenwasserbaues konnte erheblich erweitert, vertieft und auf wissenschaftliche Grundlagen gestellt werden. Der immerwährende Wandel des Küstenvorfeldes und die hierdurch hervorgerufenen wechselnden Beanspruchungen der Bauwerke des Küstenschutzes und der Anlagen des Seeverkehrs erfordern auch in der Zukunft stets aufs neue die naturwissenschaftliche Erfassung und Verfolgung der wirkenden Kräfte als Grundlage sinnvollen und wirtschaftlichen Bauens im Küstenraum.

D. S c h r i f t t u m

In das Schriftenverzeichnis sind nur diejenigen Publikationen aufgenommen, die in dieser Arbeit ausdrücklich zitiert sind. Die Aufführung aller Arbeiten, die für die Küstenforschung von Bedeutung sind und auch der Forschungsstelle viele Impulse gaben, würden den Rahmen dieses Aufsatzes sprengen. Aus dem gleichen Grunde wurden Hinweise auf die Arbeiten von Angehörigen der Forschungsstelle nur beschränkt unter Angabe der entsprechenden Jahresberichte gegeben, da zu jedem angesprochenen Problem eine oder auch mehrere Veröffentlichungen vorhanden sind, die im Anhang zusammengefaßt wurden.

FÖRSTNER, R.: „Die photogrammetrische Vermessung der Watten. Ein Versuch im Gebiet von Norderney.“ Mitteilung Nr. 70 des Institutes für Angew. Geodäsie, Frankfurt 1964.

GAYE, J.: „Entwicklung und Erhaltung der Ostfriesischen Inseln.“ 7. Bl. Bauverwaltung 54/22 1934 und Dtsch. Wasserwirtschaft 30, H. 2, 1935.

GAYE, J. und F. WALTHER: „Die Wanderung der Sandriffe vor den ostfriesischen Inseln.“ Bau-technik, Jg. 13, H. 41, 1935.

GROTHENN, D.: „Die Untersuchungen zur Wattvermessung.“ Wissensch. Arb. der Institute für Geodäsie und Photogrammetrie der Techn. Hochsch. Hannover, Nr. 23, 1964.

HABERSTROH, G.: „Forschungsarbeiten im dithmarscher Wattenmeer.“ Westküste, Jg. 1, H. 2, 1938.

- KOST, W.: „Neue Wattkarten an der niedersächsischen Küste.“ Nachrichten der niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, H. 2, 1964.
- KÜSTENAUSSCHUSS NORD- UND OSTSEE, Arbeitsgruppe Norderney: „Gutachtliche Stellungnahme zu den Untersuchungen über die Ursachen der Abbrucherscheinungen am West- und Nordweststrand der Insel Norderney sowie zu den zum Schutz der Insel vorgeschlagenen seebau-technischen Maßnahmen.“ Die Küste, Jg. 1, H. 1, 1952.
- LINKE, O.: „Die Biota des Jadebusenwattes.“ Helg. Wiss. Meeresunters. Bd. 1, H. 3, 1939.
- LOHRBERG, W.: „Hydrodist, ein Gerät zur Standortbestimmung im küstennahen Seegebiet.“ Deutsche Gewässerkundl. Mitteilungen, Jg. 4, H. 2, 1960.
- LORENZEN, J. M.: „Planung und Forschung im Gebiet der Schleswig-Holsteinischen Westküste.“ Westküste, Jg. 1, H. 1, 1938.
- LORENZEN, J. M.: „25 Jahre Forschung im Dienst des Küstenschutzes.“ Die Küste 8, 1960.
- SCHLEIDER, W.: „Untersuchungen zur Anwendung des Wasserlinienverfahrens in hydrologisch schwierigen Gebieten.“ Nr. 38 der Wissenschaftlichen Arbeiten der Lehrstühle für Geodäsie, Photogrammetrie und Kartographie an der Technischen Universität Hannover, 1969.
- THILO, R. und G. KURZAK: „Die Ursachen der Abbrucherscheinungen am West- und Nordweststrand der Insel Norderney.“ Die Küste, 1, H. 1, 1952.
- WALTHER, F.: „Die Gezeiten und Meeresströmungen im Norderneyer Seegat.“ Bautechn., Jg. 12, H. 13, 1934.
- WOHLENBERG, E.: Die Wattenmeer-Lebensgemeinschaften im Königshafen von Sylt. Helg. Wiss. Meeresunters. I, 1, 1937.
- WOHLENBERG, E.: „Biologische Untersuchungen im Wattenmeer und ihre praktische Nutzanwendung für die Landgewinnung.“ Schriftenreihe der Provinzialstelle für Marschen- und Wurtenforschung, Bd. 1, 1940.

Anhang

a) Die Veröffentlichungen in den Jahresberichten der Forschungsstelle

ALLGEMEINES

- F. WALTHER: Überblick über die Untersuchungen des Wasserbauamtes Norden von 1920 bis 1933 über die Veränderungen der Ostfriesischen Inseln und ihre Ursachen. J.B. XIX, 1967.

GEOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

- W. DECHEND: Die erdgeschichtliche Entwicklung des Juister Watts und die Folgerungen für eine künftige Entwicklung. J.B. II, 1950.
- W. DECHEND: Die erdgeschichtliche Entwicklung im Raum um Norderney. J.B. III, 1951.
- W. HAARNAGEL: Bericht über das Ergebnis der Bohrungen im Juister Watt. J.B. IV, 1952.
- W. DECHEND und K. RICHTER: Geologische Untersuchungen zur Frage der Materialumlagerungen im Norderneyer Seegat. 1953.
- W. DECHEND: Ergebnisse der Bohrungen im Bereich der Hallig Bant auf dem Kooper Sand südlich Juist. J.B. VI, 1954.
- M. ARKERMANN: Die Umlagerungen des Sandes im Seegebiet vor Norderney und auf der Insel. J.B. VII, 1955.
- K. H. SINDOWSKI: Die geologische Entwicklung des Wattengebietes südlich der Inseln Baltrum und Langeoog. J.B. VIII, 1956.
- W. REINHARDT: Zum Bodenaufbau des Quartärs, besonders des Holozäns der ostfriesischen Küste von Juist bis Langeoog. J.B. IX, 1957.
- U. GROHNE: Botanische Untersuchung zur geologischen Entwicklung der ostfriesischen Küste von Juist bis Langeoog. J.B. IX, 1957.
- K. H. SINDOWSKI: Die geologische Entwicklung des Spiekerooger Wattgebietes im Quartär. J.B. XI, 1959.
- J. L. RUYTER: Geologisch-bodenkundliche Kartierung im Watt der Leybucht auf der Grundkarte „Kleiner Krug“. J.B. XII, 1960.
- K. H. SINDOWSKI: Die geologische Entwicklung des Wangerooger Wattgebietes im Quartär. J. B. XIV, 1962.

HISTORISCHE UNTERSUCHUNGEN

- G. KURZAK: Die historische Entwicklung des Juister Watts. (Nach Ausarbeitungen von Dr. Lang.) J.B. II, 1950.
- H. SCHUMACHER: Die Entwicklung der Insel Memmert von 1906—1950. J.B. III, 1951.
- A. LANG: Bericht über die historische Entwicklung des Juister Watts und der Seegaten zwischen Juist und Norderney vom 16. bis zu Beginn des 20. Jahrhunderts. J.B. IV, 1952.
- H. HOMEIER: Die Entwicklung des Westteils von Langeoog seit Beginn des 18. Jahrhunderts. J. B. VII, 1955.
- H. HOMEIER: Untersuchung der Veränderungen des Juister Wattes zur Frage eines Durchbruches der Memmert Balje zum Buse Tief. J.B. X, 1958.
- A. LANG: Historische und kartographische Untersuchungen zur Entwicklung der ostfriesischen Inseln östlich von Norderney. 1958.
- A. LANG: Historische und kartographische Untersuchungen zur Entwicklung des Jadegebietes. 1961.
- H. HOMEIER: Historisches Kartenwerk 1 : 50 000 der niedersächsischen Küste. J.B. XII, 1961.
- H. HOMEIER: Die Strandinsel Lütje Hörn an der Osterems. J.B. XIV, 1962.
- A. LANG: Historische und kartographische Untersuchungen zur Entwicklung der Küste und der Watten von Nordbutjadingen bis zur Elbmündung. 1963.
- H. HOMEIER: Die Entwicklung von Accumersiel und seines Einzugsgebietes. J.B. XV, 1963.
- H. HOMEIER: Historisch-morphologische Untersuchungen der Forschungsstelle Norderney über langfristige Gestaltungsvorgänge im Bereich der niedersächsischen Küste. J.B. XVI, 1964.
- H. HOMEIER: Die morphologische Entwicklung im Raum Schillig und die vermuteten Wechselwirkungen zwischen den Korrektionswerken auf Minsener Oog und den Veränderungen auf dem Festlandswatt. J.B. XVII, 1965.
- H. HOMEIER: Die Strandentwicklung der Insel Memmert. J.B. XVIII, 1966.
- H. HOMEIER: Das Wurster Watt — Eine historisch-morphologische Untersuchung des Küsten- und Wattgebietes von der Weser- bis zur Elbmündung. J.B. XIX, 1967.

MORPHOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

- O. LINKE: Ergebnisse der Peilkartenvergleiche des Juister Watts. J.B. II, 1950.
- O. LINKE: Peilungen im Norderneyer Watt 1951. J.B. III, 1951.
- O. LINKE: Bericht über die Riff- und Sandwanderungsuntersuchungen am Nordstrand von Norderney. J.B. IV, 1952.
- O. LINKE: Bericht über die Veränderung des Baltrumer Wattes im Zeitraum 1930—1952. J.B. IV, 1952.
- H. HOMEIER: Die Veränderung des Langeooger Watts im Zeitraum 1938—1953. J.B. V, 1953.
- H. R. KRAUSE: Bericht über den Stand der natürlichen Verlandung in der Ley-Bucht und auf der Hauener Hooge. J. B. IV, 1952.
- J. KRAMER: Zustand und Veränderungen des Greetsieler Außentiefs. J.B. VI, 1954.
- J. KRAMER: Untersuchung des Uferabbruchs südlich des Dorumer Tiefs. 1954. J.B. VI, 1954.
- J. KRAMER: Untersuchung des Medem Priels 1954. J.B. VI, 1954.
- H. HOMEIER und J. KRAMER: Verlagerung der Platen im Riffbogen vor Norderney und ihre Anlandung an den Strand. J.B. VIII, 1956.
- H. HOMEIER: Die morphologische Entwicklung der Außendeichgebiete an der Wurster Küste zwischen Weddewarden und Solthörner Buhne. J.B. VIII, 1956.
- H. HOMEIER: Die morphologische Entwicklung der Cappeler Außendeichgebiete. J.B. IX, 1957.
- H. HOMEIER: Die morphologische Entwicklung der ostfriesischen Küste zwischen Benersiel und Neuharlingersiel. J.B. X, 1958.
- J. KRAMER: Natürliche Entwicklung des Großen Knechtsandes und seine Bedeutung für den Küstenschutz. J.B. XII, 1960.
- H. HOMEIER: Die morphologische Entwicklung der Insel Spiekeroog und die Auswirkung der Strandschutzwerke. J.B. XII, 1960.
- H. HOMEIER: Untersuchung morphologischer Veränderungen an der Wurster Küste auf Grund topographischer Vergleichsmessungen 1957/1965. J.B. XVII, 1965.

SEDIMENTOLOGIE

- M. AKKERMANN: Bericht über die sedimentologischen Untersuchungen zur Frage der Umlagerung des Sandes. J.B. IV, 1952.
- H. E. REINECK: Über den Transport des Riffsandes. J.B. XI, 1959.

- H. E. REINECK: Über Sandverlagerungen im Bereich des Nassen Strandes. J.B. XII, 1960.
 MÜLLER, NACHTIGALL, REINECK, SEIBOLD und VOLBRECHT: Der Knechtsand. Eine Untersuchung über Material und Materialtransport mit der Luminophorenmethode und anderen vergleichenden Methoden. J.B. XVI, 1964.

KARTOGRAPHIE UND VERMESSUNG

- H. J. BUHSE: Zur Technik der Wattvermessung. J.B. VII, 1955.
 H. J. BUHSE: Mitwirkung der Forschungsstelle Norderney bei der Wiederholung des Nordseeküstennivellements im Bereich der ostfriesischen Inseln und Erfahrungen mit neuartigen Meßgerüsten. J.B. VIII, 1956.
 H. J. BUHSE: Watt- und Strandkarten der Forschungsstelle. J.B. XI, 1957.
 H. J. BUHSE: Topographische Wattkarten der Niedersächsischen Wasserwirtschaftsverwaltung. J.B. XIII, 1961.
 H. J. BUHSE: Das geodätische Festpunktnetz für die Untersuchungen der Forschungsstelle Norderney. J.B. XIV, 1962.
 H. J. BUHSE: Neue Karten von niedersächsischen Binnengewässern. J.B. XVI, 1964.
 H. J. BUHSE: Entwicklungstendenzen in der Technik der Wattvermessung. J.B. XVII, 1965.
 H. KOWALSKI: Hydrodist im Einsatz. Elektronische Schiffsortbestimmung in der Vermessung küstennaher Seegebiete. J.B. XVII, 1965.

HYDROMETRISCHE UNTERSUCHUNGEN

- Th. JANSSEN und H. HOMEIER: Berechnung der Tidewassermenge eines Watttraumes der ostfriesischen Küste. J.B. III, 1951.
 J. KRAMER und E. BARDELMEIER: Wasservertriftung über das Juister Watt. J.B. V, 1953.
 J. KRAMER und E. SCHNOOR: Tidewellenberechnung im Gebiet des Kalfamer Gats / Juister Balje. J.B. V, 1953.
 J. KRAMER und E. SCHNOOR: Stellungnahme zu den hydrologischen und morphologischen Auswirkungen eines Straßendamms Festland/Norderney. J.B. V, 1953.
 D. KÖRITZ: Quantitative Untersuchung der Wasservertriftung über das Juister Watt. J.B. VI, 1954.
 J. KRAMER: Die hydrologischen Verhältnisse im Hafengebiet von Norddeich. J.B. VII, 1955.
 D. KÖRITZ: Hydrometrische Untersuchungen auf dem Wurster Watt zwischen Weddewarden und Solthörner Buhne. J.B. VIII, 1956.
 D. KÖRITZ: Hydrometrische Verhältnisse auf dem Cappeler Watt und bauliche Folgerungen aus der Gesamtuntersuchung. J.B. IX, 1957.
 D. KÖRITZ: Dauerstrommessungen auf dem Watt zwischen Bensorsiel und Neuharlingersiel (Ostfriesische Küste). J.B. X, 1958.
 M. KOCH: Lysimetermessungen auf Norderney in den Abflußjahren 1956/60. J.B. XII, 1960.
 J. KRAMER: Strommessungen im Hafengebiet von Norderney. J.B. XIII, 1961.
 H. HOMEIER und G. LUCK: Hydrometrische Untersuchungen und funktionelle Planung zur Vorklanderhaltung nördlich des Wremer Tiefs an der Wurster Küste. J.B. XIII, 1961.
 M. KOCH: Wattedauerstrommessungen der Forschungsstelle Norderney als Grundlage für funktionelle Planungen im Küstenschutz. J.B. XV, 1963.
 G. LUCK: Hydrometrische Untersuchungen im Bereich der Leybucht zur Beurteilung einer Eindeichung. J.B. XVI, 1964.
 G. RAGUTZKI: Hydrometrische Untersuchungen zur Beurteilung der morphologischen Gestaltungsvorgänge und der hydraulischen Wirkung eines Leitdamms im Bereich des Accumersieler Außentiefs. J.B. XVI, 1964.
 M. KOCH: Untersuchungen zur hydrographischen und morphologischen Bedeutung der Memmertbalje für das westliche Einzugsgebiet des Norderneyer Seegats. J.B. XVI, 1964.
 G. LUCK: Hydrometrische Untersuchungen und Beurteilung von Küstenschutzmaßnahmen im Raum Schillig. J.B. XVII, 1965.
 G. LUCK: Hydrologische Ursachen der Strand- und Dünenabbrüche im Westen Memmerts. J.B. XVIII, 1966.
 G. LUCK: Untersuchungen zu den hydrologisch-morphologischen Gestaltungsvorgängen in der Zufahrt zum Hafen Norddeich. J.B. XIII, 1966.
 M. KOCH und G. LUCK: Hydrometrische Untersuchungen im Bereich des Hohen Weges zur Frage der Wasservertriftung zwischen Jade und Weser. J.B. XVIII, 1966.

BINNENENTWASSERUNG

- D. KÖRITZ: Untersuchung des Neuharlingersieler Außentiefs 1954/55. J.B. VII, 1955.
 G. LUCK: Sielzugmessungen in Neuharlingersieler und Entwicklung eines Dauermeßverfahrens. J.B. XIV, 1962.
 G. LUCK: Sielzugmessungen Maadesiel im September 1963. J.B. XV, 1963.
 G. LUCK: Beurteilung der hydraulischen Wirkung angeströmter Baukörper in Sielen und Schöpfwerken mit Hilfe von photographischen Strömungsaufnahmen. J.B. XV, 1963.
 J. KRAMER: Sielkennblätter. J.B. XIV, 1962.

MESSGERÄTE

- O. LINKE: Bericht über die Entwicklung und den Bau des Wattdauerstrommessers. J.B. IV, 1952.
 W. DEHARDE: Der Wattdauerstrommesser Juist. J.B. VI, 1954.
 W. DEHARDE und K. HAUSMANN: Elektronischer Zeitmarkengeber für Schreibpegel. J.B. VIII, 1956.
 W. DEHARDE: Der Meßflügel „Baltrum“. J.B. IX, 1957.
 G. DRESKE: Der Wellenschreiber WES-63 der Forschungsstelle Norderney. J.B. XV, 1963.

MATHEMATIK

- E. SCHNOOR: Verfahren zur näherungsweise Vorausberechnung optimaler Formel-exponenten in der Korrelationsrechnung. J.B. VI, 1954.

BODENPHYSIK

- G. RAGUTZKI: Beitrag zur Gründung von Schöpfwerken nach den Ergebnissen von Sohldruckmessungen. J.B. XVII, 1965.
 G. RAGUTZKI: Beurteilung von Kleiabdeckungen ostfriesischer Seedeiche auf der Grundlage bodenphysikalischer Kennwerte. J.B. XIX, 1967.

BEURTEILUNGEN ZU BAUVORHABEN

- SCHAUBERGER, THILO, KURZAK, LINKE und DECHEND: Die Ursachen der Abbruchserscheinungen am West- und Nordwest-Strand der Insel Norderney und die Beurteilung der zum Schutz der Insel vorgeschlagenen seebautechnischen Maßnahmen. J.B. I, 1949.
 J. KRAMER und H. HOMEIER: Die Auswirkung der Inselchutzwerke auf die Strandentwicklung im Westteil von Norderney. J.B. VI, 1954.
 J. KRAMER: Bauliche Folgerungen aus den Untersuchungen für die Ufersicherung zwischen Weddewarden und Solthörn. J.B. VIII, 1956.
 J. KRAMER: Künstliche Wiederherstellung von Stränden unter besonderer Berücksichtigung der Strandaufspülung Norderney 1951/52. J.B. IX, 1957.
 D. KÖRITZ: Ein Vorschlag zur Sicherung des Seedeiches zwischen Bensen-siel und Neuharlingersieler (Ostfriesische Küste). J.B. X, 1958.
 J. KRAMER: Insel-schutz von Neuwerk und Erhaltung einer Zufahrt. J.B. X, 1958.
 J. KRAMER: Deichsicherung an der ostfriesischen Küste zwischen Utlandshörn und Hilgenriedersieler. J.B. XI, 1959.
 J. KRAMER: Ufersicherung zwischen Eckwarderhörne und Langwarder Groden an der Butjadinger Küste. J.B. XII, 1960.
 J. KRAMER, G. LUCK und C. D. MÜLLER: Stellungnahme zur versuchsweisen Stranderhöhung durch Kies am Westkopf von Norderney. J.B. XIV, 1962.
 G. LUCK: Beurteilung von Baumaßnahmen im Bereich des Harlesieler Außentiefs auf der Grundlage hydrometrischer Untersuchungen. J.B. XVII, 1965.

BIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

- H. R. KRAUSE: Die biologische Kartierung des westlichen Juister Watts im Sommer 1950. J.B. II, 1950.
 H. R. KRAUSE: Die Kartierung der Lebensgemeinschaften des östlichen Juister Watts und des Norderneyer Watts im Jahre 1951. J.B. III, 1951.
 H. R. KRAUSE: Vorläufiger Bericht über die 1951 durchgeführten Schilluntersuchungen im Mündungsgebiet der Ems. J.B. III, 1951.
 H. R. KRAUSE: Bericht über die Kartierung der Lebensgemeinschaften des Baltrumer Watts im Jahre 1952. J.B. IV, 1952.

- H. R. KRAUSE: Bericht über einen Versuch zur Ermittlung der Befalls- und Bohrtätigkeit der Holzbohrmuschel *Teredo navalis* L. J.B. IV, 1952.
- H. R. KRAUSE: Die Kartierung der bodenbewohnenden Lebensgemeinschaften im Langeooger Watt. J.B. V, 1953.
- H. R. KRAUSE: Abschließender Bericht über die in den Jahren 1951 und 1952 durchgeführten Schilluntersuchungen im Mündungsgebiet der Ems. J.B. V, 1953.
- H. R. KRAUSE: Untersuchungen über den Gehalt an organischer Substanz im Feinstanteil der Sedimente des Emsmündungsgebietes. J.B. V, 1953.
- H. R. KRAUSE: Die biologische Wattkartierung im ostfriesischen Raum. 1955.
- C. D. MÜLLER: Biologische Untersuchung des Watts an der Butjadinger Küste zwischen Eckwarderhörne und Tossens. J.B. VIII, 1956.
- C. D. MÜLLER: Die Epifauna auf den Hölzern der *Teredo*-Untersuchungsstation in Norderney. J.B. VII, 1955.
- C. D. MÜLLER: Biologische Untersuchung des Wurster Wattes zwischen Weddewarden und Solthörner Buhne. J.B. VIII, 1956.
- C. D. MÜLLER: Biologische und sedimentologische Untersuchung des Cappeler Wattes. J.B. IX, 1957.
- C. D. MÜLLER: Biologische und sedimentologische Wattuntersuchung zwischen Westeraccumersiel und Neuharlingersiel an der ostfriesischen Küste. J.B. X, 1958.
- C. D. MÜLLER: Fauna und Sediment in der Leybucht. Biologisch-bodenkundliche Wattuntersuchung mit Stellungnahme zur Landgewinnung. J.B. XI, 1959.
- C. D. MÜLLER: Biologisch-sedimentologische Untersuchung der Wattveränderung 1955—1961 bei Wremen. J.B. XIII, 1961.
- C. D. MÜLLER: Untersuchung des Verlandungsfortschrittes beiderseits des Cappeler Tiefs. J.B. XIII, 1961.
- C. D. MÜLLER: Das Watt an der Butjadinger Küste von Langwarden bis Tossens. Untersuchung von Fauna und Sediment und Folgerungen für den Küstenschutz. J.B. XIV, 1962.
- C. D. MÜLLER: Fauna und Sediment im Wurster Watt von Solthörn bis Dorumer Tief und ihre Beeinflussung durch die Februarsturmflut 1962. J.B. XIV, 1962.
- C. D. MÜLLER: Das ostfriesische Watt von Dornumersiel bis Norddeich. Eine biologisch-sedimentologische Untersuchung mit Folgerungen für den Küstenschutz. J.B. XV, 1963.
- C. D. MÜLLER: Das ostfriesische Watt von Neuharlingersiel bis Harlesiel. Biologisch-sedimentologische Untersuchung und Folgerungen für den Küstenschutz. J.B. XVII, 1965.
- C. D. MÜLLER: Untersuchungen über die Einwirkungen von Tier- und Pflanzenbesiedlung auf Asphaltbauwerke im Seewasser. J.B. XVIII, 1966.
- H. MICHAELIS: Makrofauna und Vegetation der Knechtsandwatten. J.B. XIX, 1967.

b) Veröffentlichungen von Mitarbeitern der Forschungsstelle außerhalb des Jahresberichtes

BACKHAUS, H.:

„Die natürliche Entwicklung der Ostfriesischen Inseln.“ Abhandl. Nat. Ver. Bremen, Bd. XXX, H. 1/2, 1937.

„Die Entwicklung der Ostfriesischen Inseln in geschichtlicher, geomorphologischer, hydrodynamischer und seebautechnischer Hinsicht.“ Dissertation, Hafenbautechn. Ges., Jg. 6, H. 18, 1939/40.

„Die Ostfriesischen Inseln und ihre Entwicklung. Ein Beitrag zu den Problemen im südlichen Nordseegebiet.“ Prov.-Inst. Landesplanung und Nieders. Landes- und Volkstumsforschung, R. A. I, 12, 1943.

BUHSE, H. J.:

„Eine neue Gewässerkarte vom Steinhuder Meer.“ Neues Archiv für Niedersachsen, Bd. 14, H. 4, 1965.

„Neue Karten für den Insel- und Küstenschutz in Niedersachsen.“ Neues Archiv für Niedersachsen, Bd. 15, H. 2, 1966.

DECHEND, W.:

„Zur Frage der Sandwanderung vor den Ostfriesischen Inseln.“ Bautechnik, H. 7, 1949.

„Das Eem im Raum Norderney—Hilgenriede.“ Zeitschr. der Dtsch. Geol. Ges., Bd. 102/I, 1950.

- „Die Gliederung des Quartärs im Raum Krummhörn—Dollart (Ostfriesland) und die geologische Entwicklung der Unteren Ems.“ Geol. Jahrb., Bd. 71, 1956.
- FREISTADT, KRAMER, LORENZEN, LÜDERS, RODLOFF, TRAEGER (Arbeitsgruppe Küstenschutzwerke):
 „Empfehlungen für den Deichschutz nach der Februarsturmflut 1962.“ Die Küste, Jg. 10, H. 1, 1962.
- JANSSEN, Th.:
 „Forschung im Dienst der Ostfriesischen Küste.“ Ostfreesland-Kalender, 1952.
 „Die Vorflutverhältnisse bei Einleitung von Abwässern in Tideflüsse.“ Die Wasserwirtschaft, Jg. 43, H. 6, 1953.
 „Neue hydrometrische Geräte der Forschungsstelle Norderney.“ Mitt. d. Bundesanst. f. Gewässerkunde, Nr. 42, 1953.
 „Die ostfriesischen Watten als Verkehrs- und Wirtschaftsgebiet.“ Wasser- und Schiffsamt Norden, 1954.
 „Inselchutz an Ostfrieslands Küste.“ Hansa, Jg. 93, H. 44/45, 1956.
- KÖRITZ, D.:
 „Neuartige selbstregistrierende Meßgeräte und ihre Anwendung im Tidegebiet.“ Deutsche Gewässerkundl. Mitteilungen, Sonderheft 1958.
 „Küstenforschung und Inselchutz.“ Merian „Ostfriesische Inseln.“ H. 3, X.
- KOWALSKI, H.:
 „Erfahrungen mit dem Hydrodist in der Vermessung küstennaher Seegebiete zwischen Ems und Elbe.“ Deutsche Gewässerkundl. Mitteilungen, 12. Jg., H. 2, 1968.
- KRAMER, J.:
 „Probleme des Insel- und Küstenschutzes.“ Jahresheft des Westdeutschen Wasserwirtschaftsverbandes Essen, 1955.
 „Die Forschungsstelle Norderney.“ Wasser und Boden, Jg. 8, H. 12, 1956.
 „Inselchutz von Norderney.“ Binnenschiffahrtsnachrichten, H. 36/37, 1958.
 „Die Strandaufspülung Norderney 1951—1952 und ein Plan zu ihrer Fortführung.“ Die Küste, Jg. 7, 1958/59.
 „Das Fachgespräch am runden Tisch: Welche Lahnungsbauweise und welche Aufteilung der Landgewinnungsfelder sind beim Küstenschutz für Landgewinnung am zweckmäßigsten?“ Wasser und Boden, Jg. 12, H. 9, 1960.
 „Beach — Rehabilitation by use of the beach fills and further plans for the protection of the island of Norderney.“ Proceeding of the Seventh Conference on Coastal Engineering, Council on Wave Research, Richmond (California) USA, 1960.
 „Wird der Deich halten?“ Schiffahrtsbuch für Binnenschiffahrt, Küstenschiffahrt und Seefischerei, 1961.
 „Zur Frage der Wanderung der Ostfriesischen Inseln auf Grund neuerer geologischer Befunde.“ Zeitschr. Dtsch. Geol. Gesellsch. 112, 1961.
 „Der Kampf um den Sand — Probleme des Inselenschutzes.“ Ärztliche Mitteilungen — Deutsches Ärzteblatt, Jg. 47/59, H. 24, 1962.
 „Wasserwirtschaft in Ostpakistan.“ Wasser und Boden, Jg. 14, H. 6, 1962.
 „Sturmflut 1962 — Sturmfluten und Küstenschutz zwischen Ems und Weser.“ Norden 1967.
- KRAMER, J. und H. BETH:
 „Ein integrierendes Sinkstoff-Fangerät.“ Die Küste, Jg. 4, 1955.
- KRAMER, J., R. LIESE und K. LÜDERS (Ingenieurkommission):
 „Die Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 im niedersächsischen Küstengebiet.“ Die Küste, Jg. 10, H. 1, 1962.
- KRAMER, J. und G. LUCK:
 „Aufgaben und Arbeiten der Forschungsstelle Norderney.“ Wasserwirtschaft in Niedersachsen, Sonderheft der Niedersächsischen Wasserwirtschaftsverwaltung 1964.
- KRAUSE, H. R.:
 „Quantitative Schilluntersuchungen im See- und Wattengebiet von Norderney und Juist und ihre Verwendung zur Klärung hydrographischer Fragen.“ Archiv für Molluskunkunde, Bd. 79, Nr. 4/6, 1950.
 „Faunistisch-ökologische Untersuchungen über die Innenraumbesiedlung eines Metallbehälters im Meerwasser.“ Zeitschr. f. Morphologie u. Ökologie der Tiere, Bd. 41, 1952.
 „Bedeutung und Verwendung biologischer Forschungen im Wasserbau.“ Wasserwirtschaft, Jg. 42, H. 11, 1952.

„Die Verteilung der organischen Substanz in den Sedimenten des Brackwassergebietes der Ems.“ Die Küste, Jg. 4, 1955.

LINKE, O.:

„Die Biota des Jadebusenwattes.“ Helgoländer Wiss. Meeresuntersuchungen, Bd. 1, H. 3, 1939.

„Miesmuscheln als Buhenschutz.“ Natur und Volk 70 (5), 1940.

„Die biologischen Grundlagen des Dünen-schutzes auf den Ostfriesischen Inseln.“ Wasserwirtschaft, Jg. 42, H. 11, 1952.

„Hilfsmittel zur Erleichterung des Ablesens von Lattenpegeln bei rauher Wasseroberfläche.“ Mitteilungen der Bundesanstalt für Gewässerkunde, 1952.

„Eine selbsttätige Pegel-Spüleinrichtung.“ Die Küste, Jg. 2, H. 2, 1954.

LUCK, G.:

„Zielsetzung und Verfahren der Wathydrographie.“ Wasser und Boden, Jg. 16, H. 4, 1964.

„Zur Gestaltung von Schöpfwerkspfeilern.“ Wasser und Boden, Jg. 17, H. 11, 1965.

„Die Forschungsstelle für Insel- und Küstenschutz auf Norderney.“ Neues Archiv für Niedersachsen, Bd. 14, H. 4, 1965.

„Zur morphologischen Gestaltung der Seegaten zwischen den Ostfriesischen Inseln.“ Neues Archiv für Niedersachsen, Bd. 15, H. 3, 1966.

„Zur Landfestmachung der Ostfriesischen Inseln.“ Neues Archiv für Niedersachsen, Bd. 15, H. 14, 1966.

„Morphologische Gestaltungsvorgänge in Außentiefs als Grundlage für Bau und Unterhaltung solcher Anlagen.“ Wasser und Boden, Jg. 18, H. 9, 1966.

„Forschung im Dienste der Küstensicherung.“ Wasser und Boden, H. 10, 1967.

„Zum Aufsatz ‚Das Wasserlinienverfahren — eine neue Art der Wattvermessung von J. Sindern und F. Kathage.‘ Diskussionsbeitrag.“ Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen, Jg. 11, H. 4, 1967.

„Straßendamm Festland—Norderney.“ Neues Archiv für Niedersachsen, Bd. 17, H. 4, 1968.

„Unterwasserfernsehen in der Küstenforschung.“ Neues Archiv für Niedersachsen, Bd. 17, H. 4, 1968.

„Unterwasserfernsehen im Seegebiet von Norderney.“ Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen, Jg. 12, H. 6, 1968.

„Zur Messung des Binnenwasserabflusses in Sielen.“ Wasser und Boden, H. 3, 1968.

„Aufgaben und Arbeiten der Forschungsstelle für Insel- und Küstenschutz.“ Vortrag. „Jahresversammlung 1968“ des Nordwestdeutschen Wasserwirtschafts-Verbandes.

LUCK, G. und G. DRESKE:

„Stationärer Meßrahmen und Ablaufwinde. Vergleichsmessungen in Sielkammern.“ Wasser und Boden, Jg. 18, H. 1, 1966.

MÜLLER, C. D.:

„Biocoenotisch-ökologische Untersuchung verschiedener Wattengebiete an der deutschen Küste.“ Dissertation, Gießen 1957.

„Sepia-Eier vor Langeoog.“ Natur und Volk, H. 6, 1960.

„Beziehung zwischen Wattenfauna und Sediment und deren Bedeutung für Küstenschutz und Landgewinnung.“ Geographische Rundschau, Jg. 13, H. 11, 1961.

„Biologie im Dienst von Küstenschutz und Landgewinnung.“ Ärztliche Mitteilungen — Deutsches Ärzteblatt, Jg. 47/59, H. 24, 1962.

„Ein Mondfisch (Mola mola) an der ostfriesischen Küste.“ Natur, Kultur und Jagd, Beiträge der Naturkunde Niedersachsens, Jg. 17, H. 2/3, 1964.

G. Dietrich: „Ozeanographie.“ Buchbesprechung, Geograph. Rundschau, H. 10, 1964.

„Seltene Bryozoen-Kugelform in einem Spülsaum.“ Natur und Museum, Bd. 96, H. 5, 1966.

„Die Einwirkung der Tier- und Pflanzenbesiedlung auf Asphaltbauwerke im Seewasser.“ Bitumen, H. 5, 1966.

THILO, R. und G. KURZAK:

„Die Ursachen der Abbrucherscheinungen am West- und Nordweststrand der Insel Norderney.“ Die Küste, Jg. 1, H. 1, 1952.

THILO, R. und H. GOTTFRIED:

„Wasser- und schiffahrtstechnisches Handbuch für Ostfriesland.“ 1955.

Ems und Jade

Von Kurt Schubert

Summary

The rivers "Ems" and "Jade" bound a coastal area in the outmost northwest of Germany which is termed "Ostfriesische Küste" and "Ostfriesische Inseln" in a current sense. Different from the political development this area remained an unity in a geographical, geological, morphological and hydrographical regard. This paper is intended to be a bibliography of the history of the rivers "Ems" and "Jade". A concise review is given on the measures which have changed the morphological conditions of the rivers and which have influenced their present economical importance.

Inhalt

1. Allgemeiner Überblick	
1.1 Bedeutung der Flußmündungen der Ems und Jade für den ostfriesischen Küstenraum	29
1.2 Beschreibung der Flußmündungen	
1.2.1 Die Emsmündung	30
1.2.2 Die Jademündung	32
2. Entstehung und Ausbau der Ems	
2.1 Entstehung des Dollarts	32
2.2 Entwicklung der Emsmündung	36
2.3 Ausbau der Emsmündung	
2.3.1 Geiseleitwerk	43
2.3.2 Seedeich Emden-Knock	44
2.3.3 Leitwerk Knock	45
2.3.4 Erhöhung des Leitwerks auf der Geise	48
2.3.5 Ausbau des Emden Fahrwassers nach 1957	48
3. Entstehung und Ausbau der Jade	
3.1 Entstehung des Jadebusens	50
3.2 Entwicklung der Jademündung	52
3.3 Ausbau der Jademündung	
3.3.1 Ausbau des Leitwerksystems Minsener Oog	59
3.3.2 Erweiterter Ausbau des Leitwerks Minsener Oog	60
3.3.3 Ausbau des Jadfahrswassers nach 1945	61
4. Entwicklung des Schiffsverkehrs	
4.1 Schiffsverkehr auf der Ems	62
4.2 Schiffsverkehr auf der Jade	66
5. Schriftenverzeichnis	66

1. Allgemeiner Überblick

1.1 Bedeutung der Flußmündungen der Ems und Jade für den ostfriesischen Küstenraum

Mit dem Begriff „Ostfriesische Küste“ und „Ostfriesische Inseln“ ist im landläufigen Sinne der Küstenraum gemeint, der sich im äußersten Nordwesten Deutschlands vom Dollart mit der Emsmündung bis zur Jade einschließlich des Jadebusens erstreckt. Diese Abgrenzung

entspricht den natürlichen und historischen Verhältnissen. Sie ist von den heutigen politischen Grenzen unabhängig.

Blickt man zurück auf die geschichtliche Entwicklung des ostfriesischen Raumes, so hatte ursprünglich das im Jahre 1464 als selbständiges Territorium ins Leben getretene Ostfriesland, wie die kaiserliche Lehnurkunde verlautete, „von der Westereuse osterwards bis an die Weser“ gereicht. Die schicksalhafte Verbundenheit des ostfriesischen Raumes hat sich gerade in jenen Jahren gezeigt, als die Reichsgrafschaft Ostfriesland ihre weiteste Ausdehnung und den Höhepunkt ihrer Geschichte erreicht hatte. Furchtbare Flutkatastrophen brachen in dieser Epoche über den ostfriesischen Raum herein und verursachten schwere Landverluste. Dollart und Jadebusen erreichten ihren größten Umfang. Die nachfolgende politische Katastrophe brachte schließlich die Abtrennung des Jeverlandes von Ostfriesland. Wenn auch die politischen Wege dieser beiden Landesteile des ostfriesischen Raumes auseinanderführten, so blieb doch die Einheit dieses Raumes in geographischer, geologischer, morphologischer und hydrographischer Hinsicht erhalten. In die Betrachtung des ostfriesischen Küstenraumes müssen aber auch die Ems- und Jademündung einschließlich des Dollarts und des Jadebusens einbezogen werden. Bestimmten diese doch das Schicksal des ostfriesischen Küstenraumes und werden es auch in der Zukunft tun.

1.2 Beschreibung der Flußmündungen

1.2.1 Die Emsmündung

Die Ems ist ein Flachlandfluß mit geringer Wasserführung, der in Höhe von Pogum, 5 km oberhalb von Emden, in eine breite, meeresbuchtartige Erweiterung eintritt. Auf der Südseite des sich zunächst auf 15 km in ost-westlicher Richtung erstreckenden Emslaufes liegt der Dollart, von dem die Ems durch den Watrück der Geise getrennt ist. Die Strecke von Emden bis zur Knock wird als Emders Fahrwasser bezeichnet (Abb. 1).

Im Gegensatz zu anderen Strommündungsgebieten, die für die Schifffahrt von Bedeutung sind, wie Rhein, Elbe und Weser, ist für die Erhaltung der Wassertiefen im Mündungsgebiet der Ems die Oberwasserführung von verhältnismäßig geringer Bedeutung. Wesentlich ist dagegen die Wirkung des Flutspeicherraumes Dollart, der in seinem Becken von 100 km² Größe in jeder Tide rund 120 Mill. cbm Wasser aufnimmt und wieder abgibt. Demgegenüber werden in der Ems auf der Höhe von Emden nur rd. 50 Mill. cbm in einer Tide bewegt, wovon etwa nur 10 % auf das Oberwasser entfallen. Ohne den Dollart hätte das Strommündungsgebiet der Ems niemals die Wassertiefen gehabt, die zum Ausbau einer Großschiffahrtsstraße berechtigten, und es hätte sich niemals der Emders Hafen zu dem entwickeln können, was er heute ist. Diese ständige Spülung wirkt sich jedoch erst unterhalb der eigentlichen Einmündung des Dollarts in die Ems auf der Höhe der Knock aus. Bis hierhin reichen daher von See aus auch die größeren, auch noch für die heutige Schifffahrt im wesentlichen ausreichenden Wassertiefen. An der Knock weist das Stromgebiet außerordentlich komplizierte Strömungsverhältnisse auf. Hier treffen von Osten her die Ems und die Ausmündung des Dollarts, die Aa, von Westen her das Ostfriesische Gatje und die Bucht von Watum zusammen.

Unterhalb der Knock ist das Strombild gekennzeichnet durch eine Folge von Stromspaltungen mit Zwischensänden. Jede Stromspaltung läßt sich als ein Mäanderbogen erkennen, der von der Sehne — Gat oder Gatje genannt — durchschnitten wird. Zwischen Bogen und Sehnen liegen Platen von erheblicher Ausdehnung.

So folgen aufeinander von innen nach außen:
 Ostfriesisches Gatje, getrennt von der Bucht von Watum durch die Sandrücken des Paapsandes
 und des Hundes,
 Emshörnfahrwasser und Dukegat mit Emshörnplate,
 Alte Ems und Randzelgat mit Möwensteert,
 Westerems und Hubertgat mit Ballonplate.

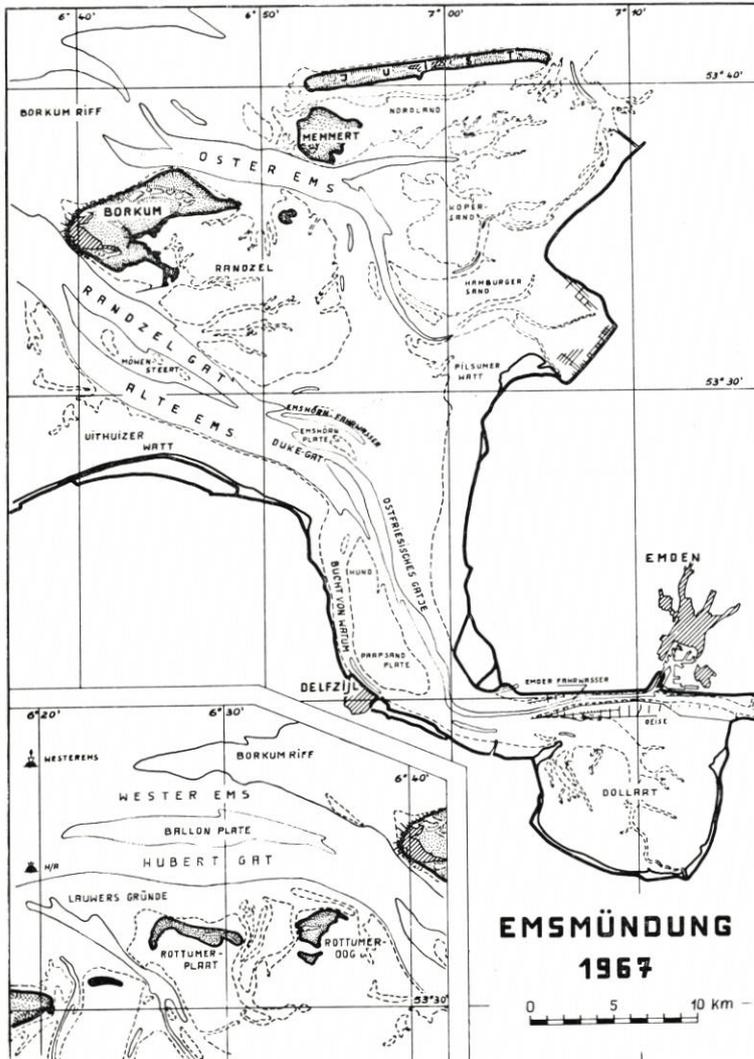


Abb. 1

Die Bezeichnungen Westerems und Osterems für die beiden Borkum umschließenden Meeresarme erwecken den Eindruck, als ob die Osterems einen Teil der Emsmündung darstellt. Das ist nicht der Fall. Die Osterems ist heute ein Seetief, das überwiegend dem Wasseraustausch der östlich der Osterems gelegenen Watten dient.

1.2.2 Die Jademündung

Die Jade ist eine tief in das Festland einschneidende Meeresbucht, die im Laufe der Zeit durch Einbruch der Nordsee in die friesische Marschenküste entstanden ist (Abb. 2). Diese Meeresbucht hat ihren Namen von dem Fließchen Jade, das aus den Vareler Hochmooren kommt. Für die Schifffahrt ohne Bedeutung, tritt es beim Wapeler Siel durch den Deich in das Watt und zieht sich unter Land entlang nach dem Vareler Tief zu.

Das gesamte Jadegebiet läßt sich einteilen in

- a) Jadebusen b) Innenjade c) Außenjade

Der Jadebusen ist mit einem Flächeninhalt von 166 km² bis zur Hochwasserlinie und 46 km² bis zur Niedrigwasserlinie der Flutspeicherraum der Jade. 392 Mill. cbm Wasser strömen bei jeder mittleren Tiede zwischen Wilhelmshaven und Eckwarden hinein und heraus. Da von oberhalb kein Wasser aus einem in den Jadebusen einmündenden Strom zufließt, ist der Jadebusen von ausschlaggebender Bedeutung für die Gestaltung des Jadefahrwassers.

Die Innenjade beginnt zwischen Wilhelmshaven und Eckwarderhörn und reicht bis zur Linie Schillighörn—Alte Mellum. Im Westen wird sie durch die jeveländische Küste und im Osten durch die Butjadinger Küsten und die Wasserscheide zur Weser auf dem Hohen Weg begrenzt. Beiderseits des Fahrwassers der Innenjade befinden sich breite Wattstreifen. Das westliche Watt wird von einigen senkrecht zum Fahrwasser liegenden Außentiefs durchzogen (Inhausersiel, Hooksiel, Childrumersiel, Hohenstiefersiel und Horumersiel). Zum Hohen Weg haben sich einige Baljen gebildet, von denen die Sengwarder Balje die größte ist. Der gewundene Lauf des Hauptfahrwassers wird im Süden durch die Geniusbank und im nördlichen Abschnitt durch die Hooksielplate bestimmt. Beide Platen werden wattseitig durch Nebenfahrinnen geformt, das Heppenser Fahrwasser im Westen der Geniusbank und eine nicht bezeichnete Rinne im Osten der Hooksielplate.

Die sich im Norden anschließende Außenjade erhält in ihrem inneren Teil ihre Stromführung durch die Leitwerke auf Minsener Oog. In ihrem äußeren Bereich wird die Außenjade durch einen großen riffbogenähnlichen Platengürtel geprägt, der sich von der Westspitze Wangeroogs bis zur Weser hinzieht. Dieser Gürtel wird von drei Fahrinnen durchbrochen:

- a) dem Wangerooger Fahrwasser zwischen Wangerooge und Wangerooger Plate,
- b) der Mittelrinne zwischen Wangerooger Plate und Jadeplate,
- c) der Minsener Rinne zwischen der Jadeplate, verlängert durch Old-Oog-Plate und dem Minsener Sand.

2. Entstehung und Ausbau der Ems

2.1 Entstehung des Dollarts

Die Entstehung des Dollarts wird nach den Untersuchungen von C. WOEBKEN²⁵⁾ als Folge des Emsdeichbruches bei der Marcellusflut im Jahre 1362 angegeben. Vor der Sturmflut unterschied sich die Ems in ihrem Unterlauf nicht von den anderen großen deutschen Tideströmen, der Elbe und Weser. Vor ihrem Eintritt in ihr eigentliches Mündungsgebiet verbreiterte sich das Flußbett gleichmäßig von innen nach außen, einen trompetenförmig sich erweiternden Mündungstrichter bildend. In einem S-förmig gekrümmten Bogen führte sie unmittelbar an Emden vorbei. Nach der Eindeichung der Ems konnte damals schon das spätere Dollartgebiet bebaut und besiedelt werden.

In der Sturmnacht vom 16. Januar 1362 brach der Emsdeich am rheiderländischen Ufer etwa 5 km ostwärts von Termunten. Die entstandene Deichlücke hätte bei sofortigem Eingreifen ohne

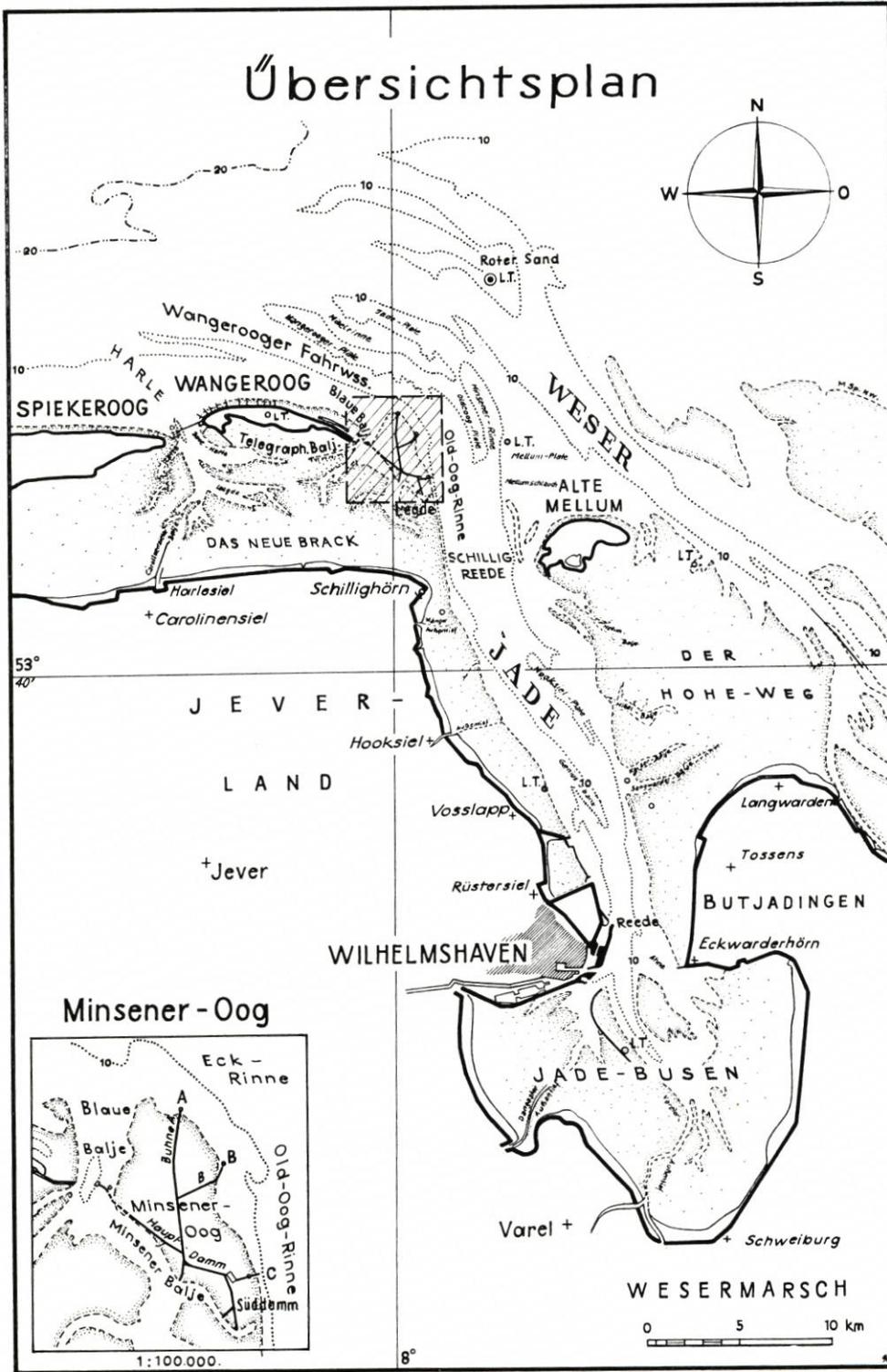


Abb. 2. Übersichtsplan der Jade

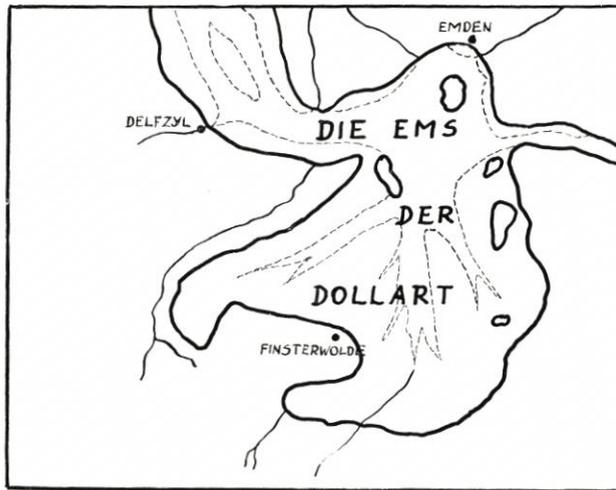


Abb. 3. Der Dollart zur Zeit seiner größten Ausdehnung um die Mitte des 16. Jahrhunderts

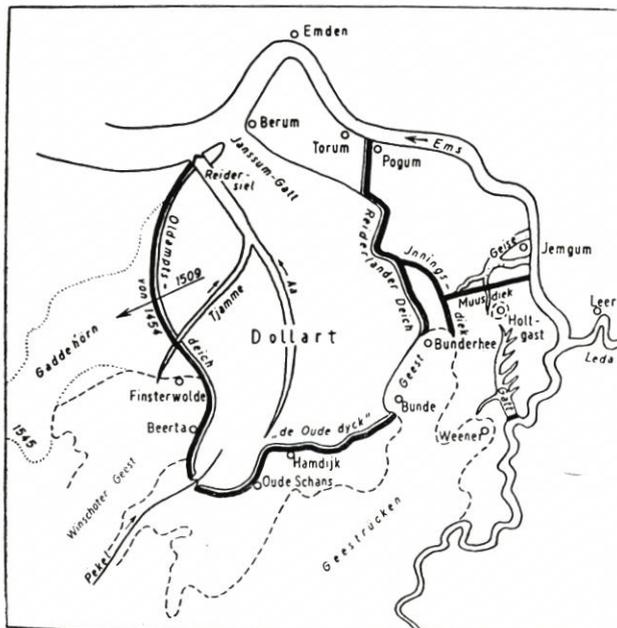


Abb. 4. Schutzdeiche im Rheiderland am Anfang des 16. Jahrhunderts

Sturmflut in die Geschichte der verheerenden Sturmfluten eingegangen ist. Die Flut durchbrach den Emsdeich und ergoß sich in die dahinterliegende Niederung bis tief ins Rheiderland und in das niederländische Oldampt hinein (Abb. 3).

Eine weitere große Veränderung, die diese Sturmflut verursacht hatte, betraf den Lauf der Ems, nachdem auch der östliche Emsdeich des Rheiderlandes von binnen her aufgerissen

große Schwierigkeiten wieder geschlossen und damit die Dollartkatastrophe abgewendet werden können, da der Emsuferwall aus festgelagertem hartem Klei standgehalten hatte. Durchgreifende Maßnahmen blieben jedoch infolge von ständigen Zwistigkeiten unter den rheiderländischen Landesfürsten — eine gefestigte Landesregierung bestand damals nicht in Ostfriesland — und Grenzstreitigkeiten zwischen Rheiderland und dem niederländischen Oldampt aus. So konnten die Tidefluten der Ems die in der Sturmnacht entstandene Deichlücke und den Emsuferwall weiter aufreißen und sich immer mehr in die dahinterliegende Niederung ausweiten, wobei deren starke, feste Kleidecke nach und nach bis auf den moorigen Untergrund zerstört und abgetragen wurde. Mit der Zeit wurde das Gat durch die immer stärker nachströmenden Wassermassen schließlich zu einer tiefen großen Seitenbucht der Ems ausgeweitet.

Erst Anfang des 15. Jahrhunderts begann der Kampf gegen die zunehmende Ausweitung des Dollarts durch Eindeichung der entstandenen Bucht und Wiedergewinnung des verlorengegangenen Landes. Am Ende seines ersten Entstehungsabschnittes hatte der Dollart bereits eine Größe erreicht, die über das Doppelte der heutigen Fläche ausmachte.

Seine größte Ausdehnung erhielt der Dollart jedoch durch die große Sturmflut im Jahre 1509, die als Cosmas- und Damian-

und die Flut zur Ems durchgebrochen war. Während die Ems vorher unmittelbar unter den Mauern der Stadt Emden vorbeifloß, verlagerte sich nach der Sturmflut das Strombett in die neu entstandene Sehne des Emsbogens, die sogenannte „Frische Ems“. Die gegenüber Emden gelegene Halbinsel mit dem Dorf Nesse wurde infolgedessen zur Insel, und der nunmehr von der Hauptströmung verlassene Bogen verschlickte mehr und mehr. Hierdurch wurde die Zufahrt zum Emdener Hafen immer schwieriger.

Mit dem Abklingen der umwälzenden Veränderungen im Stromgebiet der unteren Ems im Bereich des Dollarts begann diese Bucht von den Ufern her langsam zu verlanden, während die Mitte durch die Gezeitenströmungen weiter vertieft wurde. Erste Versuche, den noch in der Ausweitung begriffenen Dollart einzudämmen, hatten keinen Erfolg, da diese Deiche ohne Bestand waren. Erst 1545 gelang es den Niederländern, die westliche Ausbuchtung des Dollarts von Termunten über Scheemda bis Finsterwolde dauerhaft zu umschließen (Abb. 4).

An der ostfriesischen Seite verlief der erste Umfassungsdeich von Pogum in ungefähr südlicher Richtung bis zur diluvialen Höhe von Bunderhee. Seine Errichtung erfolgte wahrscheinlich um die Mitte des 16. Jahrhunderts. Für die südlich anschließende Strecke bis Bunde vertrat dann der diluviale Rücken den Deich und bildete in seiner ganzen Ausdehnung die äußerste östliche Dollartgrenze. Anschließend erfolgte die Umgrenzung wieder durch den im Anfang des 16. Jahrhunderts hergestellten Deich bis zu dem vorher beschriebenen Deich bei Finsterwolde.

Im Jahre 1583 versuchte die Stadt Emden, das neu erstandene Emsbett durch eine etwa 4,5 km lange Wand aus Eichenpfählen, das „Nesserländer Höft“, wieder abzuriegeln und zum Verlanden zu bringen. Doch mußte dieses Werk 1631 wieder aufgegeben werden, weil die Unterhaltungskosten die in dieser Zeit zurückgehende wirtschaftliche Kraft Emdens überschritten. Die Folge war die weiter zunehmende Verschlickung des Emsbogens und die Vertiefung der neuen Emsrinne.

Der Durchbruch der Halbinsel Nesserland scheint für die Wiederverlandung des Dollarts von Bedeutung gewesen zu sein. Solange die Halbinsel bestand, legte sie sich der aus westlicher Richtung vorstoßenden Flutwelle in den Weg und lenkte sie auf das eingerissene Dollartgebiet weiter stromaufwärts. Das Nesserländer Höft, das vorerwähnte Pfahlwerk, übte dieselbe Wirkung aus. Nachdem es zerbrochen war, konnte die Flutwelle unter Vermeidung der Stromschleife verstärkt in den Emsschlauch eintreten, so daß die Stoßkraft in Richtung des Dollarts abnahm.

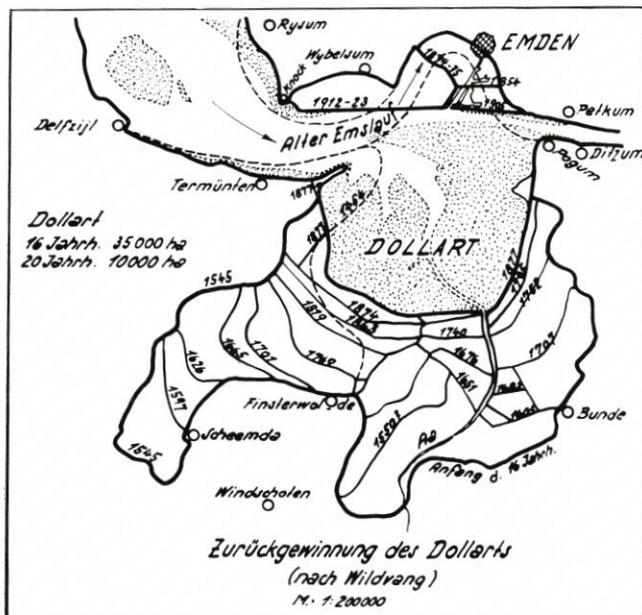


Abb. 5

Im Jahre 1650 (Abb. 7) wird die Hubertplate erkennbar, die aus dem Haeck hervorgegangen und nur noch in ihrem Sockel mit dem Hubertsand verbunden ist. Das neu entstandene Hubertgat zwischen Hubertsand und Hubertplate ist eng und gewunden und für die Großschiffahrt ohne Bedeutung. Die Geldsackplate hat sich nördlich verlagert und die Spitze von Borkum Riff ist noch weiter westlich vorgerückt. Eine Richtungsschwengung der Westerems kündigt sich an. Wie bei der Westerems ist auch bei der Osterems eine Rechts-

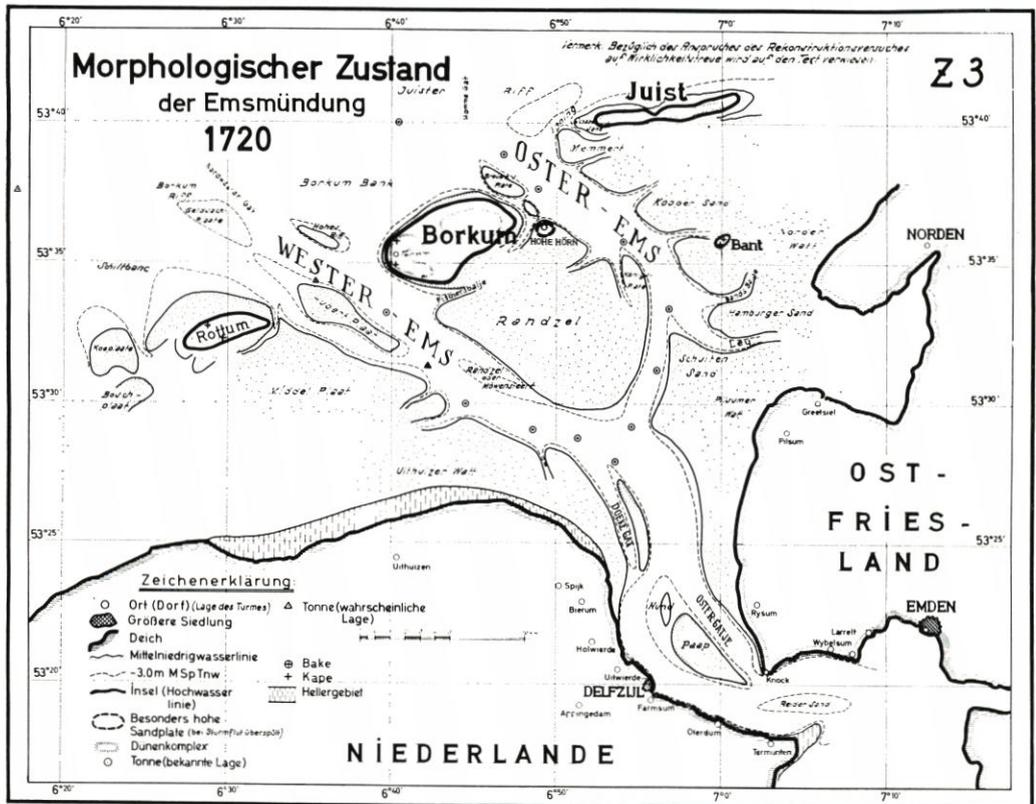


Abb. 8

schwengung südlich des weit westlich vorgeschobenen Juister Riffs feststellbar. Die Insel Juist und der Memmertsand liegen an ihren Westenden im Abbruch. Der Koper Sand ist durch die Memmertbalje vom Juister Watt getrennt, die Insel Bant stark im Abbruch. Auf der Südseite hat sich die Brauer Plate nordöstlich verlagert. Die Königsplate ist nur noch in ihrem Sockel mit dem Randzelwatt verbunden, nachdem das bisherige Blinde Gat durchstoßen ist. Der jetzt als Randzelsteert bezeichnete Ausläufer des Randzelwatts ist weiter in nordwestlicher Richtung vorgerückt. Die Haupttrinne südöstlich davon, die zwischen sich wenig verändernden Watträndern geführt wird, weist größere Tiefen auf. Als Möwensteert tritt nach wie vor der Vorsprung südlich von Borkum in Erscheinung. Späterhin wird diese Bezeichnung auf die jetzt noch als Randzelsteert bezeichnete Sandbank übertragen. Die Krümmung des Emshörnbogens hat sich verstärkt und die Emshörnplate ist breiter geworden. Das immer noch enge und jetzt gewundene Fahrwasser des Dukegats ist in etwa Nord-Süd-Richtung ge-

schwenkt. Die Krümmung der Bucht von Watum, die die Wattkante gegen das holländische Ufer zurückgedrängt hat, weist eine leichte Verstärkung auf. Ebenfalls liegt das Watt zwischen Rysum und Knock im Abbruch, verursacht durch die beginnende Erweiterung des Ostfriesischen Gatje.

Um das Jahr 1720 (Abb. 8) hat das Hubertgat an Breite gewonnen und die Westerems abgenommen. Die anwachsende Hubertplate schiebt sich in nordwestlicher Richtung vor, während



Abb. 9

die Geldsackplate — in nördlicher Richtung wandernd — sich mit dem Borkum Riff vereinigt hat, welches jetzt durch das Nordwester Gat von der Borkumbank getrennt ist.

Das Juister Riff, dessen Entwicklung dem des Borkumer Riffs ähnelt, ist nach Osten zurückgedrängt und durch das Homme Gat und den Inning aufgespalten. Im Abbruch liegen auch weiterhin das Westende der Insel Juist und die südlich davon liegende Memmertbank. Die Insel Bant ist bis auf eine Restfläche von einigen Hektar verschwunden. Die Westerems hat das südwestliche Wattufer zurückgedrängt, wie auch der jetzt als Möwensteert bezeichnete frühere Ranzelsteert diese Bewegung mitgemacht hat, wodurch das Blinde Gat etwas an Ausdehnung gewonnen hat.

Die Erweiterung des Dukegats dürfte in der Folgezeit den Abbruch der Emshörner Plate erklären. Letztere ist noch in ihrem Sockel mit dem Watt vor der holländischen Küste verbunden. Die Wattkante östlich des Emshörnbogens hat sich vorgeschoben. Für den Wasseraustausch ist der Emshörnbogen immer noch von überwiegender Bedeutung. Das sich jetzt stärker verbreiternde Ostfriesische Gatje ist erkennbar, wenn auch die Barre am Südausgang noch vorhanden ist. Dagegen läßt das Heraustreten des Hundes über die Niedrigwasserlinie als kleine, vom Paapsand

während sich infolge des gleichen Vorganges die Tiefenlinien vor Rottum über das jetzt versandete Hubertgat nordwestlich vorgeschoben haben.

Die Rechtsdrehung der Osterems ist schon um die Mitte des 18. Jahrhunderts zum Abschluß gekommen und durch eine seit 1812 erkennbare Linksschwenkung abgelöst worden. Ihr Austritt zur See wird durch die sich vorschlebende Brauer Plate verengt, die sich im Sockel in der 8-m-Linie mit dem Juister vereinigt hat. Dafür beginnt sich eine Rinne, später als Voorentief bezeichnet, als neue Mündungsöffnung zwischen dem Nordrand von Borkum und der Brauer Plate zu entwickeln. Der Durchbruch des Hommegats erweitert sich. Infolge der Linksschwenkung der Osterems wird der Koper Sand zurückgedrängt.



Abb. 11

Die Verbindung im Sockel zwischen Möwensteert und Ranzel ist in der 8-m-Linie unterbrochen. Eine Erweiterung des Blinden oder Ranzelgats ist weiterhin festzustellen, die Alte Ems ist durch den sich westlich verlagernden Möwensteert eingeengt worden.

Das sich verbreiternde Dukegat drängt die Emshörnplate weiter nach Osten. Die Krümmung des Emshörnbogens wächst in seinem nördlichen Teil, wie es auch aus dem Zurückweichen der Tiefenlinie am Ranzelwatt hervorgeht.

Das Ostfriesische Gatje hat sich weiter vertieft und erweitert, entsprechend hat die Bucht von Watum abgenommen.

Um das Jahr 1930 (Abb. 11) ist die Hubertplate unter gleichzeitiger Verlagerung nach Osten aufgespalten. Das Riffgat hat, nachdem es vorübergehend verflacht war, wieder Tiefen von mehr als 6 m. Entgegen der bis 1833 beobachteten Rechtsschwenkung der Westerems läßt sich in der Folgezeit eine rückläufige Linksdrehung feststellen. Die Linksschwenkung der äußeren Osterems hält weiterhin an. Juister Riff und Kachelotplate haben sich vereinigt, nachdem der Rest

des Hommegats verschwunden ist. Zwischen der Kachelotplate und dem Schapesand bildet sich ein neues Gat, das Haaksgat. Das Voorentief ist weiter nordwestlich vorgetrieben. Am Südausgang der Osterems entstehen neben der abbrechenden Königsplate kleinere Sände.

Das Randzelgat nimmt weiterhin zu und drängt dabei den Möwensteert zur Alten Ems hinüber. Der Sockel des Möwensteerts hat sich stark in nordwestlicher Richtung verschoben und mit einem durch die Alte Ems vom Horsbornsand abgespaltenen Rest mit der Hubertplate vereinigt. Die damit verbundene Entwicklung eines nördlicheren, engeren Ausganges der Alten Ems und die infolgedessen einsetzende Überströmung des Möwensteerts dürften die Ursachen für die Aufspaltung der Plate sein.

Das sich streckende Dukegat überwiegt immer mehr den sich zusehendst verengenden Emshörnbogen. Da die Wattkante vor der holländischen Küste sehr stabil ist, verschiebt das sich erweiternde Dukegat die Emshörnplate und drängt den Emshörnbogen gegen das Randzelwatt.

Die Entwicklung im Ostfriesischen Gatje kann ab 1900 nicht mehr als natürlicher Vorgang angesehen werden, da sie durch künstliche Eingriffe, wie Durchbaggerung und Leitwerk an der Knock, wesentlich beeinflusst worden ist.

Die im 19. Jahrhundert festgestellte Mündungsschwenkung ging nicht fortlaufend vor sich, sondern war von Stillständen und Rückschlägen unterbrochen. Von besonderem Interesse ist ihre Auswirkung auf das Verhältnis von Mäanderbögen und Gaten sowie auf den Übergang zur Osterems, der Westerbalje. Es läßt sich nachweisen, daß sich jede Linksschwenkung dahin auswirkte, daß die Gaten eine Querschnittszunahme zeigten und die an ihrem Südende gelegenen Barren abgetragen wurden. Diese Wirkung ist zweifellos dem Flutstrom zuzuschreiben. Zu gleicher Zeit verloren die Bögen an Breite und Tiefe. Vorübergehende Rechtsschwenkungen der Mündungen sind in der zeitweiligen Schwächung der Gatenentwicklung deutlich zu erkennen.

Die Westerbalje zeigte in der gleichen Zeit Querschnittsverengung und Verflachung. Dies wird verständlich, wenn man bedenkt, daß die Wassermengen der Osterems durch die Linksschwenkung eindeutig auf das Juister Watt gerichtet wurden. Man kann also sagen, daß die Osterems bis zu Beginn des 19. Jahrhunderts, bevor die beiden Arme ihre Linksschwenkung begannen, tatsächlich in gewissem Sinne der Mündungsarm der Ems war. Diente sie dem damaligen Küstenverkehr in hohem Maße, so verlor sie im Laufe des 19. Jahrhunderts an Bedeutung.

Die Veränderung der Stromrinnen hat sich naturgemäß auch auf die Platen ausgewirkt. Bei ihnen zeigte sich eine Verschiebung in die Bucht hinein, verbunden mit Verlängerung der Platenenden. Beide Erscheinungen lassen sich durch die verschiedene Richtung des Flut- und Ebbstromes erklären.

Im Ostfriesischen Gatje und in der Bucht von Watum hat sich im 19. und 20. Jahrhundert eine Querschnittsveränderung zugunsten des Ostfriesischen Gatje entwickelt. Hatte die Bucht von Watum um 1800 noch den doppelten Querschnitt des Gatje, so hatte sie um 1900 den gleichen, heute etwa nur noch den halben Querschnitt.

Entsprechend hatte sich die Stromverteilung an der Knock verändert. Früher erfolgte die Speisung von Ems und Dollart hauptsächlich durch die Bucht von Watum, um 1880 wurde der Dollart von der Bucht von Watum und die Ems vom Ostfriesischen Gatje gespeist, um 1900 ging schon ein Teil des Gatjestromes in den Dollart. Heute erhält der Dollart sein Wasser zu $\frac{2}{3}$ aus dem Gatje, zu $\frac{1}{3}$ aus der Bucht von Watum.

So zeigt das heutige Bild der Emsmündung einen von der Mündung her in fast gestrecktem Zuge sich durchsetzenden Flutstrom, der in überwiegender Menge in das Randzelgat eintritt, erhebliche Wassermengen über den Möwensteert in die Alte Ems abgibt und dann in gerader Linie durch das Dukegat setzt. Das Nordende der Bucht von Watum erhält nur wenig Wasser und ist infolgedessen so stark versandet, daß es nur noch von der Kleinschiffahrt benutzt werden kann. Der Flutstrom bevorzugt die westliche Seite des Ostfriesischen Gatje, was ohne

Zweifel der Rechtsablenkung zuzuschreiben ist, und überquert dann die Mittelplate an der Knock, ohne den scharfen S-Bogen der Fahrrinne auszufahren. Er geht in spitzem Winkel über den westlichen Teil des Emders Fahrwassers und tritt zum größeren Teil in den Dollart ein, zum kleineren Teil verläuft er auf der Südseite des Emders Fahrwassers.

Das Bild des Ebbestromes ist nicht so einheitlich. Hier ist festzustellen, daß der Ebbestrom nicht die Flutrinnen benutzt und in Spaltungen in erheblichem Maße seine Kraft vergeudet. Er bevorzugt in viel stärkerem Maße die Mäanderbögen. Im Ostfriesischen Gatje liegt er auf der östlichen Seite des Fahrwassers. Von der Höhe von Campen ab verteilt er sich auf das weite Manslagt-Pilsumer Watt und verliert dadurch erheblich an Kraft. Von der Nordseite des Dukegats stößt er im Gegenbogen in die Alte Ems hinein. Auch bei Ebbe findet Wasserabgabe über den Möwensteert statt.

2.3 Ausbau der Emsmündung

2.3.1 Geiseleitwerk

Von Pogum aus erstreckt sich nach Westen in einer Länge von rund 10 km die Geiseplate, die die Trennung zwischen Ems und Dollart bildet (Abb. 12). Anfang des 19. Jahrhunderts stellte die Wybelsumer Plate, die südlich der im Gebiet des heutigen Wybelsumer Polders nach Norden ausbiegenden alten Ems in der Verlängerung der damaligen Haupttrinnen Emshörnbogen und Bucht von Watum lag, eine Verlängerung der Geise dar. In ihrer weiteren Entwicklung verlagerte sich die Wybelsumer Plate nordwärts und engte dabei den Emslauf ein, bis dieser südlich der Plate durchbrach und sie von der Geise trennte. Um 1850 ist der Stromabschnitt

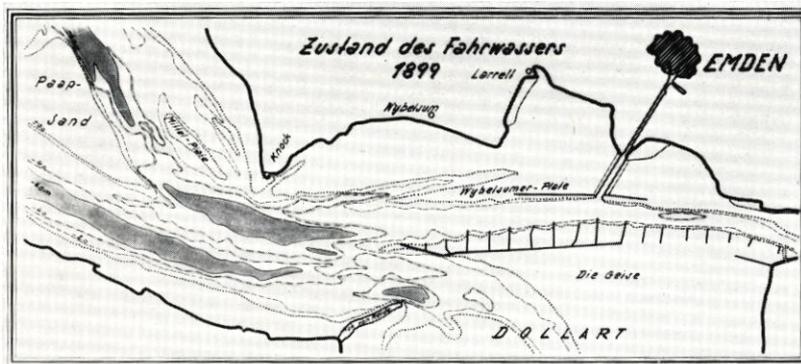


Abb. 12. Zustand des Emders Fahrwassers nach dem Bau des Geise-Leitwerks (1899)

von Emden bis zur Knock durch die Wybelsumer Plate und einige kleinere Sände aufgespalten, die von der Geise her zum Nordufer der Ems zu wandern schienen. Die Ursache dieses Vorgangs ist wahrscheinlich in der Veränderung der Stromteilung zwischen der Bucht von Watum und dem Ostfriesischen Gatje, die in Abschnitt 2.2 beschrieben wurde, zu suchen. Die gerade in dieser Zeit besonders stark in der Entwicklung begriffene Stromänderung kann zu einer Änderung der Richtung der Tideströmungen geführt haben. Während die Stromrichtung oberhalb der Knock vorher in die Wybelsumer Bucht wies, wurde sie durch die veränderte Wasserverteilung nachher mehr südlich gelenkt. Dabei wurden Sände von der Geise abgespalten und nach Norden verlagert.

Deshalb wurde 1870 zur Regulierung des Flußlaufes auf der Geise mit der Anlage von Buhnen begonnen (Abb. 12). Zur weiteren Sicherung der Plate und zur Verbindung der Buhnen wurde dann ein Parallelwerk gebaut. Dieses Werk begann am Pogumer Hörn, um zunächst nach 1,1 km in der Plate auszulaufen. Bei km 5,15 begann es von neuem und endete bei km 10,05. Durch das Parallelwerk sollte nicht nur die Prielbildung verhindert, sondern auch die Anlandung begünstigt werden. Dies ist auch im wesentlichen nach Abschluß der Baumaßnahme im Jahre 1890 erreicht worden. Gleichzeitig wurde hiermit die in der Mitte des 19. Jahrhunderts neu geschaffene Zufahrt zum Hafen Emden verbessert, welche, als Ersatz für den inzwischen immer schmäler und flacher gewordenen alten Emsbogen, mit einer Spülschleuse durch die Insel Nesserland bis an die Ems führte.

2.3.2 Seedeich Emden-Knock

In Fortsetzung der vorgenannten Flußregulierungsmaßnahme im Emdener Fahrwasser wurde im Jahre 1912 begonnen, durch Eindeichung des westlich des Emdener Außenhafens gelegenen Larrelter und Wybelsumer Watts das Strombett der Ems zu begradigen, nachdem bereits

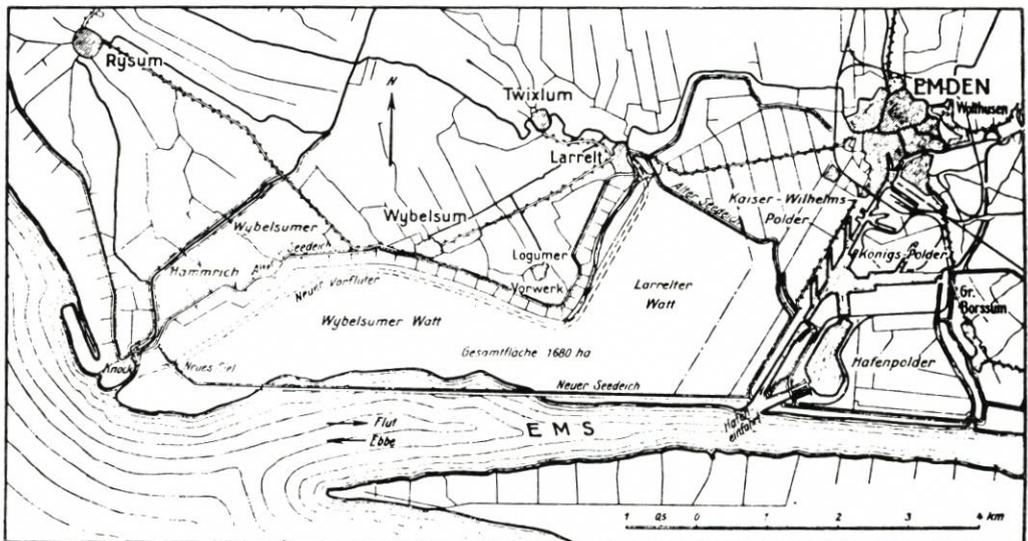


Abb. 13. Seedeich Emden-Knock

in den Vorjahren der Hafenspolder oberhalb Emdens eingedeicht worden war (Abb. 13). Durch diese Begradigung und die damit verbundene Verengung des Strombettes erhoffte man einen günstigen Einfluß auf die Tiefenverhältnisse der Ems und eine Herabminderung der Baggerungen im Strom.

Ein weiterer Grund war die Schaffung von Flächen zur Unterbringung von Baggergut. Der starke Schlickfall im Emdener Hafengebiet und in der Ems unterhalb des Emdener Außenhafens bedingte sehr umfangreiche Baggerarbeiten, die mit der Vergrößerung des Hafengebietes und der Vertiefung der Ems dauernd zugenommen hatten. Die frühere Methode, Beseitigung des Baggergutes mit Dampfklapprahmen, hatte den Nachteil, daß das in den

Dollart verklappte Baggergut mit der Flut z. T. wieder in den Flußlauf geriet. Der neue Polder konnte aber für eine Reihe von Jahren den gebaggerten Boden, der mittels Spüler eingebracht wurde, aufnehmen.

Schließlich sollte durch diese Baumaßnahme neues Land gewonnen werden, das, unmittelbar neben dem Emdener Hafen gelegen, äußerst günstiges Industrie- und Hafengelände und in seinen weiter entfernt liegenden Teilen wertvolles Marschland bildete.

Als Begrenzung des Polders gegen das Emsfahrwasser war ein 9 km langer, schwerer Seedeich vorgesehen, der zunächst in gerader Linie von Osten nach Westen dem Stromlauf der Ems folgte und dann in einer scharfen Krümmung an der Knock an den bestehenden Deich anschloß (Abb. 13).

Dieses Bauvorhaben war für damalige Verhältnisse insofern besonders schwierig, als das einzudeichende Watt bis 4 m unter MThw lag, also selbst bei Niedrigwasser, das 3,0 m unter MThw lag, nicht trocken fiel, zumal über derartige Eindeichungen noch keine Erfahrungen vorlagen.

Dazu kam die bedeutende Größe des einzudeichenden Geländes, das rd. 1700 ha umfaßte, und im Zusammenhang damit die gewaltigen Wassermengen, die bei jeder Tide den Polder füllten und wieder verließen. 15 Mill. m³ Wasser bei normaler Tide, bei höheren Wasserständen ein Vielfaches dieser Menge, ergossen sich zur Zeit des Deichschlusses viermal täglich ein- bzw. auslaufend durch die Deichlücke.

Die Ausführung erfolgte in der Weise, daß zunächst auf dem nackten Watt bzw. dem bis zum mittleren Tide-Niedrigwasser aufgespülten Sandfundament bei Niedrigwasser der aus Faschinenpackwerk bestehende, abgeplasterte vordere Deichfuß vorgetrieben und dann von einem etwa 30 m weiter innerhalb, zum Deichfuß parallel verlaufenden hohen Spülgerüst aus der Sandkern des Deichkörpers aus Emssand hinter den Buschkörper aufgespült wurde. Hatte die Sandspülung hinter dem Buschdamm die Höhe von MThw erreicht, wurde mittels Lokomotivbetriebes zusammen mit dem Höherespülen des Sandkerns die im Mittel 1,0 m starke Kleidecke auf den Sand profilgemäß aufgebracht. Mit Rücksicht auf die große Länge des Deiches und den bedeutenden Umfang der zu bewegenden Massen wurde die Arbeit von beiden Seiten gleichmäßig aufgenommen. Der Vortrieb des Deiches machte zunächst keine Schwierigkeiten, solange die Öffnung zwischen den beiden Deichenden weit genug war, um den Ein- und Austritt der Wassermassen in und aus dem Polder ohne größeren Aufstau beim Kentern des Stromes zu gestatten. Erst als infolge des Vortriebs der Deichenden die Durchflußöffnung so eng wurde, daß das Heben und Senken des Polderwassers mit Ebbe und Flut der Ems nicht mehr gleichen Schritt halten konnte und dadurch in der Lücke ein größeres Gefälle und größere Wassergeschwindigkeiten auftraten, verzögerte sich der Deichvortrieb, da durch die stärkere Stromgeschwindigkeit große Mengen des für den Deichbau aufgespülten Sandes wieder mit fortgerissen wurden.

So konnte erst nach mehreren fehlgeschlagenen Versuchen im November 1922 der Deich geschlossen und in den nachfolgenden Monaten der gesamte Deich fertiggestellt werden.

2.3.3 Leitwerk Knock

Nachdem sich gegen Ende des 19. Jahrhunderts der Hauptstrom der Ems in ihrem Unterlauf von der Bucht von Watum immer mehr ins Ostfriesische Gatje verlagert hatte, führte seit dem Jahre 1901 der Großschiffahrtsweg durch das Ostfriesische Gatje. Zu dieser Zeit wurde eine Durchbaggerung des an der Knock vorbeiführenden Gatjebogens vorgenommen. Die Fahrwasserverhältnisse im Gatjebogen an der Knock blieben aber in der Folgezeit trotz

dauernder Nachhilfe durch Baggerungen unbefriedigend, zumal sich der Tiefgang der nach Emden fahrenden Seeschiffe ständig vergrößerte. In der Zeit bis zum 1. Weltkrieg änderte sich dieser Zustand insoweit, als das Fahrwasser sich stärker krümmte, im unteren Teil enger und im oberen noch wesentlich breiter wurde.

In der Kriegszeit und in den Nachkriegsjahren verschlechterte sich das Fahrwasser weiterhin zusehends. Die stark gekrümmte und in ihrer Lage oft wechselnde Gatjefahrinne war für große Seeschiffe, auch wegen der dort auftretenden sehr starken Querströmungen, kaum noch befahrbar. Oft kamen Schiffe fest oder hatten Grundberührung. Nördlich des derzeit

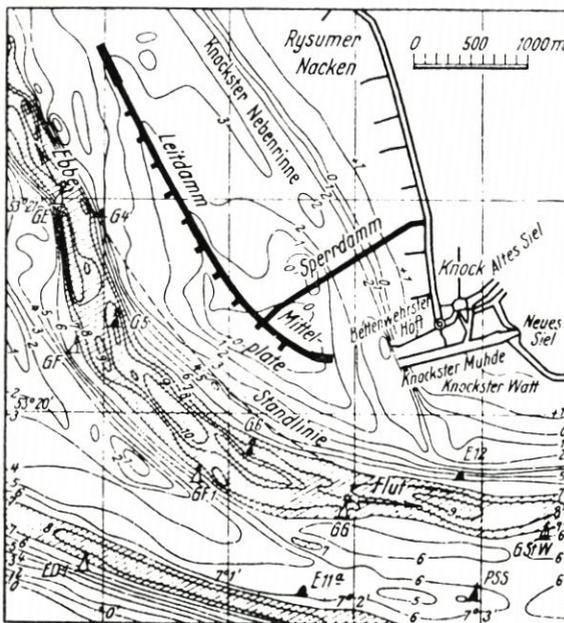


Abb. 14. Leit- und Sperrdamm an der Knock (1. Ausbau in den Jahren von 1930 bis 1933)

als Schifffahrtsrinne dienenden Gatjebogens hatte sich eine kräftige Ebberinne ausgebildet, die den Hauptwassermassen des Emsstromes als Abfluß diente. Das führte zu dem Entschluß, diese bereits stark ausgeprägte Ebberinne zu verbreitern und zu vertiefen, um wieder geregelte Fahrwasserverhältnisse zu erhalten. Die hierfür erforderlichen Baggerarbeiten wurden im Sommer 1926 ausgeführt. Dabei wurde eine 250 m breite Rinne geschaffen. Die erstmalige Ausbaggerung bis zur Solltiefe 7,00 m unter SKN gelang gut. Ein großer Teil des feinen Sandbodens wurde gegen Ende der Arbeiten vom Strom selbst fortgeräumt. Die Solltiefe von 7,00 m hielt sich in der Folgezeit nicht überall, so daß Nachbaggerungen erforderlich wurden. Anfang 1927 wurde außerdem festgestellt, daß die Nordostböschung der neuen Fahrrinne von der Mittelplate her nach Südwesten vorwanderte. Für die weitere Fahrwasserentwicklung wurde dieses Vorwandern als sehr ungünstig angesehen. Auch umfangreiche, in den Jahren 1927/28 durchgeführte Baggerungen brachten nicht die gewünschte Festlegung des Stromes. Um diese Stromfestlegung dennoch zu erreichen, wurde die Errichtung entsprechender Strombauwerke beschlossen. Umfangreiche Strommessungen führten zu der Erkenntnis, daß das weitere Vorwandern der Nordostböschung der Fahrinne mit den befürchteten, unangenehmen Folgen wahrscheinlich aufhören würde, wenn es gelänge, weitere Sandeintreibungen von der Mittelplate her zu verhindern. Für diesen Zweck erschien ein Leitdamm geeignet, der, an der Knock beginnend, in mäßig gekrümmter Linienführung zur Mittelplate hinüberführte und von dort in nordwestlicher Richtung bis zum Nordsteert der Plate reichte (Abb. 14). Mit ihm konnte immerhin ein großer Teil des über das Watt laufenden Flutstromes abgefangen werden. Ein derartiges Werk, mit seiner Krone etwa auf halber Tidehöhe liegend, schuf ein Becken, von dem angenommen werden konnte, daß der Flutstrom den mitgeführten Sand in ihm zum größten Teil ablagern würde. Es konnte auch zum Unterbringen von Baggerboden benutzt werden. Eine unmittelbare Verbindung des Südendes des geplanten Leitdamms mit der Deichecke an der Knock wurde im Hinblick auf die starke Strömung am Bettenwehrster

als Schifffahrtsrinne dienenden Gatjebogens hatte sich eine kräftige Ebberinne ausgebildet, die den Hauptwassermassen des Emsstromes als Abfluß diente. Das führte zu dem Entschluß, diese bereits stark ausgeprägte Ebberinne zu verbreitern und zu vertiefen, um wieder geregelte Fahrwasserverhältnisse zu erhalten. Die hierfür erforderlichen Baggerarbeiten wurden im Sommer 1926 ausgeführt. Dabei wurde eine 250 m breite Rinne geschaffen. Die erstmalige Ausbaggerung bis zur Solltiefe 7,00 m unter SKN gelang gut. Ein großer Teil des feinen Sandbodens wurde gegen Ende der Arbeiten vom Strom selbst fortgeräumt. Die Solltiefe von 7,00 m hielt sich in der Folgezeit nicht überall, so daß Nachbaggerungen erforderlich wurden. Anfang 1927 wurde außerdem festgestellt, daß die Nordostböschung der neuen Fahrrinne von der Mittelplate her nach Südwesten vorwanderte. Für die weitere Fahrwasserentwicklung wurde dieses Vorwandern als sehr ungünstig angesehen. Auch umfangreiche, in den Jahren 1927/28 durchgeführte Baggerungen brachten nicht die gewünschte Festlegung des Stromes. Um diese Stromfestlegung dennoch zu erreichen, wurde die Errichtung entsprechender Strombauwerke beschlossen. Umfangreiche Strommessungen führten zu der Erkenntnis, daß das weitere Vorwandern der Nordostböschung der Fahrinne mit den befürchteten, unangenehmen Folgen wahrscheinlich aufhören würde, wenn es gelänge, weitere Sandeintreibungen von der Mittelplate her zu verhindern. Für diesen Zweck erschien ein Leitdamm geeignet, der, an der Knock beginnend, in mäßig gekrümmter Linienführung zur Mittelplate hinüberführte und von dort in nordwestlicher Richtung bis zum Nordsteert der Plate reichte (Abb. 14). Mit ihm konnte immerhin ein großer Teil des über das Watt laufenden Flutstromes abgefangen werden. Ein derartiges Werk, mit seiner Krone etwa auf halber Tidehöhe liegend, schuf ein Becken, von dem angenommen werden konnte, daß der Flutstrom den mitgeführten Sand in ihm zum größten Teil ablagern würde. Es konnte auch zum Unterbringen von Baggerboden benutzt werden. Eine unmittelbare Verbindung des Südendes des geplanten Leitdamms mit der Deichecke an der Knock wurde im Hinblick auf die starke Strömung am Bettenwehrster

Höft nicht für zweckmäßig gehalten. Vielmehr sollte ein Sperrdamm 900 m unterhalb dieses Punktes errichtet werden. Hierdurch sollte die Gefahr einer ungünstigen Wirkung des Sperrdammes auf die Sielmuhe verringert werden.

Leit- und Sperrdamm wurden durchweg als Steinkörper auf Buschunterlage ausgebildet. Während der Sperrdamm durchgehend eine Kronenhöhe von 2,1 m über MSprTnw erhielt, lag die Leitdammkrone auf der ganzen Strecke südlich der Abzweigung des Sperrwerks auf 2,1 m, nördlich davon fiel die Krone des Leitdammes von 2,1 m bis zu seinem Nordende allmählich auf 1,9 m herab. Auf der Westseite des Leitdammes wurden zum Schutze gegen den Längsstrom Buhnen angeordnet, und zwar in Abständen von 550 m Hauptbuhnen, auf der Hälfte dieses Abstandes nur kurze Zwischenbuhnen.

Die im Juni 1930 begonnenen Bauarbeiten wurden Ende des Jahres 1933 abgeschlossen. Bis zu diesem Zeitpunkt waren bereits beiderseits des Sperrdammes starke Verlandungen eingetreten. Auch hinsichtlich der Fahrwassergestaltung an der Knock glaubte man nicht mehr, mit einem weiteren Vorrücken der Nordostböschung rechnen zu müssen, so daß bereits Ende 1932 die Baggerungen in diesem Bereich eingestellt werden konnten.

Allerdings mußte damit gerechnet werden, daß nach Erhöhung des Sperrdammes auf die Höhe des Leitdammes bei Flut wieder ein Querstrom über den Leitdamm nach dem Fahrwasser zu einsetzen würde, besonders dann, wenn die Versandung in dem Beckenteil nördlich des Sperrdammes weiter so schnell fortschritt wie bisher. Es war zu befürchten, daß dieser Querstrom dann wieder Sand in das Fahrwasser treiben würde, eine Gefahr, der am besten durch eine Höherführung des Leitdammes begegnet wurde. Es war auch anzunehmen, daß eine solche Höherführung des Leitdammes die Heibeführung eines Beharrungszustandes vor dem Leitdamm beschleunigen würde.

Im Laufe des Jahres 1934 wurde deshalb der Leit- und Sperrdamm durch Höherführung des Schüttsteinkörpers bis auf MThw (rd. + 3,0 m über

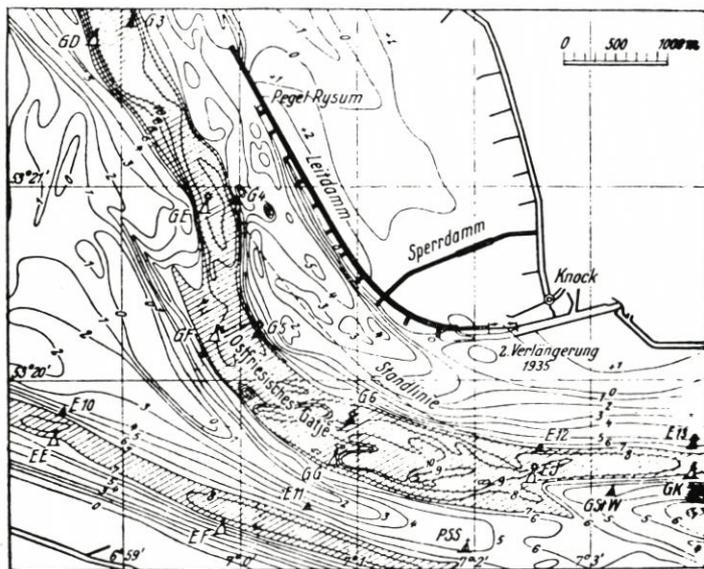


Abb. 15. Leit- und Sperrdamm an der Knock nach der Fertigstellung (1934/35)

SKN) hochgezogen, wobei gleichzeitig zur Sicherung der östlichen Leitdammböschung hinter dem Leitdamm nördlich des Sperrdammes eine 100 m breite Berme bis auf + 3,0 m aufgespült wurde. Im Jahre 1935 wurde schließlich noch die Lücke zwischen dem Südkopf des Leitdammes und dem Kopf des nördlichen Leitdammes der Knockster Muhde geschlossen (Abb. 15).

Der Zweck dieses Bauvorhabens, das Fahrwasser an der Knock festzulegen, war voll erreicht. Außerdem war neben der erheblichen Ersparnis an laufenden Baggerarbeiten der Grund für künftiges Neuland geschaffen.

2.3.4 Erhöhung des Leitwerkes auf der Geise

Nach Fertigstellung des neuen Seedeiches Emden-Knock machte sich am westlichen Ende der Geise eine Abnahme der Plate bemerkbar. So wurden einige Stellen des Leitwerks zwischen den äußersten Buhnen, die bereits völlig versandet waren, wieder bloßgelegt.

Da das Parallelwerk und somit auch die Plate nach Westen hin ziemlich stark abfielen, wurde schon kurze Zeit nach Eintritt der Flut die Plate in ihrem größten Teil überspült. Da sich das Dollartbecken zunächst füllte, setzte eine starke Querströmung nach der Ems hin ein.

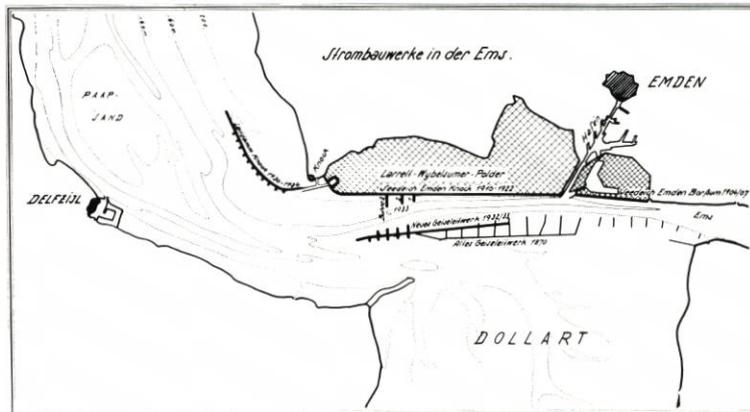


Abb. 16. Erhöhung und Verlängerung des Geise-Leitwerks (1932/33)

Diese Querströmung verursachte Durchbrüche zwischen den Buhnen. Hierdurch wurde zudem bei jeder Flut loser Schlick, der sich bei ruhigem Wasser abgesetzt hatte, in die Fahrrinne, den Außen- und den Vorhafen der großen Seeschleuse gespült. Diese Verschlickung der Ems war um so mehr zu beachten, als bei Ebbe ein Überströmen des Parallelwerkes in umgekehrter Richtung eintrat, so daß das Wasser der Ems nach dem Dollart hin abfloß und so ein Teil der Spülkraft der eigentlichen Ems auf der Strecke Emden—Knock verlorenging. Bei Einsetzen der Ebbe trat nämlich diese Strömung zunächst in den Dollartbusen ein, während auf der Ems auf der Strecke Knock—Emden noch ein kräftiger Flutstrom lief, dessen Wasser zum Teil quer über das Leitwerk abfloß.

Um dem Ebbestrom bei seinem Austritt in die Krümmungsstrecke an der Knock und seinem Zusammentreffen mit dem aus dem Dollart austretenden Ebbestrom unter Vermeidung aller zu Sandablagerungen Anlaß bietenden Querströmungen ein geschlossenes — mit der Flutrinne zusammenfallendes — Bett mit sicherer Stromführung zu geben, wurde in den Jahren 1932/33 das vorhandene Geiseleitwerk verlängert und verbessert (Abb. 16). Außerdem wurden auf der gegenüberliegenden Fahrwasserseite 3 neue Buhnen gebaut.

2.3.5 Ausbau des Emders Fahrwassers nach 1957

Nach Fertigstellung der vorgenannten Bauwerke wurden in der Ems zunächst keine weiteren Regulierungsbauwerke errichtet. Die 7-m-Tiefe wurde lediglich durch Baggerungen aufrechterhalten. Diese blieben zu Beginn der 30er Jahre zunächst gering, als noch das Wattgebiet hinter dem im Bau befindlichen Leitdamm an der Knock erhebliche Sandmassen aufnahm.

Nach Schließung des Leitdammes stiegen sie wieder an und gaben schon 1938 Anlaß zu weiteren Regulierungsmaßnahmen, die aber infolge des zweiten Weltkrieges nicht mehr zur Ausführung kamen. Konnte bis zum Kriegsausbruch die Fahrwassertiefe von 7,00 m unter SKN gehalten werden, so stellten sich während der kriegsbedingten Baggerruhe von 1942 bis 1946 Tiefen von 5,5—6,0 m ein.

Nach dem Kriege konnte die Fahrwassertiefe von 7 m durch Baggerungen wiederhergestellt werden. Diese Tiefe reichte bis etwa zum Jahre 1950 für die nach Emden fahrenden Seeschiffe voll aus.

Als nach 1950 der Erzimport auf der Ems erheblich anstieg und außerdem infolge der technischen Entwicklung im Schiffbau versucht wurde, durch den Einsatz größeren Schiffsraumes

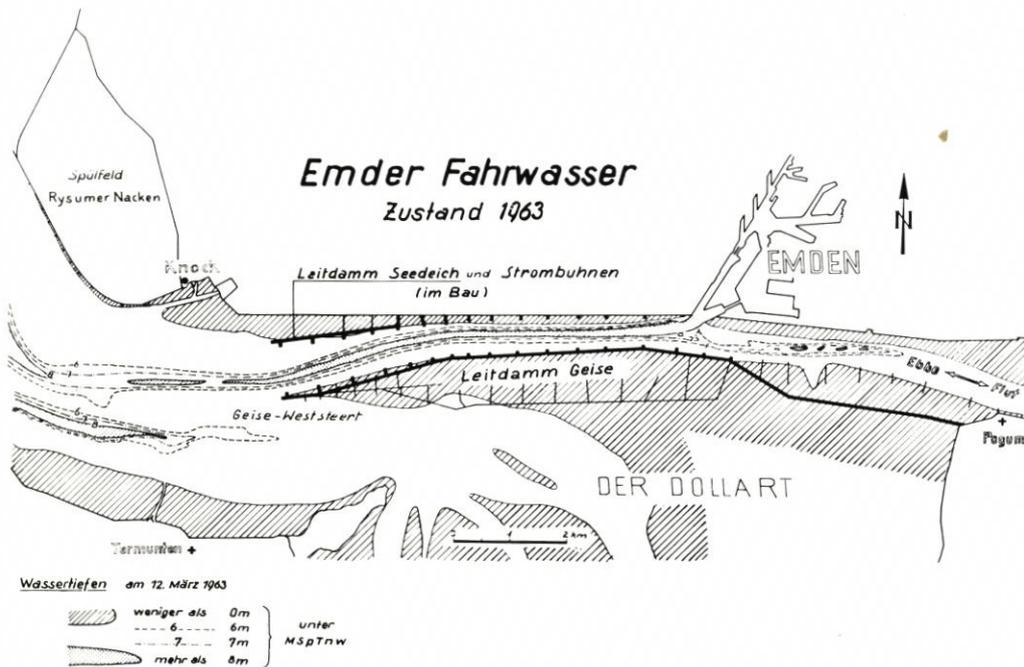


Abb. 17

die Transportkosten zu senken und dadurch die Wirtschaftlichkeit der Erzeinfuhren zu erhöhen, wurde die Frage einer weiteren Vertiefung des seewärtigen Fahrwassers der Ems auf 8 m unter SKN aktuell.

Vor Beginn der Ausbaurbeiten wurden umfangreiche Untersuchungen, insbesondere Modellversuche, in Angriff genommen, um zu erforschen, bis zu welcher Wassertiefe die Ems äußerstenfalls ausgebaut werden könnte. Dabei beschränkten sich diese Versuche im wesentlichen auf das Emder Fahrwasser zwischen Emden und der Knock, weil dieser Abschnitt die schwierigste und am meisten zu Verflachungen neigende Strecke war, und unterhalb im Ostfriesischen Gatje die 8,0-m-Wassertiefe, wenn auch mit Einsatz von Baggergeräten, im allgemeinen gehalten werden konnte. Als Ergebnis der Untersuchungen stellte sich zunächst heraus, daß die Herstellung und Erhaltung der 8,0-m-Sohllentiefe wohl das äußerste sei, was im Emder Fahrwasser zu erreichen wäre. Bei den Untersuchungen ergab sich weiter folgendes:

Bei allen Vertiefungsmaßnahmen, die in den verschiedenen Strommündungsgebieten durchgeführt werden, wird angestrebt, die Ebbestromgeschwindigkeit um so viel größer als die Flutstromgeschwindigkeit zu halten, daß eine natürliche Räumkraft des Stromes erzeugt wird, d. h. daß eine Sandablagerung nicht oder nur in geringem Maße eintritt. Die somit notwendige Differenz zwischen Ebbe- und Flutgeschwindigkeit kann im allgemeinen dort erzielt werden, wo genügend Wasser vom Oberstrom zufließt, um die ablaufende Ebbe entsprechend zu verstärken. Bei der Ems sind aber die Oberwasserzuflüsse nur gering.

Es war deshalb nicht möglich, im Emder Fahrwasser bei der geplanten Vertiefung eine höhere Ebbestromgeschwindigkeit zu erzielen. Auf der Suche nach neuen Wegen wurde versucht, die Flutstromgeschwindigkeit in umgekehrter Weise künstlich größer zu machen als die Ebbestromgeschwindigkeit. Dadurch kann zwar die Sandablagerung nicht verhindert werden, aber sie sollte in eine Zone oberhalb der Seeschleuse stromauf verschoben werden, wo der Baggereibetrieb die Seeschifffahrt nicht stört und andererseits die Ablagerungen die kleineren Binnen- und Küstenschiffe nicht behindern.

Um diese Wirkung zu erzielen, wurde das Geiseleitwerk bis auf die Hochwasserlinie erhöht, so daß aus dem Dollart nicht, wie bisher, bei Ebbe Wasser in das Emder Fahrwasser abfließen kann. Dadurch sollte die Ebbestromgeschwindigkeit künstlich vermindert werden. Um die Sandablagerungen weiter stromaufwärts bis in den Bereich von Pogum zu verschieben, wurde der Strom durch Leitwerke und Buhnen (Abb. 17) eingengt. Die im Jahre 1957 begonnenen Bauarbeiten sind z. Z. noch nicht völlig abgeschlossen, so daß der Erfolg noch nicht abschließend beurteilt werden kann. Das Fahrwasser wurde inzwischen auf 8,5 m unter SKN ausgebagert.

3. Entstehung und Ausbau der Jade

3.1 Entstehung des Jadebusens

Die Entstehung des Jadebusens läßt sich nur aus vielerlei Einzelbeobachtungen, aus geologischen Aufschlüssen, aus der Lage von Warften, aus Ortsnamen und aus der politischen und kirchlichen Geschichte der Landschaft nachbilden, weil zuverlässige Berichte und vor allem brauchbare Karten fehlen. So wurde nach geschichtlichen und kirchengeschichtlichen Untersuchungen von C. WOEBKEN²⁶⁾ bei der Julianensturmflut am 17. 11. 1164 der sich entlang der Küste hinziehende, verhältnismäßig schmale Marschengürtel, der aus widerstandsfähigem Kleiboden bestand, durchbrochen (Abb. 18). Diese Lücke, die etwa im heutigen Jedefahrwasser nordöstlich Wilhelmshavens gelegen haben mag, kann anfangs nur schmal gewesen sein. Bei sofortigem Eingreifen wäre sie vielleicht zu schließen gewesen. Später war daran nicht mehr zu denken. Das moorige Hinterland, das durch Küstensenkung oder Ansteigen des Wasserspiegels des Meeres tiefer als das Meereshochwasser zu liegen kam, wurde überflutet. Ein Teil der Bäche, die bis dahin ihr Wasser zur Weser abgeführt hatten, flossen nunmehr zur Einbruchsstelle. Die in den nachfolgenden Jahren gegen das neuerstandene Gatt errichteten Deiche bestimmten Richtung und Umfang eines sich entwickelnden Baches, der *J a d e* benannt wurde.

Im 14. Jahrhundert zeigte sich die erste Entwicklung des Gatts zum Meerbusen. Bei der Clemensflut am 23. November 1334 brach der Deich auf dem östlichen Ufer der Jade. Von der Weser her war die *H e e t e* zur Jade durchgebrochen. Im Süden wurde wohl auch die *W a p e l* von der Flut erreicht und zur Jade abgezweigt. Die durchbrochenen Deiche auf dem Ostufer der Jade konnten wegen kriegerischer Auseinandersetzungen zwischen Rüstringen und dem Grafen von Oldenburg nicht wiederhergestellt werden. Statt dessen wurde zum Schutz Butjadingens ein neuer Deich gezogen, der Butjadingen zur Insel machte.

Hatte die Clemensflut die Ausweitung des Jadebusens nach Osten angebahnt, so durchbrach die Marcellusflut im Jahre 1362 den westlichen Jadedeich und damit war das westliche Hinterland den durch die Einbruchsstelle strömenden Fluten preisgegeben (Abb. 19). Hier waren die angerichteten Verheerungen infolge des moorigen Untergrundes wesentlich größer. Der wenig

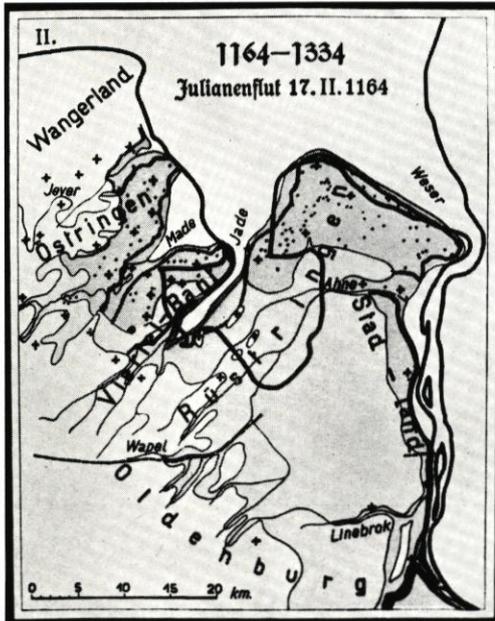


Abb. 18. Entstehung des Jadebusens nach der Julianenflut am 17. 2. 1164

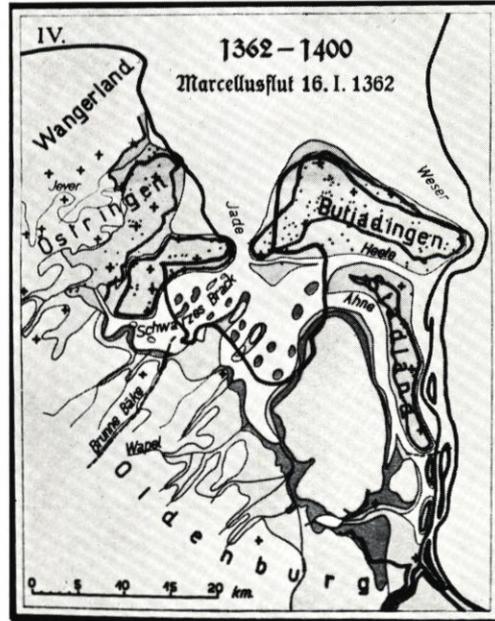


Abb. 19. Ausweitung des Jadebusens nach der Marcellusflut am 16. 1. 1362

widerstandsfähige Moorboden wurde in großen Flächen vom Wasser fortgerissen und aufgelöst, so daß einzelne Buchten entstanden, die der Tide ausgesetzt waren. Die Tideströmung zerstörte aber auch im Laufe der Zeit große Teile des Marschgürtels durch Fortspülen des in tieferen Schichten anstehenden Sandes.

Im 15. Jahrhundert wurde die Heete zuggedämmt, so daß sie nach und nach verschlammte. Butjadingen wurde auf diese Weise wieder mit dem Festland vereinigt. Auch im Süden und Westen führten Eindeichungen zu einer starken Schrumpfung des Jadebusens.

Die letzte Erweiterung erfuhr der Jadebusen im Jahre 1511 durch die Antoniflut. Obwohl sie nicht zu den größten Sturmfluten zählte, richtete sie deshalb so umfangreiche Verheerungen an, weil die Schäden, die bei vorausgegangenen Sturmfluten an den Deichen entstanden waren, nicht beseitigt werden konnten. Nach der Antoniflut erreichte der Jadebusen seine größte Ausdehnung durch nach drei Richtungen sich erstreckende Seitenbuchten. Diese waren nicht etwa flach, sondern hatten z. B. in der jetzigen Deichlinie durchgängig 1—2,5 m unter Hochwasser reichende Tiefen, an vielen Stellen aber weit tiefere Rinnen. Der nach Osten gerichtete Jadearm hatte sich allerdings schon bald wieder zu schließen begonnen. Nach einigen Jahren waren schon große Teile von ihm wieder bedeckt. Es folgten weitere Eindeichungen des Jadebusens, bis dieser nach der letzten Eindeichung im Jahre 1854 etwa seine heutige Gestalt erreicht hatte.

Zu dieser Zeit erkannte man im Zusammenhang mit Überlegungen der preußischen Marine, an der Jade einen Hafen zu bauen, die Bedeutung des Jadebusens für die Erhaltung des

Jadefahrwassers. Da der Jade im Unterschied zu anderen Flußmündungen kein Wasser vom Oberlauf eines einmündenden Stromes zugeführt wird, ist die Stromrinne einzig und allein von der Spülkraft der in den Jadebusen ein- und ausströmenden Tidewassermengen abhängig. Aus dieser Erkenntnis untersagte 1883 das Reichskriegshafengesetz jegliche Landgewinnung im Jadebusen.

Ende der 80er Jahre verschlechterten sich die Fahrwasserverhältnisse vor der Hafeneinfahrt Wilhelmshavens zusehends. Das ihr gegenüberliegende Watt, der Schweinsrücken, schob sich nach der Einfahrt und nach Norden vor. Dadurch wurde das Fahrwasser enger und tiefer, und als sich die Vertiefung näher an die Molen heranlegte, wurden diese gefährdet. Weiter nördlich bildete der vorwandernde Schweinsrücken eine Barre quer durch das Fahrwasser. Es war den Schiffen — abgesehen bei HW — kaum noch möglich, in die rechtwinklig zum Strom liegende Einfahrt einzulaufen, weil das Fahrwasser zu eng und die Stromgeschwindigkeiten unmittelbar vor den Molen zu groß geworden waren. Es mußten also Maßnahmen getroffen werden, die einmal dem Vorwandern des Schweinsrückens Einhalt geboten und andererseits eine so große Wassermenge vor der Hafeneinfahrt vorbeiführten, daß die Räumung des Fahrwassers durch den Ebbestrom herbeigeführt und die Erhaltung des Fahrwassers gewährleistet werden konnte. Zu diesem Zweck wurde in den Jahren 1893—1897 auf dem Schweinsrücken ein 5,8 km langer Buschdamm gebaut, dessen Krone auf MThw-Höhe lag. Dieser Leitdamm führte einen großen Teil des früher über den Schweinsrücken zum Vareler Fahrwasser fließenden Ebbestromes vor den Einfahrten vorbei und hat bis auf den heutigen Tag alle Erwartungen erfüllt.

3.2 Entwicklung der Jademündung

Die Jade zählt zu den deutschen Küstenabschnitten, über deren Fahrwasser- und Uferentwicklung auffällig wenig historische Unterlagen beigebracht werden können. Dies liegt vor allem daran, daß die Jade — und mit ihr zum Teil auch das zu ihr hinführende Gewässer, die sog. Westerweser — in der internationalen Großschiffahrt bis Mitte des 19. Jahrhunderts nur eine geringe Rolle spielte. Mangels eines tiefer in den Kontinent führenden wirtschaftlichen Einzugsgebietes vermochte sich hier nämlich kein größerer Schiffsverkehr und kein Hafen von Rang zu entwickeln. So kam es, daß in älterer Zeit lediglich kleinere und kleinste Transportschiffe einen spärlichen Warenaustausch vermittelten, einen Güterverkehr, der über den Importbedarf der kleinen jadenahen friesischen Territorien kaum hinausging und sich bezüglich des Exportes im wesentlichen auf die Produkte der Landwirtschaft beschränkte. Lediglich zu Zeiten politischer Spannungen, wie etwa im niederländischen Unabhängigkeitskrieg in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts, im niederländisch-englischen Kriege um die Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert oder zur Zeit der napoleonischen Kontinentalsperre (1806 ff.), da der Seeverkehr der großen Hafenstädte unter der Blockade der kriegführenden Parteien erheblich zu leiden hatte, erlebten auch die kleinen Jadehäfen eine kurze Scheinblüte. In Kreisen der internationalen Großschiffahrt bestand daher an einer genaueren Beschreibung der Fahrwasserverhältnisse auf der Jade kaum Interesse. Als eine solche in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts endlich vorlag, wurde sie weit über 100 Jahre von allen zeitgenössischen Segelhandbüchern praktisch unverändert wieder abgedruckt.

Der Verkehr der kleinen Schiffe, die zumeist über die ostfriesisch-jeveländischen Watten segelten, schlug im Bereich von Wangerooge — von Westen kommend — den Weg über die Harle und weiter über die (Mittel-)Weser ein. Aus diesem Grunde zählt die Harle zu jenen „östlichen Seegaten“, die schon lange vor Ablauf des 16. Jahrhunderts von Emden aus mit Tonnen versehen wurden.

Erst mit der Gründung der Kriegsmarine Mitte des vorigen Jahrhunderts begann die Jade an Bedeutung zu gewinnen, zunächst nur für Marineinteressen, später auch für die internationale Großschifffahrt. So läßt sich erst ab 1859 die Entwicklung der Jade anhand verlässlicher Seekarten verfolgen. In der Innenjade sind in den letzten 100 Jahren, soweit eine französische Karte aus dem Jahre 1812 ein Urteil zuläßt, keine wesentlichen Veränderungen festgestellt worden. Die in ihr liegenden Sandbänke und Wattengebiete haben sich seit 1859 nicht wesentlich verändert. An die Innenjade schließt sich im Norden die breite, ebenfalls fast unveränderliche Schillig-Reede an, die nach See zu in die Außenjade übergeht. Die Außenjade war dagegen größeren Veränderungen unterworfen. Bevor auf die Veränderungen in der Außenjade im einzelnen eingegangen wird, sollen zunächst die Ursachen dieser Veränderungen, d. h. die Kräfte und Gesetze der Natur, unter deren Einfluß die Veränderungen in der Außenjade vor sich gehen, untersucht werden.

a) Inselwanderung

Bekanntlich verlagerten sich die Ostfriesischen Inseln vor Inangriffnahme der Strandschutzbauwerke ständig von Westen nach Osten. Diese Wanderung, die bei den einzelnen Inseln zeitlich nicht einheitlich und auch größenmäßig verschieden war, äußerte sich in einem Abbruch bzw. in einer Abnahme auf der Westseite und einem Anwachsen auf der Ostseite. Eine Ausnahme hinsichtlich der Wanderrichtung machte die Insel Wangerooge, die sich mehr nach Südosten verlagert hat, und die Wattinsel Minsener Oog, die nach Südwesten zurückgewichen ist.

Eine Erklärung für diese Erscheinung hat W. KRÜGER⁹⁾ gegeben. Danach hat die Insel Wangerooge etwa um 1450 die nördlichste Lage eingenommen. Bestimmt wurde diese Lage durch die Einwirkung der Harlebucht bzw. des Seegats Harle, die beide etwa um 1100—1200 ihre größte Ausdehnung gehabt haben (Abb. 20). GAYE und WALTHER⁵⁾ haben die Zusammenhänge zwischen der Größe der Seegaten bzw. der zugehörigen Tidewassermengen und der Staffelung der Inseln eingehend untersucht. Je größer das Seegat, desto weiter ist die östliche Insel gegenüber der westlichen nach Norden verschoben. Man kann die Jade-Weserbucht als ganz großes Seegat auffassen, dessen Wassermassen eine Verschiebung der wandernden Sände in nördlicher Richtung um fast 20 km bewirkten.

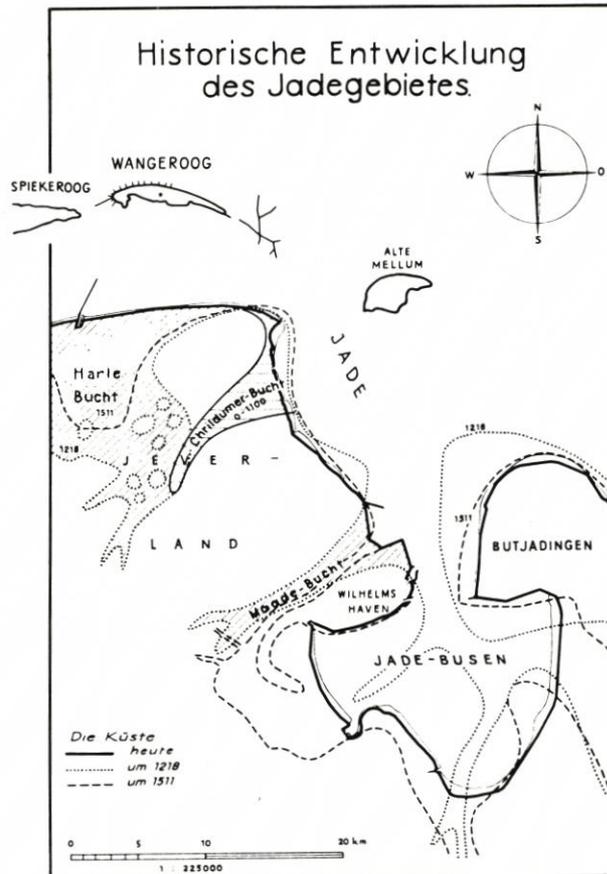


Abb. 20. Historische Entwicklung der Jade von 1100 bis zur Gegenwart

Als nun die Harlebucht immer mehr verlandete und schließlich ganz verschwand, mußte auch Wangerooge wieder nach Süden zurückweichen bzw. nach Südosten, da sich die Bewegungsrichtungen nach Süden und Osten überlagerten. Als eine Ursache für diese Nord-Süd-Verschiebung von Wangerooge kann die Vertiefung der unmittelbar an der Insel vorüberführenden Rinne des Wangerooger Fahrwassers angesehen werden. Die stärkste Neigung zur Erosion hat KRÜGER im Gebiet südlich des sogenannten Langen Riffs festgestellt, eines Riffs, das seinerzeit in einer Länge von rund 6000 m in einer Entfernung von 2500—3000 m nördlich des Westteils von Wangerooge lag, durch einen Fluttrichter von der Insel getrennt und auch auf den heutigen Seekarten verzeichnet ist. Der zwischen Langen Riff und Insel durchgehende Flutstrom strömt hauptsächlich durch die Blaue Balje und ist die Ursache für den Abbruch der Nordkante von Wangerooge-Ost. Die Vertiefung im Gebiet südlich des Langen Riffs und der Abbruch von Wangerooge-Ost sind jedoch unerwünscht, da sie das Wangerooger Fahrwasser unnötig verbreitern, was schließlich zu einer Verwilderung des Fahrwassers führen mußte und geführt hat.

Ganz ähnlich lagen die Verhältnisse in der Old-Oog-Rinne. Hier konnte ein Zurückweichen der Wattinsel Minsener Oog nach Südwesten beobachtet werden; als Beweis wird die wiederholt notwendig gewordene Rückversetzung der auf Minsener Oog stehenden Rettungsbake angeführt. Im Gegensatz zu diesen Verschiebungen von Wangerooge und Minsener Oog haben Mellum und der Rote Grund als Scheide zwischen Außenweser und Außenjade ihre Lage in etwa beibehalten. Diese Tatsache war mit dafür ursächlich, daß die Außenjade durch Zunahme an Breite bei gleicher Stromkraft flacher werden mußte.

b) Sandwanderung vor den Inseln

Vor der Inselkette findet eine ständige von Westen nach Osten gerichtete Wanderung großer Sandmassen statt, die ihre Ursache in den überwiegend nach Osten gerichteten Kräften der Strömungen und des Seeganges bzw. der Brandung hat. Die bekannte Verlagerung der Inselkette nach Osten ist dadurch bedingt, daß bei gleichzeitiger Zufuhr des wandernden Sandes von Westen her durch die starken Strömungen in den tiefen Rinnen der Seegaten deren Ostseiten erodiert werden und damit die Westenden der Inseln schließlich abbrechen. Nachdem durch den Bau der Uferschutzwerke der Abbruch der Inseln an ihren Westenden stark eingeschränkt worden war, wirkten aber die Naturkräfte und demgemäß auch die Sandwanderung weiter. Dieser Sand kommt zweifellos aus der See.

Die Stärke und Richtung der Sandwanderung wird durch vier Größen maßgeblich beeinflusst:

Einmal durch die Wirkung der periodisch bedingten Flut- und Ebbeströmungen. Der Flutstrom trifft aus etwa nordwestlicher Richtung auf die Küste und wird von dieser nach Osten umgelenkt. Der Ebbestrom setzt in etwas nördlicherer Richtung von der Küste ab, so daß eine gewisse Überschneidung beider Stromrichtungen eintritt, was für die Richtung der Sandwanderung von erheblicher Bedeutung ist.

Ferner tritt durch die Wirkung der unperiodischen meteorologischen Kräfte, insbesondere die überwiegenden westlichen Winde, je nach Richtung und Stärke ein Aufstau des Meeresspiegels in der Deutschen Bucht ein (Windstau). Dieser Vorgang bedingt die Bewegung sehr großer Wassermassen, d. h. es werden Triftströmungen erzeugt, die sich mit den periodischen Gezeitenströmungen überlagern. Im Ergebnis tritt in der Deutschen Bucht eine dem Uhrzeigersinn entgegengesetzte Bewegung großer Wassermassen mit resultierenden Strömungen auf, die an der ostfriesischen Küste von Westen nach Osten verlaufen.

Hinzu kommt noch als dritte Ursache die durch die Erdumdrehung hervorgerufene Rechtsablenkung der Strömungen auf der nördlichen Halbkugel (Corioliskraft).

Schließlich muß noch die durch den Wind erzeugte Wellenbewegung und Brandung als weitere den Sand bewegende Kraft genannt werden. Die Größe dieser Wirkung auf die Bewegung des Sandes ist schwer zu erfassen. Die Sandwanderung ist das Ergebnis des Zusammenspiels aller genannten Kräfte, die an der ostfriesischen Küste und in der Jade-Wesermündung überwiegend von Westen nach Osten gerichtet sind.

Nach diesen allgemeinen Betrachtungen wird die Entwicklung der Rinnen und Platen in der Außenjade anhand von Stromkarten vom Jahre 1859 bis zu dem Zeitpunkt verfolgt, als die ersten Stromregulierungsmaßnahmen einsetzten, d. i. das Jahr 1907 (Abb. 21 und 22).

1859

Auf dieser Karte ist eine entlang Minsener Oog verlaufende Rinne, die Wangerooger Rinne, zu erkennen, die später als Wangerooger Fahrwasser in Erscheinung tritt. Nach Vergleich mit Karten aus zurückliegender Zeit ist anzunehmen, daß diese Rinne zunächst bis zur inneren Jade durchgelaufen und erst gegen 1859 im inneren Teil versandet ist. Vermutlich hat sich eine Plate durch den durch die Wangerooger Rinne verlaufenden Flutstrom von Minsener Oog abgelöst und mit dem Minsener Sand verbunden. Der südliche Zipfel dieser Plate hat noch Verbindung mit Minsener Oog. Die Alte Jade zeigt das typische Bild einer Ebberinne mit drei Ebbtrichtern, die in den Minsener Sand, in die Jadeplate und in die Mellumplate hineinragen.

1868

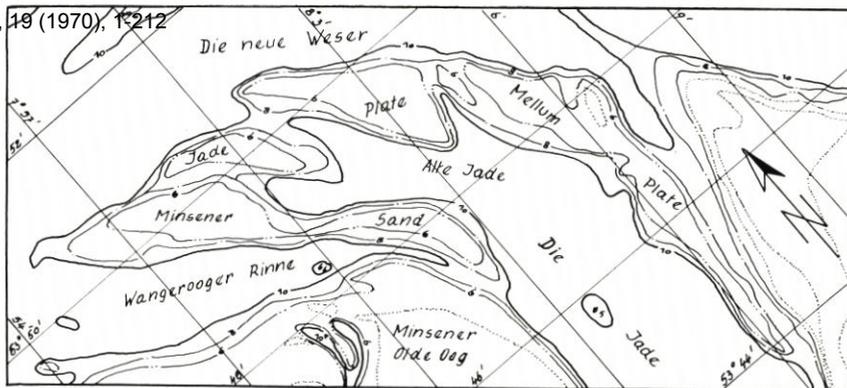
Der mittlere Ebbtrichter hat sich zu einem schmalen Durchbruch der Alten Jade ausgebildet. Während sich der nördliche Teil des Minsener Sandes mit der Jadeplate zusammengeschlossen hat, ist der südliche Teil des Minsener Sandes durch den I. Minsener Durchbruch abgetrennt. Dieser südliche Teil des Minsener Sandes ist nach Süden und Osten gewandert und hat sich durch den II. Minsener Durchbruch von Minsener Oog gelöst, an dessen Nordwestecke sich bereits wieder eine zweite Abspaltung durch den Flutstrom abzeichnet. Der östliche Teil der Jadeplate ist weiter nach Nordosten gewandert und hat sich mit der Mellumplate verbunden. Der Fluteinlauf in die Wangerooger Rinne hat sich verschlechtert. Auffallend ist das Zusammentreffen der großen Tiefen vor Minsener Oog (II. Minsener Durchbruch und Minsener Rinne) mit der Ausbildung eines geschlossenen Trennungsrückens zwischen Jade und Weser (Jadeplate, Mellumplate) unter Fortfall der im Jahre 1859 von der Neuen Weser zur Innenjade vordringenden Flutrinne.

1873

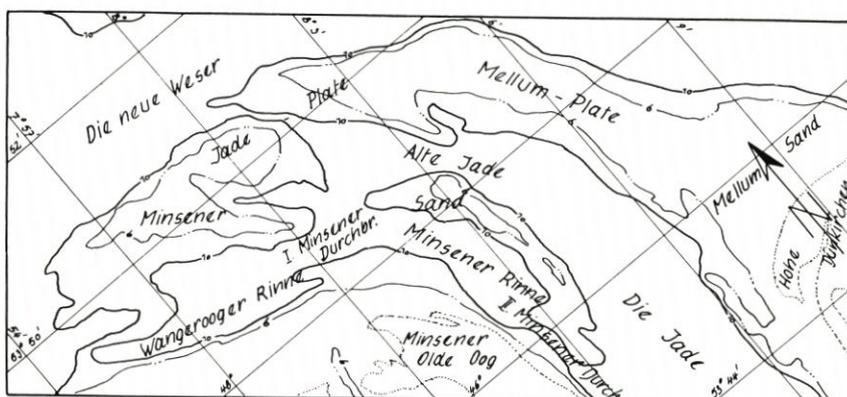
Durch den III. Minsener Durchbruch hat sich ein Teil des Minsener Sandes gelöst und ist nach Osten gewandert. An seine Stelle ist eine Plate an der Nord-Ost-Ecke von Minsener Oog getreten, die die Minsener Rinne geschlossen hat. Dadurch ist der innere Teil der Minsener Rinne gegen die Flut abgesperrt. Der 1868 noch vorhandene Durchbruch der Alten Jade hat sich geschlossen, an seine Stelle ist als durchgehende Rinne der III. Minsener Durchbruch mit Verbindung zur Wangerooger Rinne über die Äußere Minsener Rinne getreten.

1883

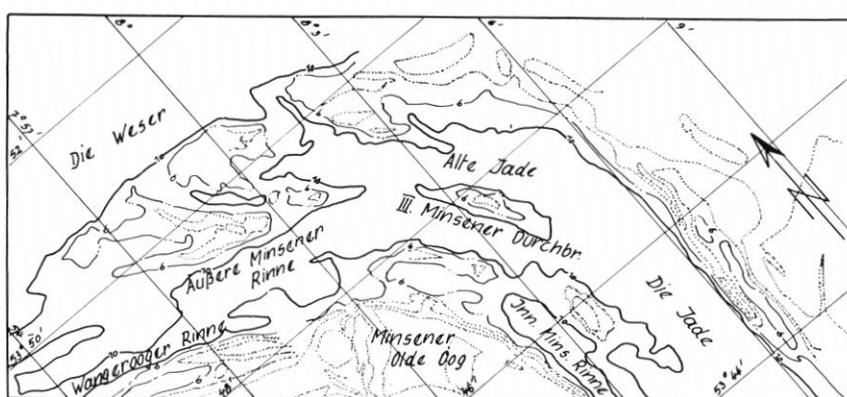
Bemerkenswert auf dieser Karte ist der Durchbruch der Alten Jade, der jedoch gegenüber dem Durchbruch von 1868 mehr nach Westen umgeschwenkt ist. Am Zusammenschluß der Äußeren Minsener Rinne mit der Wangerooger Rinne hat sich eine Trennung in Flut- und



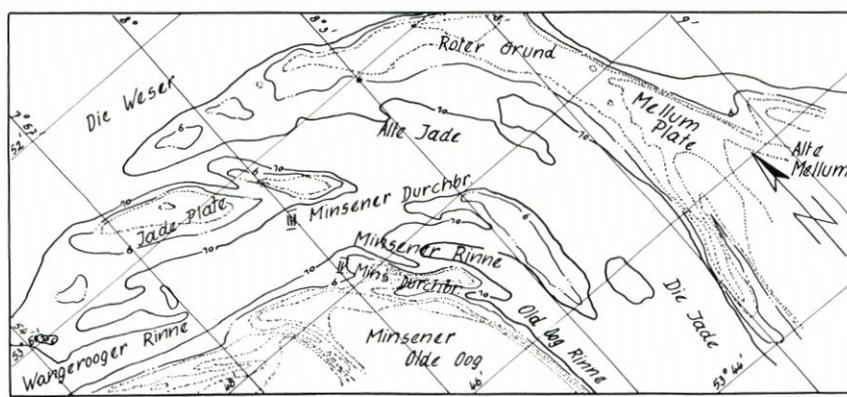
1859



1868



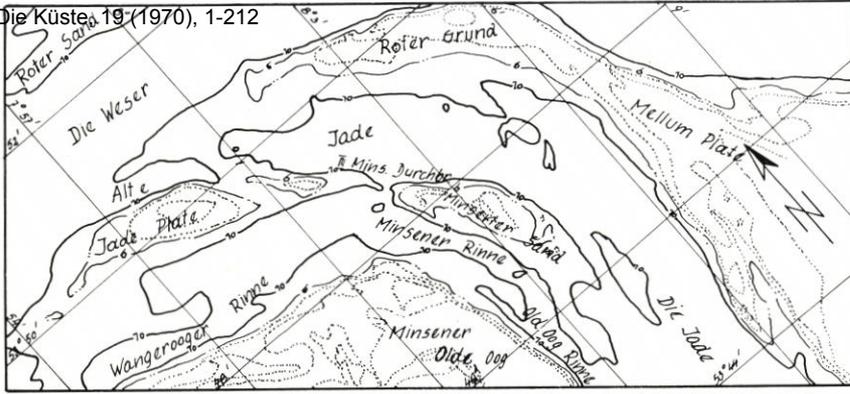
1873



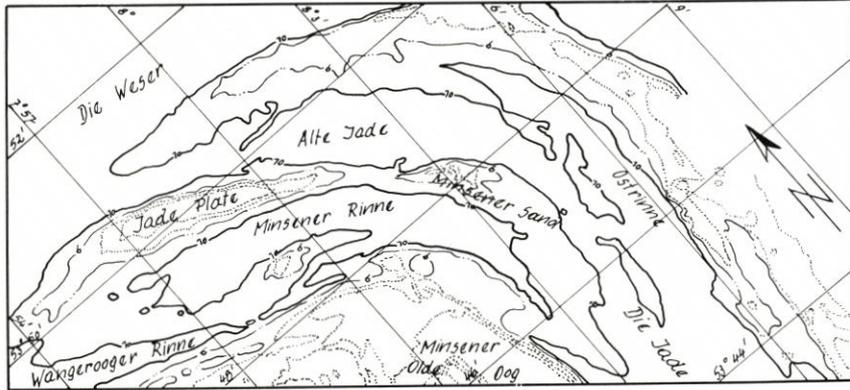
1883

Abb. 21. Morphologische Entwicklung der Außenjade von 1859 bis 1883

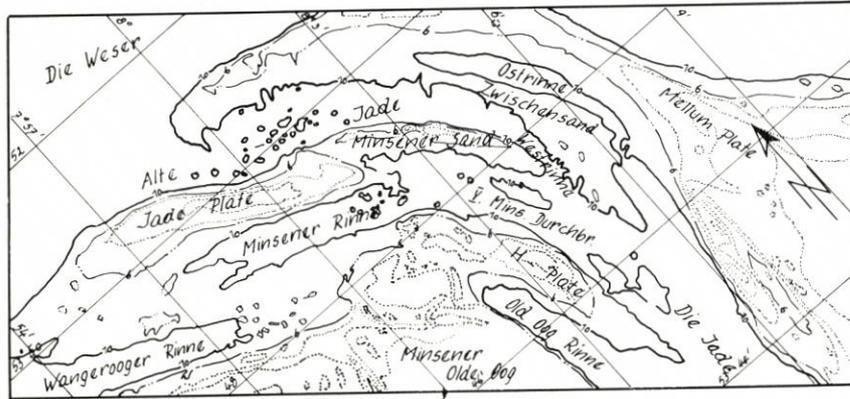
1889



1892



1904



1907

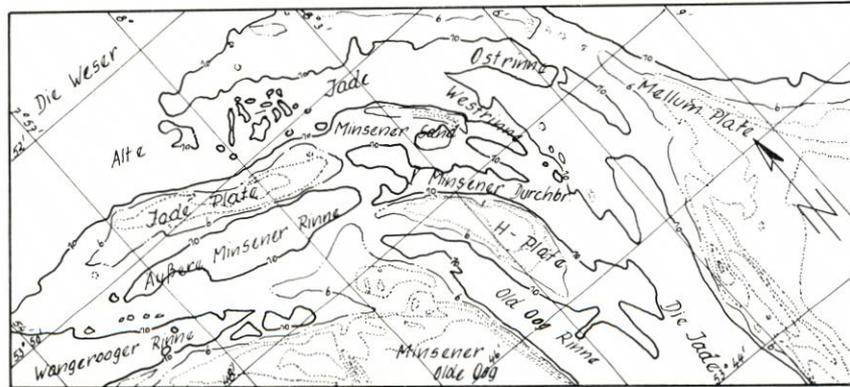


Abb. 22. Morphologische Entwicklung der Außenjade von 1889 bis 1907

Ebberinne vollzogen, unter Verstärkung der Flutrinne gegenüber 1873. An der Nordostecke von Minsener Oog macht sich die Abspaltung einer Plate bemerkbar, hervorgerufen durch den IV. Minsener Durchbruch. Hierdurch bekommt die Innere Minsener Rinne wieder Verbindung mit der Äußeren Minsener Rinne. Gleichzeitig macht sich die Abspaltung von weiteren Sandmassen bemerkbar, einer dritten Ablösung, hervorgerufen durch eine Ebberinne, auf der Karte als Old-Oog-Rinne bezeichnet.

1889

Wie auf dieser Karte zu erkennen ist, hat sich die im Jahre 1868 angedeutete zweite Abspaltung nunmehr endgültig vollzogen. Die Form des Minsener Sandes sowie der Stromrinnen am Ufer hat sich innerhalb eines Zeitraumes von 21 Jahren derjenigen des Jahres 1868 weitgehend angeglichen. Ein Teil des Minsener Sandes wandert nach Nordosten und sucht Verbindung mit der Jadeplate, wodurch sich der III. Minsener Durchbruch wieder schließt. Der Ebbtrichter der Old-Oog-Rinne hat sich weiter vertieft (12 m).

1892

Im Einlauf zur Alten Jade von Süden her haben sich niedrige Sandbänke abgelagert, vermutlich Abspaltungen des Minsener Sandes. Die auf der Westseite liegende Minsener Rinne ist an beiden Enden durch breite Barren verschlossen. Der Fluttrichter der Wangerooger Rinne ist zwar weiter nach Südosten vorgedrungen, ist im ganzen aber schwächer geworden, ebenso der von Süden vordringende Ebbtrichter der Old-Oog-Rinne.

1904

Die Old-Oog-Rinne ist stärker nach Norden vorgedrungen und hat sich erheblich verbreitert und vertieft. Die Abspaltung eines weiteren Sandes, der späteren H-Plate, zeichnet sich ab. Der Minsener Sand ist weiter nach Nordosten gewandert, die Minsener Rinne hat sich durch den V. Minsener Durchbruch nach Süden wieder geöffnet und zu einer Ebberinne der Jade entwickelt, während der äußere Teil der Minsener Rinne noch keine Verbindung mit der Wangerooger Rinne hat. Infolgedessen sucht der Ebbstrom nach Norden zu dringen und schiebt einen Ebbtrichter zwischen Jadeplate und Minsener Sand. Die als Ebberinne ausgebildete Ostrinne der Alten Jade ist durch die vom Minsener Sand abgespaltenen Sände, die sich zum sog. Zwischensand zusammengeschlossen haben, völlig von der Alten Jade abgeschnitten. Die Westrinne ist ebenfalls stark geschwächt.

1907

In der kurzen Zeit von 1904—1907 sind bemerkenswerte Änderungen in der Jade vor sich gegangen. Die Wangerooger Rinne ist bedeutend weiter vorgedrungen und bereitet die Abspaltung einer weiteren Plate, der Old-Oog-Plate, vor. Der Ebbtrichter der Old-Oog-Rinne hat sich stark erweitert und hat die H-Plate abgetrennt. Die endgültige Trennung erfolgte 1910, also wiederum nach einem Zeitraum von 21 Jahren gegenüber 1889. Der Ebbtrichter zwischen Jadeplate und Minsener Sand hat sich vermutlich deshalb nicht vergrößert, weil die nach Osten gewanderte H-Plate die südliche Einlauföffnung in den V. Minsener Durchbruch stark eingeengt hat. Der Zwischensand ist ebenfalls weiter nach Osten gewandert und hat hierbei die Ostrinne der Alten Jade, 1904 noch als Ebberinne vorhanden, abgeschnürt. Der nördliche Teil der Ostrinne hat Verbindung mit der Alten Jade bekommen und sich zur Flutrinne umgebildet, wodurch der Trennungsrücken zwischen Jade und Weser stark angegriffen und die Weserfahrt verbreitert und vertieft wird. Durch die Spaltung des Flutstromes der Alten Jade in zwei Arme sind die Verhältnisse in der Westrinne schlechter geworden.

Aus den vorstehenden Kartenvergleichen hat sich bezüglich der Sandwanderung folgendes ergeben:

Etwa alle sieben Jahre legt sich ein Riff an den Nordweststrand von Wangerooge und wandert aufgelöst am Strande entlang nach Osten. Hier bilden sich wieder einzelne Platen, die die Blaue Balje durchwandern und sich dann in der Nordostecke von Old Oog zu einer Plate zusammenschließen, die sich immer weiter in die Jade vorschiebt. Nach etwa 20 Jahren wird sie durch den Ebbstrom von Old Oog abgelöst und wandert nun in nordwestlicher Richtung durch die Jade. Dabei vergrößert sie sich zunächst, wird dann aber durch Stromrinnen geteilt und teilweise aufgelöst. Die Teile schließen sich zwischen Jade und Weser wieder zusammen und verlagern sich weiter in das Mündungsgebiet der Weser. Zum Verlauf der Sandbankwanderungen in diesem Gebiet wird auf neuere Untersuchungen von GÖHREN⁶⁾ hingewiesen.

Aus diesen Betrachtungen ist zu erkennen, welche Bedeutung die Sandwanderung für das Fahrwasser der Jade hat. Zu dieser Sandverfrachtung im Wasser kommt noch die Sandverfrachtung auf dem trockenen Strand durch starke westliche Winde. Um die großen Sandmengen, die von den Inseln Wangerooge und Oldeoog der Außenjade zugeführt werden, soweit wie irgend möglich auf den Inseln festzuhalten, wurden in der Zeit von 1874—1895 am Westende von Wangerooge und an einem großen Teil des Nordstrandes Ufermauern und Bühnen gebaut. Der Osten von Wangerooge war ein Strand ohne Dünen, der von höheren Fluten überströmt wurde. Die Dünen hörten etwa 1 km östlich des jetzigen Dorfes auf. Hier wurde 1894 damit begonnen, den durch den Wind bewegten Sand durch Buschzäune festzuhalten und eine künstliche Düne aufzubauen. Es bildete sich schließlich eine über 3 km lange Düne, die bis über das höchste Hochwasser reicht und die infolge ihrer flachen Böschung allen Sturmfluten bisher getrotzt hat. Auf diese Weise sind auf Wangerooge etwa 1 Mill. m³ Sand festgehalten worden.

Um die Versandungen im Wangerooger Fahrwasser und am Übergang der Old-Oog-Rinne zu vermindern, wurde im Jahre 1909 mit den Regulierungsmaßnahmen auf Minsener Oog begonnen.

3.3 Ausbau der Jademündung

3.3.1 Ausbau des Leitwerksystems Minsener Oog

Nachdem als Ursache der Fahrwasserveränderungen in der Jade die Sandwanderung erkannt war, wurde im Jahre 1908 mit den ersten Überlegungen zur Verbesserung des Fahrwassers begonnen. Diese erstreckten sich in der Hauptsache auf die Inseln Wangerooge und Minsener Oog (in alten Plänen Olde Ooge genannt), da von diesen große Sandmengen der Jade zugeführt wurden. Aufgabe dieser Baumaßnahmen sollte sein, die Sandzufuhr zu unterbinden oder doch auf ein erträgliches Maß herabzudrücken. Das Festhalten des Sandes war aber nur durch Baumaßnahmen an der Westseite der Jademündung zu erreichen, so daß die Fahrrinne in der Alten Jade, die seit 1892 als Hauptfahrwasser benutzt wurde, zunächst keinen Nutzen von diesen Baumaßnahmen gehabt hätte. Ob sie sich dort überhaupt bemerkbar machen würden, erschien zumindest fraglich. Man entschloß sich deshalb, das alte Wangerooger Fahrwasser als Hauptfahrwasser auszubilden. Hierfür sprach auch, daß sich mit der Vertiefung der Weserfahrt eine Entwicklung anzubahnen schien, die der von 1859 ähnelte. Damals mündete die Weser mit einem Arm quer über die Weserfahrt hinweg in die Nordsee; als Folge oder im Zusammenhang damit verlagerte sich der Jadestrom nach Westen, so daß sich das Wangerooger Fahrwasser in der Folgezeit als das bessere ausbildete.

Nach eingehenden mehrjährigen Untersuchungen von KRÜGER (10) wurde im Jahre 1909 mit den Bauarbeiten begonnen.

Auf der Insel Wangerooge wurden die vorhandenen Deckwerke und Bühnen verstärkt und ergänzt. Zur Verhinderung einer Überströmung des Ostteiles wurde bis an die Blaue Balje ein Buschdamm vorgezogen und eine Dünenkette gebildet.

Auf Minsener Oog wurde das auf Abbildung 2 dargestellte Leitwerkssystem in reiner Buschbauweise, d. h. auf dem hohen Watt Packwerk und in tieferen Lagen und an den Köpfen Sinkstücke, errichtet. Die Buhne A wurde etwa in Nord-Süd-Richtung gelegt und mit ihrem Kopf ungefähr dorthin, wo sich die Platen vom Minsener Oog ablösten. Sie sollte den vom Westen heranwandernden Sand festhalten und den Strom vor Kopf verstärken. Die Buhne C sollte ebenfalls stromverstärkend wirken, die Ostkante von Minsener Oog festlegen und damit dem Bestreben der Jade, nach Westen zu wandern, Einhalt gebieten.

Der Hauptdamm hatte zunächst die Aufgabe, die verschiedenen auf Minsener Oog vorhandenen Priele abzuschließen und zu verhindern, daß durch die Einschnürung der Blauen Balje und begünstigt durch den Stau vor der Buhne A ein neues Seegatt auf Minsener Oog durchbrach. Nach einer zunächst geplanten Durchdämmung der Blauen Balje sollte der Hauptdamm in Verbindung mit den von Wangerooge vorgezogenen Dünen den Hauptzugang zur Insel über einen auf Minsener Oog zu errichtenden Anleger bilden. Wegen der sehr starken Strömung in der Blauen Balje erschien die Durchdämmung zunächst als unausführbar und sollte einem späteren Zeitpunkt vorbehalten bleiben.

Die Baumaßnahmen wurden im Jahre 1913 abgeschlossen. In diesen Jahren ist in dem herzustellenden Fahrwasser noch nicht gebaggert worden, weil man zunächst abwarten wollte, wieweit die durch die Bühnen hervorgerufene Stromverstärkung selbststräumend wirken würde.

Die Bauwerke waren jedoch in ihren Abmessungen noch nicht den Angriffen der See genügend gewachsen und befriedigten auch nicht in ihren Wirkungen. Für 1914 waren daher weitere Maßnahmen vorgesehen, um sie zu verstärken, zu erhöhen und teilweise zu verlängern. Infolge des Krieges konnten diese Arbeiten jedoch nur in beschränktem Maße durchgeführt werden. Es gelang aber, die Strombauwerke gut zu unterhalten und auch an den gefährdeten Stellen, namentlich durch Sinkstücke, zu schützen und zu verstärken.

3.3.2 Erweiterter Ausbau des Leitwerks Minsener Oog

In den Jahren 1917 bis 1918 wurde der heute fast völlig zerstörte Anleger erbaut, der mit einer Länge von rd. 540 m vom Hauptdamm nach Süden abzweigt (Abb. 2).

In den Jahren nach dem ersten Weltkrieg wurde die bereits 1917 geplante Verlängerung der Buhne A mit Sinkstücken und Packwerk ausgeführt. Diese Verlängerung der Buhne hatte, wie beabsichtigt, eine erhebliche Stromverstärkung vor Kopf zur Folge. Der Bühnenkopf wurde deshalb in den Jahren 1922/23 mit eisernen Senkkästen gesichert, die zunächst mit Baggersand ausgefüllt waren, später ausbetoniert wurden.

Die Köpfe des Hauptdammes auf Minsener Oog und auf Wangerooge wurden durch Sinkstücke verstärkt und gesichert, ebenso der Kopf der Buhne C.

Am Hauptdamm auf Minsener Oog war es durch das Heranwandern der Minsener Balje wiederholt zu Durchbrüchen gekommen, die jedoch meist sofort wieder geschlossen werden konnten, bevor größere Schäden an den Bauwerken auftraten. Um weiter Durchbrüche zu verhindern, wurden in den Jahren 1918 bis 1926 vier Stichbühnen am Hauptdamm errichtet. Bei zwei Bühnen wurde erstmalig die reine Buschbauweise verlassen und eine Bauweise mit Sinkstückunterlage, Steinschüttung und Blockabdeckung gewählt.

Als das Fahrwasser in der Alten Jade immer flacher wurde und sich ganz zu schließen drohte, entschloß sich die Marine zu einem weiteren Ausbau des Leitwerksystems auf Minsener Oog. Neben einer Erhöhung der Buhne A auf 0,5 m über MThw wurde zu ihrer Sicherung die Buhne B, von der Mitte der Buhne A nach NO gehend, errichtet, nachdem sich infolge der Stromverstärkung vor dem Kopf der Buhne A eine örtliche Vertiefung größeren Ausmaßes herausgebildet hatte (Abb. 2).

Als größere Neubaumaßnahme erfolgte im Jahre 1936 der Bau des Süddammes, der notwendig geworden war, um den Abbruch des Strandes auf der Südseite von Minsener Oog zu verhindern. Gleichzeitig sollte der Süddamm bei einer Durchdämmung der Blauen Balje, die, wie aus den vorhandenen Unterlagen hervorgeht, auch im Jahre 1937 noch nicht endgültig aufgegeben war, die *Legde* festlegen. Diese hätte dann als neues Seegatt einen Teil der vorher durch die Blaue Balje ein- und ausströmenden Wassermenge aufnehmen müssen und damit eine erheblich größere Wasserführung als bisher erhalten.

3.3.3 Ausbau des Jedefahrwassers nach 1945

Als nach Ende des zweiten Weltkrieges die Besatzungsmacht begann, alle militärischen Anlagen des Kriegshafens Wilhelmshaven zu demontieren bzw. zu zerstören, sollte auch das Fahrwasser durch Zerstörung der Strombauwerke auf Minsener Oog unbrauchbar gemacht werden. Zu diesem Zwecke ließ die Besatzungsmacht im Jahre 1946 in den Hauptdamm und in die Buhne A Lücken sprengen in der Annahme, daß Sturm und Seegang das Zerstörungswerk vollenden würden. Trotz erheblichen Munitionsaufwands — nach Aussagen ehemaliger Strombauangehöriger sollen an jeder Sprengstelle 50 Wasserbomben zur Detonation gebracht worden sein — waren die Schäden zunächst verhältnismäßig gering und hätten mit wenig Aufwand beseitigt werden können, wenn die Besatzungsmacht nicht verboten hätte, die Insel zu betreten. So waren die Anlagen auf Minsener Oog in den nachfolgenden Jahren einer fortschreitenden Zerstörung durch die Naturgewalten ausgesetzt, zumal sie schon während des Krieges infolge mangelnder Unterhaltung stark geschwächt waren. Besonders verhängnisvoll wirkte sich die Sprengung am Hauptdammkopf aus. Der durch den Hauptdamm auf Wangerooge und Minsener Oog ohnehin stark eingeeengte Flut- und Ebbestrom setzte sofort durch die Sprenglücke und erweiterte sie immer mehr. Die Lücke war von 1946 bis 1951 von 20 m auf 110 m Breite angewachsen. Im Herbst 1955 hatte sich der Durchbruch nach beiden Seiten auf rund 500 m erweitert. Gleichzeitig mit der Zerstörung des Hauptdammes ging auch der Verfall der Stichbuhnen vor sich, die zum Teil bis auf die Bühnenwurzel zerstört wurden. Der durch die Sprengung verursachte Durchbruch bei der Buhne A hatte sich ebenfalls in den Jahren von 1946 bis 1951 von 25 m auf rund 100 m Breite erweitert. Es bestand die Gefahr, daß der am Hauptdamm entlang laufende Priel durch den Durchbruch hindurch bis zur Old-Oog-Rinne vorwandern und die Insel in 2 Teile trennen würde. Die Buhne B ist auf den letzten 100 m vor dem in Schüttsteinbauweise mit Betonklötzen hergestellten Kopf vollständig zerstört worden, während die Buhne C, das kürzeste Hauptbauwerk, nur geringe Schäden erlitt.

Ebenfalls verhältnismäßig gut hat sich der Süddamm gehalten; man muß jedoch berücksichtigen, daß er erst im Jahre 1936 erbaut wurde und auch der Angriff der See auf der Wattseite nicht so stark war wie beim Hauptdamm oder bei Buhne A.

Der im Jahre 1917/18 erbaute Anleger in der südlichen Verlängerung der Buhne A wurde durch das Heranwandern der Legde und der Minsener Balje am Kopf unterspült und mußte auf etwa 100 m Länge abgebaut werden. Der rückwärtige Teil des Anlegers wurde durch Sturm, Seegang und vor allem durch Eisgang weitgehendst zerstört. Aber auch auf den Strecken der

Strombauwerke, wo keine Zerstörungen aus besonderem Anlaß eingetreten sind, hat sich die im Kriege nur mangelhaft durchgeführte und in den ersten Nachkriegsjahren ganz fehlende Unterhaltung verheerend ausgewirkt.

Wie zu erwarten war, hat die Sprengung und die anschließend immer weiter um sich greifende Zerstörung des Hauptdammes zu einer Vertiefung im Gebiet des zerstörten Hauptdammes geführt. Die Buhne A wirkte nun als Schöpfbuhne und trieb das Wasser bei Flut durch die Blaue Balje und die Minsener Balje, die ihrerseits die Zerstörung an den Stichbuhnen fortsetzte. Bei Ebbe strömte das Wasser durch die eigentliche Blaue Balje — verbreitert um die Sprenglücke — verstärkt ab und nahm auch den zwischen dem Hauptdamm und der Buhne A lagernden Sand zum großen Teil fort. Es bildeten sich neue Sände auf der Barre, und es fanden Eintreibungen in die Fahrrinne statt. Das Wangerooger Fahrwasser verwilderte.

Nachdem die Besatzungsmacht im Jahre 1954 das Betretungsverbot für die Insel Minsener Oog aufgehoben hatte, ging man daran, die Schäden an den Anlagen auf Minsener Oog wieder auszubessern. Die ersten Instandsetzungen an der Buhne A wurden aber durch Sturmfluten vom 22./23. 12. 1954 und vom 12./13. 1. 1955 wieder zunichte gemacht.

In diesen Jahren war der Bedarf an Mineralöl in der Bundesrepublik derart stark angestiegen, daß zum Transport des Rohöls von der Nordsee bis zum Ruhrgebiet der Bau einer Rohölleitung als wirtschaftlichste Lösung vorgesehen wurde. Bei der Wahl des Ausgangspunktes dieser Rohölleitung fiel die Wahl auf Wilhelmshaven, da das Fahrwasser der Jade die günstigsten natürlichen Voraussetzungen für den Verkehr von Tankern bis 100 000 tdw Tragfähigkeit bot. Vor der Zerstörung der Regulierungsbauwerke auf Minsener Oog war auf der Jade bereits ein durchgehendes Fahrwasser von 11 m unter SKN in Verbindung mit Baggerungen geschaffen worden. Obwohl seit 1942 nicht mehr im Fahrwasser gebaggert worden war und auch die Anlagen auf Minsener Oog noch nicht wiederhergestellt werden konnten, war noch 1957 eine Tiefe vorhanden, die es erlaubte, mit Tankern bis etwa 36 000 dtw unter Ausnutzung der Tide bis zur geplanten Löschbrücke vor Wilhelmshaven fahren zu können. Eine weitere Vertiefung des Fahrwassers ließ sich nach den vorliegenden Erfahrungen ohne weiteres erreichen und auch mit relativ geringem Aufwand aufrechterhalten.

So wurde im Jahre 1957 begonnen, das Fahrwasser der Jade auf 12 m unter SKN mit Baggerungen zu vertiefen. Gleichzeitig wurden auch die Instandsetzungsarbeiten an den Buhnen auf Minsener Oog in Angriff genommen. Diese Arbeiten konnten jedoch nur in beschränktem Umfang durchgezogen werden, da die auf das Herstellen einer 12 m tiefen und 300 m breiten Fahrrinne zielenden Bemühungen sich in erster Linie auf die Baggerungen beschränken mußten. Die Lücke im Hauptdamm auf Minsener Oog konnte deshalb bis heute noch nicht geschlossen werden und hat sich im Gegenteil noch erweitert.

Trotzdem gelang es, das Fahrwasser auf 12 m und weiter auf 13 m unter SKN zu vertiefen. Da sich die neu geschaffene Fahrrinne nach den bisherigen Beobachtungen gut gehalten hat, sind bereits die Arbeiten angelaufen, das Fahrwasser auf 17 m zu vertiefen.

4. Entwicklung des Schiffsverkehrs

4.1 Schiffsverkehr auf der Ems

Die Bedeutung der Emsmündung als Seeschiffahrtstraße läßt sich bis ins frühe Mittelalter verfolgen. Schon im 10. oder 11. Jahrhundert entstand an einer nach Norden einbuchtenden Emsschleife eine Fischersiedlung. Da die Strommündung für die Segelschiffahrt eine vorzügliche Eignung hatte, herauf bis zu der geschützten Flußschleife, konnte sich, selbstverständlich

begünstigt auch durch andere Umstände, hier ein Hafen entwickeln, der bald eine gewisse Rolle im Nordseegebiet spielen konnte. Bis zum 16. Jahrhundert erreichte der Hafen Emden den Höhepunkt seiner ersten Entwicklungsperiode. Begünstigt durch die politischen Verhältnisse der damaligen Zeit entwickelte sich Emden für eine kurze Zeitspanne zu einem der führenden Häfen Nordwesteuropas. Die Ems, die Verbindung dieses tätigen Hafens mit der See, galt damals als sicherster Strom an der Nordseeküste.

Die Entwicklung der Emsschifffahrt wurde entscheidend geändert, als bei der Sturmflut von 1509 die alte Halbinsel südlich des Dorfes *Nesse* durchbrochen und somit die Emschleife vor dem Hafen abgeschnitten wurde. Die danach eintretende Verschlickung der Emschleife bewirkte im 17. Jahrhundert einen schnellen Rückgang der Schifffahrt auf der Ems. Versuche, mit bautechnischen Maßnahmen die Fahrwasserverhältnisse zu beeinflussen (siehe Abschn. 2.1), konnten den Niedergang nicht aufhalten. Die Verschlickung der Emsschleife nahm zu, die neue Emssrinne vertiefte sich, die Zufahrt zum Hafen Emden wurde zusehends schlechter.

Von diesem Rückschlag hat sich Emden bis zum Ende des 19. Jahrhunderts nicht erholt, d. h. bis zu der Zeit als es möglich wurde, mit technischen Mitteln die Fahrwasserverhältnisse nachhaltig zu beeinflussen. An dem Rückgang Emdens konnten auch politisch zeitweise günstige Umstände nichts mehr ändern. Die Maßnahmen des Großen Kurfürsten Ende des 17. Jahrhunderts waren von geringer Auswirkung und kurzer Dauer, und das gleiche gilt für den Versuch Preußens, Mitte des 18. Jahrhunderts Emden wieder zum Ausgangspunkt eines ausgedehnten Handels zu machen. Die Tatsache, daß der Hafen für die Seeschiffe, die inzwischen größer und tiefergehend geworden waren, nur noch bei günstigen Windverhältnissen und Leichterung eines Teiles der Ladung zugänglich war, blieb entscheidend. Eine Wende trat auch dann nicht ein, als der Hafen Mitte des 19. Jahrhunderts — in der Hannoverschen Zeit — über eine durch die Insel *Nesserland* bis an die Ems heranführende Fahrrinne eine neue Zufahrt erhalten hatte. Die Wassertiefen in der Ems oberhalb der *Knock*, rund 10 km unterhalb der neuen Hafeneinmündung, genügten den damaligen Ansprüchen schon nicht mehr.

Erst die Verbesserung der Fahrwasserverhältnisse durch die strombaulichen Maßnahmen in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts und der Ausbau eines neuen Seehafens Emden bewirkten wieder einen Aufschwung des Schiffsverkehrs. Allerdings blieb auch dann das Ziel, den neuen Emdener Hafen an den Welthandel anzuschließen, zunächst unerfüllt. Der Vorsprung, den andere Häfen an den Strommündungen der Nordsee bereits erreicht hatten, war nicht mehr einzuholen.

Die entscheidende Wende für Emden und die Emsschifffahrt brachte in den 90er Jahren der Anschluß des Hafens Emden an das rheinisch-westfälische Industriegebiet durch den Bau des *Dortmund-Ems-Kanals*. Der sich nun rasch entwickelnde Verkehr betraf hauptsächlich Massengüter wie Erz und Kohle. Im Jahre 1913 betrug der Jahresumschlag 3,2 Mill. t im Jahr, um bis zum Jahre 1937 auf 8,0 Mill. t anzusteigen (Abb. 23). Dieser Verkehr wurde mit Seeschiffen betrieben, deren Tiefgänge nur ausnahmsweise bis zu 29' (= 8,85 m) betrugen, wofür die Seewasserstraße inzwischen ausgebaut war. Nach dem zweiten Weltkrieg erholte sich der zunächst geringe Schiffsverkehr nach einigen Jahren wieder und erreichte bereits 1956 den Umfang von 1933. Der danach erfolgte Ausbau des Emdener Fahrwassers auf 8,50 m unter SKN bewirkte ein weiteres Ansteigen des Schiffsverkehrs, der im Jahre 1964 13 Mill. t Güterumschlag erreichte. Ob diese Verkehrsziffern gehalten oder noch gesteigert werden können, wird davon abhängen, ob es gelingt, das Fahrwasser der Ems weiter zu verbessern und zu vertiefen.

Außer dem Hafen Emden bildet die Seeschiffahrtstraße Ems noch den Zugang von See zu den deutschen Häfen *Leer* und *Papenburg* sowie dem niederländischen Hafen *Delfzijl*. Die Schifffahrt nach *Delfzijl* muß wegen der Verflachung des Nordausganges der *Bucht von Watum*

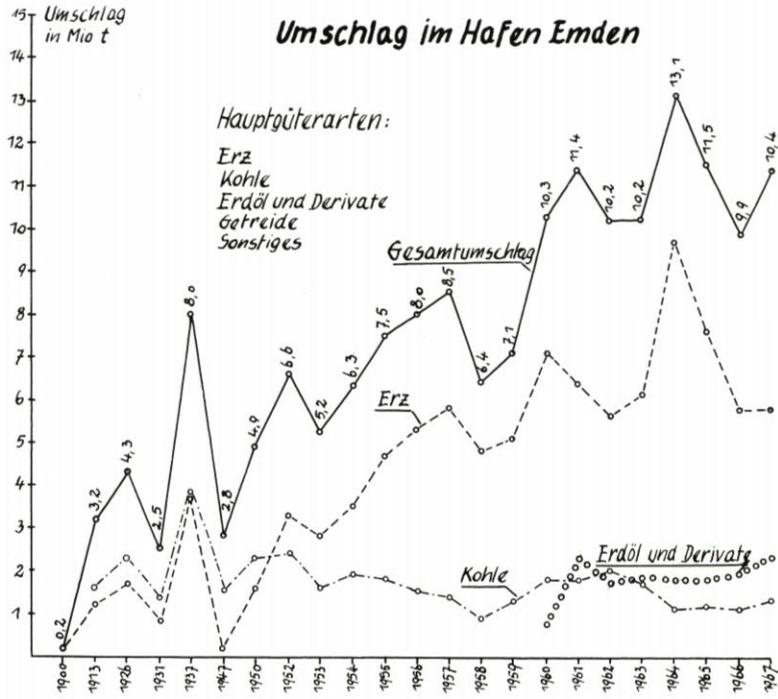


Abb. 23

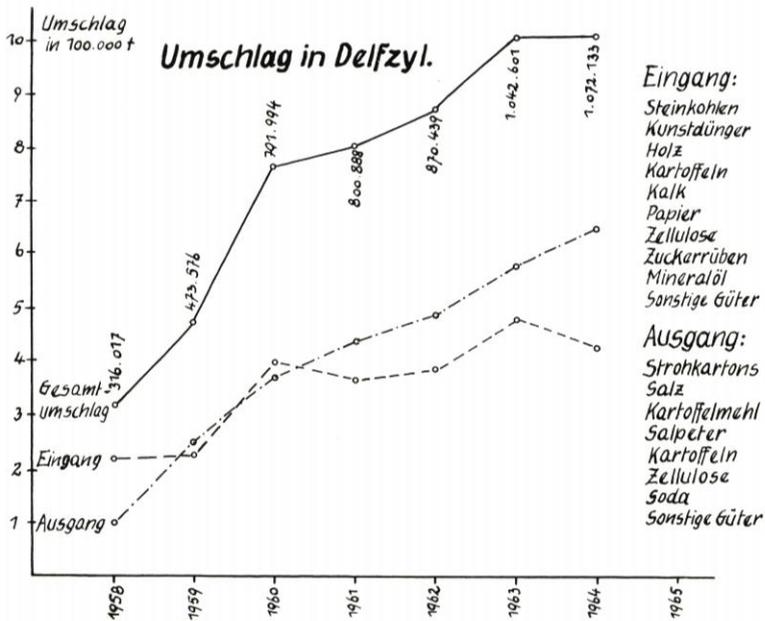


Abb. 24

(Abb. 1) ebenfalls den Weg über das Ostfriesische Gatlje wählen, von dem aus sie östlich um den Paapsand herum über die Bucht von Watum den Hafen Delfzijl von Osten her ansteuert.

Die Entstehung Delfzijls datiert aus der zweiten Hälfte des 13. Jahrhunderts, als Mönche zur Regulierung der Wasserstände in dem Flüßchen „Delf“ ein Siel bauten. Gleichzeitig entstand eine Niederlassung, die durch ihre strategische Lage zu einer Festungs- und Hafenstadt aufblühte und oft die Ursache kriegerischer Auseinandersetzungen war. Weil bis vor etwa 100 Jahren ein Hinterland von einiger Bedeutung fehlte, behielt Delfzijl jahrhundertlang

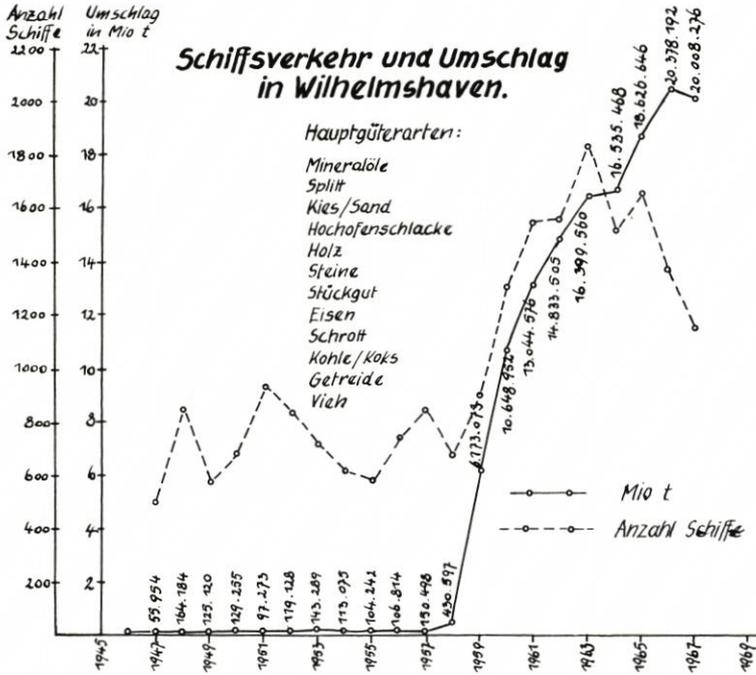


Abb. 25

ungefähr dieselbe Größe. Erst als der Hafen in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts durch den Bau des Emskanales (1876) und einer Eisenbahnlinie nach Groningen (1884) mit dem Hinterland verbunden wurde, entwickelte er sich nachhaltig. Der erste Weltkrieg brachte auch für Delfzijl einen ersten Stillstand. Die gesamte Seeschifffahrt über die Nordsee mußte stillgelegt werden. In den letzten Kriegsjahren blühte wohl eine intensivere Ostseeschifffahrt auf, da diese zeitweilig ohne größere Gefahren durchzuführen war; mit dem Ende des Krieges ging sie wieder ein.

Nach dem Kriege setzte ein harter Existenzkampf Delfzijls ein, da sich der Export aus seinem Hinterland auf andere Häfen verlagert hatte. Nur mühsam entwickelten sich Schiffsverbindungen mit England, die für die Zukunft gute Aussichten versprachen, als der zweite Weltkrieg wieder einen Strich durch die Rechnung machte. Es hat danach vieler Anstrengungen bedurft, um die Seeschifffahrt wieder aufzubauen. In stetiger Entwicklung konnte der Seehafen Delfzijl schließlich in den Jahren 1963/64 über eine Mill. t umschlagen (Abb. 24).

Die Größe der den Seehafen Delfzijl anlaufenden Schiffe wird z. Z. durch eine sich im Fahrwasser zum Hafen Delfzijl immer wieder bildende Barre bestimmt. Nur durch ständige Baggerungen wird das Anlaufen des Hafens durch Schiffe bis zu 10 000 t ermöglicht. Auch

die Lage der heutigen Hafeneinfahrt ist nicht vorteilhaft. Bei Sturm aus West bis Nordwest tritt in einem großen Teil des Hafens eine lästige Dünung auf. Die Einfahrt zwischen den Hafentmolen ist zu schmal und die Fahrrinne zu gewunden, so daß die Navigation schwierig ist.

Die Zukunft des Hafens Delfzijl wird im wesentlichen davon abhängen, ob es gelingt, eine günstigere Verbindung des Hafens Delfzijl mit dem Hauptfahrwasser der Ems zustande zu bringen.

4.2 Schiffsverkehr auf der Jade

Einen anderen Verlauf nahm die Entwicklung der Schifffahrt auf der Jade. Wie im Abschn. 3.2 beschrieben, hatte die Jade bis Mitte des vorigen Jahrhunderts keine nennenswerte Bedeutung als Seewasserstraße erlangen können. Die wenigen Güter, die mit Handelsschiffen angeliefert wurden, dienten fast ausschließlich der Befriedigung der lokalen Bedürfnisse. Auch der Bau des Marinehafens Wilhelmshaven brachte keine wesentliche Änderung. Nach der Zerstörung der Hafenanlagen von Wilhelmshaven durch die Besatzungsmächte nach dem zweiten Weltkrieg blieb nur ein kleiner Teil des Hafens benutzbar, wovon etwa eine Strecke von 1 km Länge für den Umschlag aus See- und Binnenschiffen geeignet war. Der Umschlag im Hafen Wilhelmshaven konnte deshalb jahrelang die Grenze von 100 000 t nur wenig überschreiten (Abb. 25).

Erst der Bau der Ölumschlagsanlage in Wilhelmshaven führte zu einem raschen Ansteigen des Schiffsverkehrs auf der Jade, weniger nach Zahl als nach der Größe der Schiffe. Bereits 1960 hatte Wilhelmshaven den Gesamtumschlag Emdens erreicht und hat ihn heute um mehr als das Doppelte übertroffen, wobei allerdings das Mineralöl mit 98 % ausschlaggebend war. Wilhelmshaven ist zum bedeutendsten deutschen Ölhafen geworden. Die Bedeutung der Jade gegenüber den anderen Strommündungen der Nordsee besteht vor allem darin, daß sie schon heute über Wassertiefen verfügt, die die Benutzung durch 90 000-t-Tanker zulassen. Eine weitere Vertiefung eröffnet der Jade hinsichtlich der Großschifffahrt für die Zukunft unter den deutschen Häfen die günstigsten Aussichten.

Schriftenverzeichnis

1. BACKHAUS, Heinrich: Die natürliche Entwicklung der Ostfriesischen Inseln. Abh. des Naturwissenschaftlichen Vereins zu Bremen, XXX, H. 1/2 (1937).
2. BREUER, Hubert: Dollart und Ems – Die Folgen der Dollartbildung für das Gebiet der unteren Ems. Jahrbuch der Gesellschaft für bildende Kunst und vaterländische Altertümer zu Emden (1965).
3. FREDE, Georg: Die Arbeiten zur Verbesserung des Fahrwassers der Jade. Jahrbuch der hafentechnischen Gesellschaft, Bd. 16 (1937/38).
4. GÄHRS, Johannes, HINZ, Joh.: Eindeichungsarbeiten westlich vom Emdener Außenhafen. Die Bautechnik, Jahrg. 1924, Heft 37.
5. GAYE, J., WALTHER, Fr.: Die Wanderung der Sandriffe vor den ostfriesischen Inseln. Die Bautechnik, Jahrg. 1935, Heft 41.
6. GÖHREN, Harald: Beitrag zur Morphologie der Jade und Wesermündung. Die Küste, Jahrg. 13 (1965).
7. HIRSCH, Arnold: Die Regulierung der unteren Ems an der Knock. Die Bautechnik, Jahrg. 1938, Heft 53/54.
8. KRAWCZYNSKI, Helmut: Entwicklung und Unterhaltung des Jedefahrwassers. Unveröffentlichte Untersuchung des Wasser- und Schifffahrtsamtes Wilhelmshaven (1955).
9. KRÜGER, Wilhelm: Die Entwicklung der Harlebucht und ihr Einfluß auf die Außenjade. Sonderdruck aus dem Jahrbuch der hafentechnischen Gesellschaft, Band 16 (1937/38).

10. KRÜGER, Wilhelm: Die Jade, das Fahrwasser Wilhelmshavens, ihre Entstehung und ihr Zustand. Sonderdruck aus dem Jahrbuch der hafenbautechnischen Gesellschaft, Band 4 (1921).
11. LANG, A. W.: Untersuchung zur morphologischen Entwicklung des Emsmündungstrichters von der Mitte des 16. Jahrhunderts bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts. Unveröffentlichte kartographische Untersuchung im Auftrage des Wasser- und Schiffsamtes Emden.
12. LANG, A. W.: Untersuchung zum Gestaltungswandel des Emsmündungstrichters von der Mitte des 16. Jahrhunderts bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts. Unveröffentlichte Untersuchung im Planarchiv des Wasser- und Schiffsamtes Emden (1954).
13. LANG, A. W.: Untersuchungen über die Entwicklung des Raumes Minsener Oog. Unveröffentlichte Gutachten im Auftrage des Wasser- und Schiffsamtes Wilhelmshaven (1960).
14. MAAS, J. VAN DER: Delfzijl, ein Entwicklungskern auf der Grenze von Land und Wasser. Holländische Zeitschrift „Land en Water“, Jahrg. 1961, Heft Nr. 2 und 4.
15. NIEBUHR, Wulff: Über die neuere Entwicklung der Außenems und ihre vermutliche Ursache. Die Küste, Jg. 1, H. 1 (1952).
16. RAMACHER, Heinz: Ein Überblick über die geschichtliche Entwicklung, den jetzigen Zustand und die geplanten Regulierungsmaßnahmen an der unteren Emsmündung. Unveröffentlichter Vortrag zur Tagung der höheren wasserbautechnischen Beamten auf Wangerooge (1951). Archiv des WSA Emden.
17. RAMACHER, Heinz: Die Ems unterhalb Pogum, die natürliche Entwicklung des Emsgebietes. Unveröffentlichte Untersuchung des Wasser- und Schiffsamtes Emden (1952).
18. SCHÜTTE, Heinr.: Das Alluvium des Jade-Weser-Gebietes. Oldenburg (1935).
19. WAIBEL, Hans Heinz: Die Strombauwerke auf der Wattinsel Minsener Oog. Unveröffentlichte Untersuchung des Wasser- und Schiffsamtes Wilhelmshaven (1956).
20. WEGNER, Hartwig: Die Schiffsstraßen von Emden zur See und zum Ruhrgebiet. Hansa, Handbuch für Hafenbau und Umschlagstechnik, 98. Jahrg. (1961).
21. WEGNER, Hartwig: Forderungen und Möglichkeiten beim Ausbau der Seeschiffsstraßen zu den deutschen Nordseehäfen. Hansa, Handbuch für Hafenbau und Umschlagstechnik, 103. Jahrg. (1966).
22. WETZEL, Günther: Die Ems und der Emdener Hafen: Hansa, Handbuch für Hafenbau und Umschlagstechnik, 93. Jahrg. (1956).
23. WETZEL, Günther: Die Ems als Seeschiffsstraße. Hansa, Handbuch für Hafenbau und Umschlagstechnik, 95. Jahrg. (1958).
24. WETZEL, Günther: Die Ems und der Emdener Hafen. Hansa, Handbuch für Hafenbau und Umschlagstechnik, 99. Jahrg. (1962).
25. WOEBKEN, Carl: Die Entstehung des Dollart. Abh. und Vorträge zur Geschichte Ostfrieslands, Heft XXIV.
26. WOEBKEN, Carl: Die Entstehung des Jadebusens, Aurich 1934.

Die Schutzarbeiten auf den Ostfriesischen Inseln*)

Von Hans-Heinrich Witte

Summary

In the beginning author reports on the morphological development of the east-frisian islands Borkum, Juist, Norderney, Baltrum, Langeoog, Spiekeroog and Wangerooge. He proves the necessity of the island's bank defence. The reciprocity of the buildings of the island protection, the development of shoals and the strain of the buildings of coastal defence is interpreted. The efficacy of the island protection for the stability of the estuaries of Ems and Jade is discussed too. Further author reports on the natural protection of the islands (cultivation of dunes) as well as the artificial protection (construction of groynes and bank defences). This essay includes the time from the beginning of artificial island defence, about 100 years ago, to the present time.

Author describes the varieties of the different groyne- and bank-defence-constructions and their success or failure. Finally he reports on the beach embankment Norderney, representing an efficient method of dynamical island protection.

Inhalt

I. Einleitung	69
II. Situation	
1. Borkum	71
2. Juist	71
3. Norderney	73
4. Baltrum	74
5. Langeoog	75
6. Spiekeroog	76
7. Wangerooge	77
III. Die Notwendigkeit des Inselschutzes und seine Entwicklungsstufen	77
IV. Der natürliche Inselschutz	80
V. Der künstliche Inselschutz	85
1. Vorbemerkung	
2. Bühnen	
a) Bauweisen von 1815 bis 1925	86
b) Bauweisen von 1925 bis zur Gegenwart	90
c) Die Unterhaltung der Bauwerke	94
d) Kritik der Bauweisen und ihrer Wirkung	98
3. Uferparallele Dünenschutzwerke	
a) Der Bau von Dünenschutzwerken	100
b) Die Unterhaltung der Bauwerke	114
c) Kritik der Bauweisen und ihrer Wirkung	116
4. Strandaufspülung	118
VI. Zusammenfassung und Ausblick	119
VII. Schriftenverzeichnis und Bildnachweis	122

*) Anmerkung des Herausgebers: Der nachfolgende Aufsatz stellt einen Bilanzbericht über Schutzmaßnahmen an den Ostfriesischen Inseln von den Anfängen bis zur Gegenwart dar. Er stützt sich zum Teil auf die unveröffentlichten Bilanzberichte über den Küstenschutz auf den Inseln: Borkum (KATTENBUSCH 1950), Memmert, Juist, Norderney, Baltrum, Langeoog und Spiekeroog (THILO 1953), Wangerooge (LÜDERS 1951).

Der Verfasser ergänzt diese Berichte anhand neuer Erfahrungen und durch eigene kritische Betrachtungen.

I. Einleitung

Zwischen der Ems und der Jade liegt die Kette der Ostfriesischen Inseln Borkum, Juist, Norderney, Baltrum, Langeoog, Spiekeroog und Wangerooge¹⁾ (Abb. 1, siehe Anhang). Die Inselkette, eine Fortsetzung der Westfriesischen Inseln, bildet den nördlichen Abschluß eines 6 bis 10 km breiten Wattengürtels, der dem Festland an der ostfriesischen Küste vorgelagert ist. Die Küstenlinie verläuft von der Leybucht aus nordostwärts. Auch die Inseln sind von West nach Ost gesehen nordwärts gestaffelt.

Über die Lage und das Aussehen der Inseln geben historische Quellen erst ab Mitte des 16. Jahrhunderts Auskunft. Die Kette der Düneninseln war aber schon Jahrhunderte vorher vorhanden. Die Inseln sind alluviale Sandbildungen (Schwemmsandinseln ohne Festlandkern), sie haben seit ihrer Entstehung mannigfache Veränderungen durchgemacht²⁾. Die Sandinseln wurden zum Teil zerrissen, verlagert, zerstört und wieder neu gebildet. Beispiele hierfür sind der Untergang der kleinen Insel „Das alte Oog“ zwischen Spiekeroog und Wangerooge (9 und 20) und der Untergang der Insel „Buise“ kurz vor 1700. Die Wattinsel „Bant“³⁾, die in den morphologischen Zustandskarten der Emsmündung von 1720 noch eingetragen ist (35) und um 1780 aufgegeben werden mußte, ist ebenfalls zu nennen.

Außer den großen, meist durch die Gewalt verheerender Sturmfluten herbeigeführten Umbildungen sind aus kartographischen Untersuchungen Verlagerungen der Inseln nachweisbar, d. h. Abbruch an den Westköpfen und Anlandung an den Ostenden. BACKHAUS (4) ermittelte, daß etwa ab 1650 im Bereich der Strände die in Tabelle Nr. 1 eingetragenen Veränderungen eingetreten sind, die, obwohl nicht in jedem Fall exakt belegbar, doch einen Anhalt geben für den Umfang dieser Verlagerungen.

Tabelle 1
Veränderungen der Inseln am West- und Ostende

Insel	Abnahme am Westende (m)	Zunahme am Ostende (m)
Borkum	1200	2500
Juist	900	4100 ^{*)}
	Zunahme!	
Norderney	500	5000
Baltrum	4350	1400
Langeoog	900	550
	Zunahme!	
Spiekeroog	1400	6000
Wangerooge	2000	4200

*) LANG (35) wies eine Zunahme im Osten von rd. 5000 m nach.

Die zu Beginn des 19. Jahrhunderts einsetzende Entstehung von Memmert-Sand und die heute im Abtrag befindliche niederländische Insel Rottumeroog sind ähnliche, auf gleichen Ursachen beruhende Erscheinungen.

¹⁾ Die Inseln Memmert und Lütje Hörn, südlich von Juist, die sich erst später entwickelt haben, und die Strandinsel Minsener Oog, südostwärts von Wangerooge, auf der Strombauten für das Fahrwasser nach Wilhelmshaven gebaut worden sind, werden nicht behandelt.

²⁾ Eingehend berichtet u. a. BACKHAUS über die Entwicklung der Ostfriesischen Inseln (4).

³⁾ Bant lag zwischen Juist und dem Norderland.

Die Veränderungen der Inseln am West- und Ostende führten früher zu der Vorstellung einer West-Ost-Wanderung der Ostfriesischen Inseln. Heute kann mit Sicherheit angenommen werden, daß an der Küste und im Küstenvorfeld Kräfte wirksam sind, die für eine ständige Sandzufuhr sorgen, die aber auch gleichzeitig besonders die Westköpfe der Inseln angreifen. Auf Grund vieler Beobachtungen und der Auswertung von Einzelercheinungen an den Inselküsten ist die Sandzufuhr, der die Entstehung der Inselkette und ihre Erhaltung zu verdanken ist, einer nach Osten gerichteten Materialbewegung zuzuschreiben. Die Dynamik der Sandbewegung, die Transportrichtung und die Transportmenge haben nach heutigen Erkenntnissen ihre Ursache in den Tideströmungen, in den durch die überwiegend westlichen Winde erzeugten Triftströmungen, dem Seegang, der Brandung und schließlich auch den Corioliskräften⁴⁾.

Die genannten Kräfte und deren Wirkung, die zu kennen für einen erfolgversprechenden Inselchutz Voraussetzung ist, werden überlagert durch örtliche hydraulische Vorgänge in den Seegaten.

Während die Sandwanderung an den Nordstränden der Ostfriesischen Inseln ziemlich regelmäßig in West-Ost-Richtung verläuft, wird die küstenparallele Materialbewegung vor den Seegaten (Lücken zwischen den Inseln) durch die starken Strömungen in den tiefen Rinnen der Seegaten gestört, es kommt zur Bildung von Platen und Riffbögen⁵⁾. Durch die engen Seegaten wird das Wattengebiet⁶⁾ zwischen den Inseln und der Festlandküste durch den Flutstrom gefüllt und nach Kenterung wieder entleert. Zu jedem Seegat gehört ein Flutspeicherraum im Wattengebiet, dessen westliche und östliche Grenzen durch Wasserscheiden, die sogenannten „Hohen“, getrennt sind. Hierbei ist es für die Westköpfe der Inseln von Bedeutung, ob der Flutspeicherraum westlich oder ostwärts des Seegats überwiegt, denn entsprechend verläuft die Strömungsrichtung im Seegat. Die Strömungsrichtung und die Strömungsstärke im Seegat wiederum bestimmen sowohl die Größe der seeseitigen Ausbuchtung der Riffbögen und damit die für jede Insel wesentliche Lage des Bogen-Ansandungsbereiches am Strand als auch das Ausmaß der vorher beschriebenen Abbrüche an den Westköpfen der Inseln.

Neben diesen Vorgängen sind für die Inselbildung und für die Erhaltung des Strandes und der Dünen die Sandbestäubung und die Vegetation von Bedeutung.

Das Problem der Sandbewegung ist noch nicht restlos gedeutet. Ungewißheit herrscht unter anderem noch darüber, welche Kräfte überwiegend die Sandbewegung beeinflussen, wie die Bewegungsweise des Sandes – besonders in den Riffbögen – vor sich geht, ob der Sandtransport nur entlang den Inseln stattfindet oder ob auch ein Transport aus der freien See anzunehmen ist (39). Die Bedeutung dieser Vorgänge für den ganzen Küstenraum veranlaßte die Deutsche Forschungsgemeinschaft, in ihrem Schwerpunktprogramm „Sandbewegung im deutschen Küstenraum“ die Sandbewegung auf breiter Grundlage zu erforschen. Im Rahmen des Schwerpunktprogramms sind für den Bereich der Ostfriesischen Inseln zwei von der Forschungsgemeinschaft geförderte Untersuchungen im Gange, die weitere Aufschlüsse über die Sandbewegung vor den Seegaten und über die Bewegungsvorgänge in den Riffbögen erwarten lassen⁷⁾.

⁴⁾ Die Corioliskräfte erzeugen auf der nördlichen Erdhalbkugel eine Rechtsablenkung aller Strömungen.

⁵⁾ Siehe GAYE/WALTHER, „Die Wanderung der Sandriffe vor den Ostfriesischen Inseln“ (10).

⁶⁾ Unter „Watt“ ist das bei mittlerem Tideniedrigwasser (MTnw) trockenfallende, bei mittlerem Tidehochwasser (MThw) überflutete Gebiet zu verstehen.

⁷⁾ LUCK, Unterwasserfernsehen im Seegebiet von Norderney und KATTENBUSCH, Serienbefliegung der Riffbögen vor den Ostfriesischen Inseln.

II. Situation

1. Borkum

Borkum ist durch seine Lage an der Emsmündung seit je besonders starken Angriffen ausgesetzt. Im Laufe der Jahrhunderte sind die Ausmündungen der Ems in die freie See vielen Veränderungen unterworfen gewesen, die sich auf die Insel Borkum auswirkten. Bedeutung für die mit der Tide ein- und ausströmenden Wassermengen haben die Westerems, die Borkum tangential berührt, und das Hubertgat, das frontal auf die Insel zuläuft. Die Osterems, östlich von Borkum, kann für die Situation der Insel außer Betracht bleiben, denn sie ist kein Mündungstrichter der Ems, sondern das Seegat für das Juister Wattengebiet⁸⁾.

Für Borkum ist das große Sandbankgebiet, dessen äußerer Teil das Borkum-Riff heißt, von Bedeutung. Durch den von West nach Ost gerichteten Küstenstrom kommen mittransportierte Sandmengen zum Teil am Hohen Riff, einer nordwestlich vor Borkum gelegenen, bei Niedrigwasser trockenfallenden Sandbank, zur Ablagerung. Sobald das Hohe Riff eine gewisse Ausdehnung und Höhe erreicht hat, werden durch Seegang und Brandung aufgewühlte Teile des Riffee von dem Flutstrom teils ostwärts, teils auf den Strand weiterbefördert.

Das Heranwandern des Sandes zum Strand hin geschieht – wie auch auf den übrigen Ostfriesischen Inseln – in der Hauptsache in zusammenhängenden Riffen. Vor den inselwärts wandernden Riffen befinden sich gewöhnlich Flut- und Ebberinnen, die sich infolge der Riffwanderung auf den Strand zu verlagern und sich zu mehr oder minder tiefen und gefährlichen Strandgatjen oder Strandprieln entwickeln können. Eine solche Situation führte 1933 vor der Anlandung des „Borkum Platje“ zu dem Bau von Unterwasserbuhnen, über die noch berichtet wird.

Seit etwa 1964 sind in diesem Gebiet wieder Veränderungen erkennbar, die möglicherweise auf eine weitere Riffanlandung schließen lassen (Abb. 2).

2. Juist

Die Insel ist im Laufe der letzten 200 Jahre im Osten sehr stark angelandet. Die Ursache hierfür dürfte das Verschwinden der Insel Buise sein, die von zwei Stromrinnen, dem „Busegat“ und der „Norderney“ (das spätere „Norderneyer Seegat“), umklammert und „zermahlen“ (10) wurde und um 1690 unterging.

Juist ist eine der wenigen Ostfriesischen Inseln, die im Westen seit langer Zeit keinen Abbruch gehabt hat, sondern sogar Anlandungen erfuhr. Der Grund hierfür liegt in der günstigen Gestaltung der Osterems, des der Insel zugehörigen Seegats. Das Seegat Osterems hat verhältnismäßig geringe und sich über einen großen Querschnitt verteilende Tideströmung, wodurch der vom Juister Riff ostwärts verfrachtete Sand bereits vor dem Westkopf der Insel und nicht – wie bei den östlich anschließenden Inseln – weiter östlich abgelagert wird. Die bei Sturmfluten entstehenden Abbrüche am Strand und an den Dünen können hierdurch immer wieder ausgeglichen werden.

Wie auf allen Ostfriesischen Inseln haben die Sturmfluten auch auf Juist in der Vergangenheit verheerend gewirkt. Besonders die Fluten im 18. und zu Beginn des 19. Jahrhunderts zerstörten wiederholt die Siedlungen mit ihren Kirchen, verursachten Einbrüche am Nordstrand

⁸⁾ Ausführlich wird hierüber in diesem Heft in dem Aufsatz „Ems und Jade“ berichtet.

Nach der schweren Februarsturmflut 1825 erholte sich der Nordstrand verhältnismäßig schnell. Ab 1901 setzte ein Dünenabbruch am Nordstrand ein. Ursache dieser Strandabnahme war vermutlich ein nach Osten vorbeiwanderndes Riff mit Begleiterscheinungen, wie sie bereits bei Borkum erwähnt wurden. Es ist verständlich, daß diese Situation an die Gefahren der früheren schweren Fluten erinnerte und zu Schutzmaßnahmen Veranlassung gab. Die Strandverluste wurden bald wieder aufgefüllt. Seitdem ist der Juister Strand wieder ausreichend mit Sand versorgt (Abb. 3).

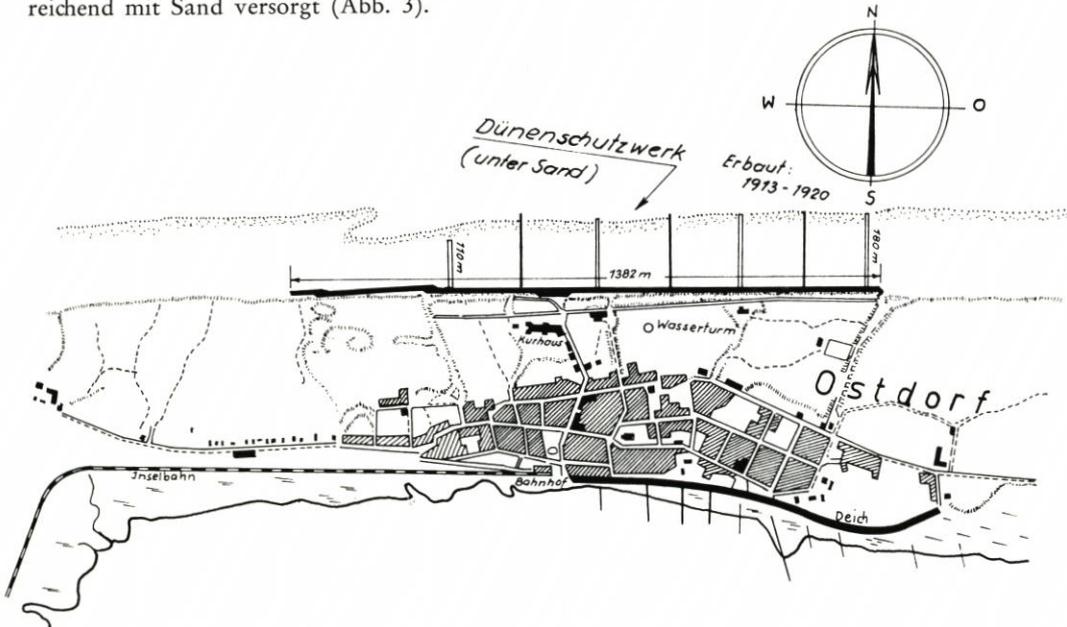


Abb. 3. Schutzwerke auf der Insel Juist

3. Norderney

Norderney war noch bis etwa 1820 eine Insel, deren Westkopf gut mit Sand versorgt wurde. Bald danach begannen jedoch die Abbrüche am West- und Nordwestkopf. Die Tendenz hält noch an.

Der Grund für diese Entwicklung liegt in der Veränderung und völligen Umgestaltung des Seegebietes zwischen Juist und Norderney, die durch den Abtrag der Insel Buisé eingeleitet wurde.

Buisé, zwischen Juist und Norderney gelegen, hat etwa von 1690 an als dünentragende Insel aufgehört zu existieren. Als Plate bestand sie noch eine Zeit fort. Das trichterförmig sich nach Westen stark erweiternde Juister Watt, das hinsichtlich des Inselschutzproblems als zu Norderney gehörig betrachtet werden muß, hatte um 1700 noch drei voneinander getrennte Gaten: Das am weitesten westlich gelegene Kalfamergat, das Busetief, hier zum Unterschied des heutigen Busetiefs besser Busegat genannt, und die „Norderney“ oder auch „Norder Diep“. Zwischen dem Norderneyer Gat und dem Busegat lag die Sandbank „der Buse“. Anhaltende West-Ost-Sandvertriftung, verbunden mit der Ostausdehnung der Insel Juist, führten zur Versandung des Kalfamergats und des Busegats, das nach Nordwest gerichtet war. Schließlich verschwand das Busegat vollständig, und sein wattseitiger Teil, das Busetief, fand Anschluß an das jetzige Norderneyer Seegat.

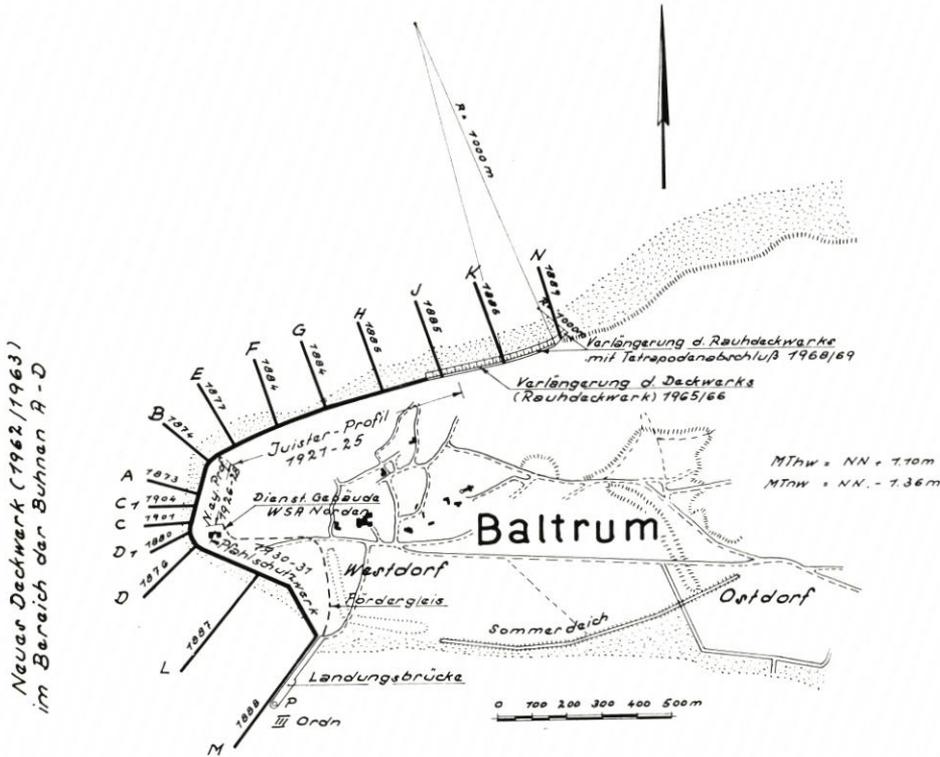


Abb. 5. Schutzwerke auf der Insel Baltrum

5. Langeoog

Die Insel hat sich etwa ab 1740 – seit dieser Zeit liegen Karten über die Insel vor – nur gering verändert. In dem Seegat Accumer Ee überwiegt der Anteil des Flutspeicherraumes östlich des Seegats sehr stark, es beträgt nach Gaye und Walther (10) etwa 85 % des gesamten Einzugsgebiets. Der Hauptebbstrom ist daher nach Nordwesten gerichtet, erst im nördlichen Teil wird die Stromrinne durch den von Westen nach Osten über Riffe bewegten Sand leicht nach Norden abgelenkt.

Die Sturmfluten im 18. und zu Beginn des 19. Jahrhunderts verursachten große Schäden; sie sind der Anlaß gewesen, daß die Insel 1721 von ihren Bewohnern vorübergehend verlassen wurde (4). Die Fluten durchbrachen die Insel (großes und kleines Sloop)⁹⁾ und rissen im Westen und Nordwesten große Strand- und Dünenflächen weg. Verheerend muß sich in Langeoog auch der Sandflug ausgewirkt haben, der Anlaß zur mehrfachen Verlegung der zunächst noch kleinen Siedlungen gewesen sein soll (4).

Die Accumer Ee ist gewissen periodischen Umgestaltungen unterworfen, deren Ursachen hier nicht behandelt werden können. E. HOMEIER (16) weist zwei Extremzustände nach:

- a) Breites Seegat mit Aufspaltung der tiefen Rinne durch Bildung einer Mittelplate und Ver-ringerung der Räumkraft,

⁹⁾ Unter Sloop versteht man einen durch Sturmflut entstandenen Durchbruch durch die Dünenkette.

b) Einschnürung des Seegats und Zunahme der Räumkraft.

Im Fall a) verläuft der Riffgürtel im flachen Bogen von Insel zu Insel; dadurch wird das Westende Langeoogs gut mit Sand versorgt, während im Fall b) der Riffbogen weiter gespannt ist und die Sandanlandungszone weiter nach Osten rückt. Langeoogs Strandverhältnissen kommt außerdem die nach Süden zurückspringende Festlandsküstenlinie zugute, denn hierdurch vergrößert sich der Flutspeicherraum im Wattengebiet östlich der Accumer Ee. Die Entwicklung zwischen den Extremlagen und diese selbst lassen nach heutiger Sicht keine Tendenz zu stärkeren Angriffen auf den Westkopf erkennen. Schutzbauten erübrigen sich daher.

6. Spiekeroog

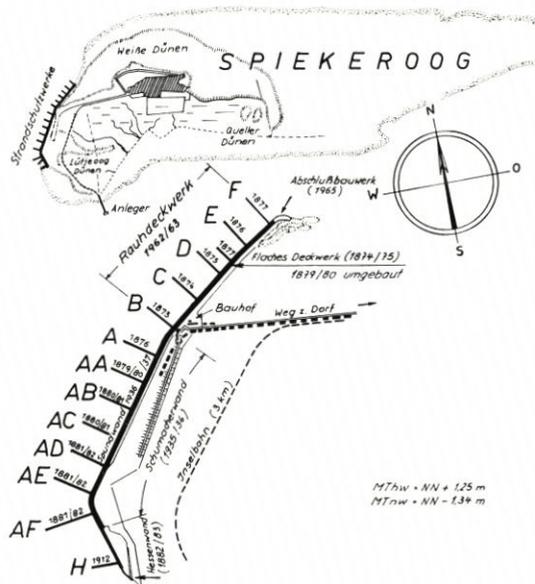


Abb. 6. Schutzwerke auf der Insel Spiekeroog

Spiekeroog hat ähnlich wie Juist im Osten erheblich zugenommen, siehe Tabelle Nr. 1. So liegt das östliche Ende von Spiekeroog heute dort, wo früher das Westende Wangerooges lag¹⁰⁾. Die große Zunahme im Osten Spiekeroogs steht im Zusammenhang mit dem Verlanden der Harlebucht, deren größte Ausweitung etwa um 1200 nach Süden bis einige Kilometer nördlich Jever angenommen werden darf. Durch die Verlandung mit schrittweiser Eindeichung der Harlebucht, die bereits im 16. Jahrhundert begann und Ende des 19. Jahrhunderts abgeschlossen war, verlor die Harle einen großen Teil ihres Flutspeicherraumes, und infolgedessen verringerte sich auch die Kraft der Ebbeströmung. Die nach Osten wandernden Sandmengen wurden nicht mehr seawärts abgedrängt, sondern sie setzten sich in der Alten Harle zwischen Spiekeroog und dem ehemaligen Oldeoog ab, wodurch die alte Harlerinne versandete und die Harle sich weiter ostwärts eine Rinne suchen mußte. Der Anwuchs im Osten Spiekeroogs veränderte zwangsläufig das Wattengebiet. Die Wattenscheide hinter Spiekeroog verlagerte sich nach Osten, und der Einfluß der östlichen Wattfläche auf die Otzumer Balje nahm erheblich zu. Die Hauptströmung der Otzumer Balje, die bis dahin nach Nordosten setzte, hart am Westkopf der Insel, erhielt nun den Haupttebestrom aus dem östlichen Wattengebiet, der Schill Balje, und drängte das Gat nach Westen ab, so daß die Otzumer Balje nun im Prinzip der Accumer Ee gleicht. Hieraus erklärt sich auch, daß die Schutzwerke auf Spiekeroog nicht bis zum Nordstrand – wie beispielsweise auf Borkum und Norderney – verlängert werden mußten (Abb. 6).

¹⁰⁾ Die Ausdehnung Spiekeroogs nach Osten und die Abnahme Wangerooges im Westen ist zu rekonstruieren durch die sogen. „Goldene Linie“, die als Grenze zwischen Oldenburg und Ostfriesland auf einer 1667 gefertigten Karte in goldener Farbe dargestellt wurde und mit kartographischen Angaben versehen ist.

7. Wangerooge

Ähnlich wie die bisher beschriebenen Inseln hat auch Wangerooge große Veränderungen durchmachen müssen. Der westliche ehemalige Hauptteil der Insel, „das Westturmdorf“, wurde 1854 durch die Flut zerstört. Die Fundamente des alten Westturms, dessen Grundsteinlegung 1597 erfolgte und der 1914 gesprengt wurde, sind heute ein Bestandteil der Bühne B im Bereich der Bühnenwurzel. Eine ältere Siedlung Wangerooges mit der St. Nikolauskirche, die um 1580 durch die Flut zerstört wurde, lag noch weiter nordwestlich.

Das Zurückweichen des Westkopfes, die Verlagerung nach Süden und letzten Endes auch das Zerreißen der Insel durch die Sturmfluten in der Mitte des 19. Jahrhunderts, stehen in unmittelbarer Verbindung mit dem Verlanden und der anschließenden Eindeichung der Harlebucht, der auch das Anwachsen des Ostendes der Insel Spiekeroog und die Abdrängung des Seegats Harle nach Osten zuzuschreiben ist. Mit der Abdrängung der Harle nach Osten und der starken Ostausdehnung Spiekeroogs vergrößerte sich das Einflußgebiet des Watts westlich der Harle, wodurch sich die Ausmündungsrichtung des Seegats mehr und mehr von Nordwest nach Nord verlagerte.

Das Herumschwenken der Harle hatte wiederum zur Folge, daß die Sandanlandung aus dem Riffgürtel sich weiter nach Osten verschob und der Westkopf nicht mehr ausreichend mit Sand versorgt wurde.

Von 1900 an bildete sich unmittelbar vor dem Westkopf der Insel eine zweite Seegatrinne aus, die „Dove Harle“. Die Rinne vertiefte sich und drohte zum Hauptseegat zu werden. Nach dieser Entwicklung bahnten sich für Wangerooge ähnliche Verhältnisse an wie am Westkopf von Norderney, und sie gaben Veranlassung zur Verlängerung der Bühne H und zu den Baumaßnahmen am Westkopf (Abb. 7).

III. Die Notwendigkeit des Inselschutzes und seine Entwicklungsstufen

Als etwa von 1850 an begonnen wurde, einige besonders stark angegriffene Inseln an der ostfriesischen Küste künstlich zu schützen, geschah dies noch allein aus der Sorge heraus, die Ansiedlungen auf den Inseln zu sichern und den Strand zu erhalten. Die Strandabnahme und Dünenabbrüche in der Nähe der damals noch kleinen Seebäder bedrohten die Existenz der Inselbewohner, deren Haupterwerbsquelle mehr und mehr der Badebetrieb geworden war.

Die Bedeutung des Inselschutzes als Objektschutz besteht heute in verstärktem Umfang fort, denn auf allen Inseln sind inzwischen im Interesse des Fremdenverkehrs umfangreiche Kur- und Badeanlagen errichtet worden. Hinzu kommt für die Inseln Borkum, Norderney und Wangerooge die Investition hoher Werte für die dort aufgebauten Leuchtfeuerstationen (Tabelle Nr. 2). Die überörtliche Bedeutung des Inselschutzes wurde erst gegen Ende des vorigen Jahrhunderts in vollem Umfang erkannt.

Eine Kette von Düneninseln vor der ostfriesischen Küste würde sich wahrscheinlich auch ohne künstliche Schutzmaßnahmen erhalten haben; die Größe der Inseln, ihre Lage (und ihre Anzahl) würden aber weiterhin – wie in den Jahrhunderten vor 1850 – ständigen Verlagerungen und Veränderungen ausgesetzt sein. In die Veränderungen würde zwangsläufig auch das Wattengebiet mit einbezogen, es würden sich neue Seegaten bilden, während andere versanden würden; das Rinnensystem, die Baljen und Priele, müßten sich den veränderlichen Strömungsverhältnissen anpassen.

Mit der Festlegung der Inseln durch einen nun seit über 100 Jahren betriebenen künstlichen Inselschutz sind die großförmigen Veränderungen im wesentlichen zum Stillstand ge-

Tabelle 2 (Angaben über die Inseln)

Insel	Größe (qkm)	Einwohner 1956	Einwohner 1966	Leuchtt- feuer- station errichtet im Jahr	Seebad seit	Zahl der Kurgäste 1956	Zahl der Kurgäste 1966	Seegat, das den Inselchutz beeinflußt (jeweils westlich der Insel)	Festland-Gegenhafen
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Borkum	32,5	5137	6187	1879	1850	46 732	59 278	Tidestrom Ems mit Westerns u. Hubertgat	Emden-Außenhafen
Juist	13,0	1720	2759	—	1840	34 964	53 191	Osterems	Norddeich
Norderney	23,5	6465	8711	1873/74	1797	90 747	111 549 ¹⁾	Norderneyer Seegat	Norddeich
Baltrum	6,5	425	460	—	1898	12 340	23 286	Wichter Ee	Norddeich ²⁾
Langeoog	20,5	2024	2608	—	1850	29 433	45 546	Accumer Ee	Bensersiel
Spiekeroog	19,1	781	887	—	1840	13 245	15 867	Orzumer Balje	Neuharlingersiel
Wangerooge	6,1	1640	2089	1855/56	1804	34 653	34 621	Harle	Harlesiel

1) 1969 sind 46 600 Kraftfahrzeuge zw. Norddeich und Norderney mit modernen Autofähren transportiert worden.

2) Seit 1970 auch Neßmersiel.

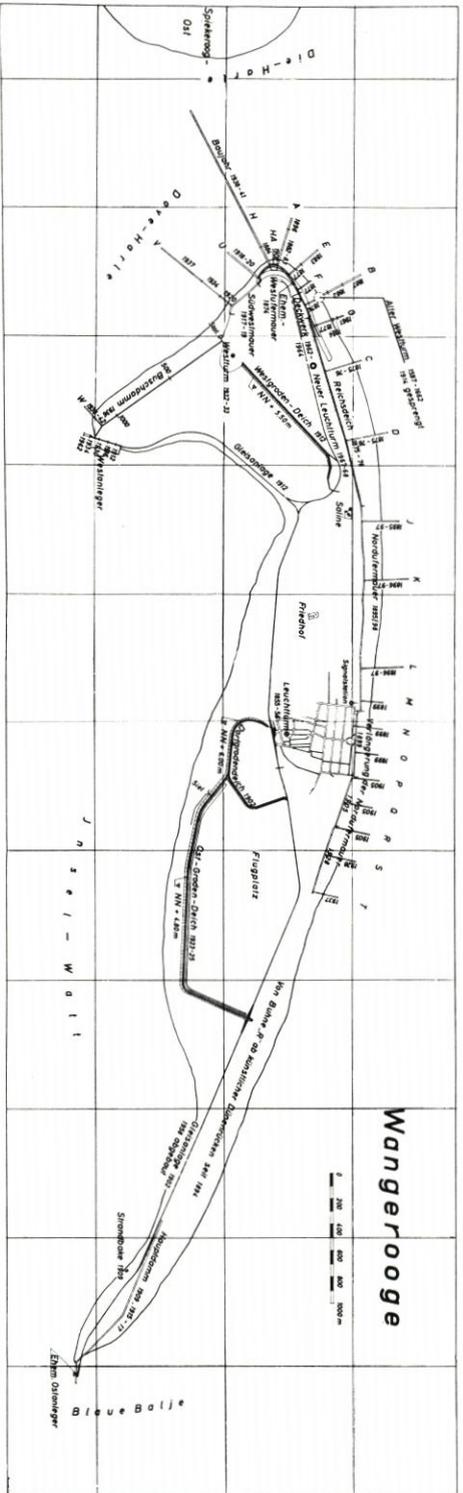


Abb. 7. Schutzwerke auf der Insel Wangerooge

kommen, und es ist im ostfriesischen Küstenraum allerdings künstlich ein annähernd stabiler Zustand vorhanden, der für die Festlandküste und für das Wattengebiet von großer Bedeutung ist.

KRÜGER (31) wies bereits 1922 darauf hin, daß die der ostfriesischen Küste vorgelagerte Inselreihe auf dem dahinter liegenden Watt den Seegang vermindert und daher in einer Entfernung von der eigentlichen See Neulandbildung ermöglicht¹¹⁾. Ausführlich haben GAYE/WALTHER (11) über die Bedeutung für den Schutz der Festlandküste berichtet. Sie haben nachgewiesen, daß vom Westen der Insel Juist bis zum Osten von Wangerooge die Kraft der Wellenangriffe bei Sturmfluten vom Wattengebiet und von der Festlandküste auf 64 % der Küstenlänge durch die Inseln vollständig abgehalten, auf 19 % der Küstenlänge durch die hochwasserfreien Sände zum großen Teil gebrochen und auf 17 % im Bereich der Seegaten stark geschwächt werden. Aus dem Zustand der Festlandküste ist die Schutzwirkung der Inseln auch zu erkennen, denn an Küstenstellen, an denen eine Insel den Hauptangriff der Sturmwellen abhält, ist Landanwachs entstanden, während im Bereich der Seegaten die Baljen und Priele das Wasser bei Flut stärker gegen die Küste führen, so daß hier kein Anwachs entstehen konnte. Die Erhaltung der Festlandküste erfordert daher in den ungeschützten Bereichen erhebliche Aufwendungen, während es im Schutz der Inselkette gelungen ist, große Flächen Neuland zu gewinnen, wie die Verlandung der Hilgenrieder Bucht, der Harlebucht und auch der Leybucht.

Über die besondere Bedeutung des Schutzes der Insel Borkum als Eckpfeiler im Mündungsgebiet der Ems und des Schutzes der Insel Wangerooge, deren Befestigung eine der Grundlagen des Jadeausbaues bildet, wird an anderer Stelle dieses Heftes ausführlich berichtet.

Die Erhaltung einer festen Lage der Inseln durch Schutzwerke, durch die auch die Seegaten und die Rinnensysteme im Wattengebiet, von geringen Veränderungen abgesehen, festgelegt werden, ist auch die Voraussetzung für die Aufrechterhaltung des Schiffsverkehrs in den Wattenfahrwassern und besonders in den Zufahrten zu den kleineren Küstenhäfen, über die nicht nur der Personen- und Güterverkehr mit den Inseln abgewickelt wird, sondern die auch als Fischerei- und Umschlaghäfen für den ostfriesischen Raum an Bedeutung gewonnen haben (62)^{12), 13)}.

Die Schutzarbeiten auf den Ostfriesischen Inseln haben in der geschichtlichen Entwicklung 5 Stufen durchlaufen:

1. Schutz der Randdünen durch Förderung und Lenkung des Sandflugs und durch Anpflanzung (natürlicher Inselchutz).
2. Beeinflussung des Dünenvorstrandes durch den Bau von Strandbuhnen (und folgende: künstlicher Inselchutz).
3. Festlegung der Randdünen durch Dünendeckwerke.
4. Abweisung der Stromrinnen vom Inselsockel durch den Bau von Strombuhnen.
5. Künstliche Zufuhr von Sand durch Strandaufspülung.

Die Maßnahmen zu 1-5 gelangen auch heute noch je nach Art und Stärke des Meeres-

¹¹⁾ Auch C. WOEBKEN stellt in „Deiche und Sturmfluten“, 1924, fest: „Wo eine Insel vorgelagert ist, findet man Anwachs, wo nicht, Abbruch“, (im Schrifttum nicht aufgeführt).

¹²⁾ Schließlich ist noch auf die Bedeutung der Inseln hinzuweisen, die sie schon seit Jahrhunderten für die Seeschifffahrt hatten. So spielten die charakteristischen Dünengruppen auf den Inseln im 16. Jahrhundert als Erkennungs- und Orientierungszeichen für die Schifffahrt eine wichtige Rolle, sie waren in den Seekarten als sogenannte „Vertonungen“ dargestellt. Wichtige Schifffahrtszeichen waren auch die Türme der Inselkirchen.

¹³⁾ Ausführlich von A. W. LANG geschildert in: „Geschichte des Seezeichenwesens“. Der Bundesminister für Verkehr, Bonn 1965.

angriffs einzeln oder gemeinsam zur Anwendung. Sie umfassen Arbeiten, die ausschließlich an den gefährdeten Strandbereichen auf den Inseln selbst durchgeführt werden.

Für die Notwendigkeit des Schutzes von Wangerooge kam noch hinzu, daß durch den Bau eines Kriegshafens in Wilhelmshaven (seit 1853) das Jadedfahrwasser an Bedeutung gewann. Aus Sorge, durch ein „Hineinwandern“ Wangerooes in die Jade könnte das Fahrwasser verwildern (31), sah sich die damalige Preußische Marine 1874 veranlaßt, die Sicherung der Insel im Zusammenhang mit dem Jadeausbau zu verstärken.

Die besondere Bedeutung und Rechtfertigung des Schutzes der Inseln seien so zusammengefaßt: Der Inselchutz ist notwendig

- a. als Objektschutz (Seezeichen – Kur- und Badeanlagen),
- b. zum Schutz der Festlandküste und zur Förderung des Landanwachses,
- c. zum Erhalt eines Beharrungszustandes des Wattgebietes (Verkehr auf den Wattenfahrwassern, Entwässerung des Marschenlandes, und
- d. zum Erhalt eines möglichst stabilen Zustandes der Emsmündung (Borkum) und des Jadedfahrwassers (Wangerooge).

Nachdem erkannt wurde, welchen Einfluß die Seegaten, ihre Richtung und ihre Wasserführung auf die Inseln ausüben, liegt es nahe, auch das Wattengebiet mit in das aktive Inselchutzproblem einzubeziehen. In verschiedenen Veröffentlichungen werden Maßnahmen erörtert, die Flutspeicherräume im Wattengebiet so zu ordnen, daß der Strom bei Ebbe in allen Seegaten nach Nordwest gerichtet ist. Durch Maßnahmen dieser Art könnte u. U. der Sandmangel an den Westköpfen von Norderney, Baltrum und Wangerooge beseitigt werden. Möglichkeiten einer solchen Einwirkung wären die Durchdämmung des Juister und des Norderneyer Watts zur Verbesserung des Schutzes von Norderney oder bezüglich Wangerooge der Verbau der Blauen Balje. Eingriffe dieser oder ähnlicher Art, die in jüngster Zeit im Zusammenhang mit einer landfesten Verbindung zwischen dem Festland und der Insel Norderney wieder diskutiert werden (40), sind – abgesehen von den sehr erheblichen Kosten – nur realisierbar, wenn alle Folgeerscheinungen für den Küstenschutz, die Schifffahrt, die Fischerei, die Entwässerung des Marschenlandes und für den Inselchutz klar erkannt sind.

IV. Der natürliche Inselchutz

Der von der Natur geschaffene Schutz für die Inseln sind die vorderen Dünen (Randdünen). Sie zu erhalten ist eine Hauptaufgabe des Inselbuches, denn künstliche Schutzbauten sind sehr teuer und ihre Wirkung kann statt zu Verbesserungen auch zu Strandverlusten führen.

Seit Beginn der Inselbesiedlung bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts waren die Randdünen der einzige seeseitige Schutz der Inseln. Mit ihrer Erhaltung, Unterhaltung und Pflege begannen die Schutzarbeiten auf den Inseln. Diese ersten Inselbucharbeiten, die sich nur auf Strandbereiche erstrecken konnten, die bei normaler Tide trocken blieben, umfaßten die Förderung und Steuerung von Sandanwehungen durch das Setzen von Buschzäunen je nach der Hauptwindrichtung und Örtlichkeit wechselnd, parallel zum Strand oder auch senkrecht dazu, das Anpflanzen von Helm, die Strohbestückung, das Auflegen von Buschpackwerk und die Beseitigung von Windrissen in den Dünen.

In dem Tagebuch des Dünenwärters E. O. JANSSEN, der von 1868 bis 1893 auf der Insel Spiekeroog tätig war¹⁴⁾, wird über den damaligen Inselbuch berichtet. Für die Helmbepflanzung wurden außer den Strandarbeitern, die täglich 2,50 Mark verdienten, auch die Haus-

¹⁴⁾ Bücherei des WSA Norden.

haltungen verpflichtet. Jedem Haus wurde eine Strecke von 800 m zugewiesen, wofür insgesamt 600 Mark bewilligt wurden. Der Helm mußte verhältnismäßig weit vom Südwesten der Insel antransportiert werden. Zur Sicherung der Helmpflanzungen wurden Buschhecken gesetzt. Eine besondere Sorge bereiteten auch damals die Kaninchen, die über Nacht junge Anpflanzungen wieder vernichteten, so daß besondere Verteilungsmaßnahmen durchgeführt werden mußten.

Außer dem Schutz der Randdünen durch Helmpflanzung und Setzen von Buschhecken wurden auch größere Maßnahmen zum Schutz der Inseln durchgeführt.

FÜLSCHER (9) berichtet, daß auf der oldenburgischen Insel Wangerooge um das Jahr 1783 der Versuch gemacht wurde, einen Dünenbruch durch Dünenengewinnung wieder zu schließen.

In der Februar-Sturmflut 1825 hatte sich das Timmermannsgat, das die Insel Baltrum durchteilte, stark vergrößert. Der Durchbruch wurde 1826 durch einen 150 m langen, rd. 2,5 m hohen Sanddamm geschlossen.

Im Jahre 1832 wurde auf Spiekeroog ein 390 m langer und 1,60 m hoher Sanddeich in etwa südwestlicher Richtung vom Baubüro aus angelegt. Der Damm wurde an der südlichen Seite mit Soden abgedeckt und zwischen den Sodenreihen mit Helm bepflanzt. Nach einer schweren Sturmflut (1./2. 11. 1833) wurde der Damm schwer beschädigt und deshalb im folgenden Jahr auf 2,20 m erhöht. Nach seiner erneuten Zerstörung wurde 1869 weiter rückwärts ein neuer Damm gebaut, und 1874/75 wurde etwa in Linienführung des ersten Dammes dort eine Steinböschung errichtet.

Im Bilanzbericht Borkum (24) wird von KATTENBUSCH berichtet:

„1807 wurde angeregt, durch das ‚Glopp‘ zwischen dem West- und Ostland, welches sich in den letzten Jahren stark aufgehöhht hat, eine Verbindung auszuführen. 1833 war dann versucht worden, mit einemmal durch Helm- und Strohpfanzungen über die ganze Breite zwischen West- und Ostland hinweg eine Verbindungsdüne zu ziehen. Diese Arbeit wurde jedoch 1834 wieder zunichte gemacht. Man beschränkte sich in den Jahren danach wieder darauf, von beiden Seiten Pflanzungen vorzutreiben. Die Lücke zwischen beiden Sporen betrug 1848 nur noch 73 Ruten¹⁵⁾, 1854 aber wieder 160 Ruten. Erst 1862 wurde die Absicht, in einem Jahr einen Dünenwall quer über die ganze trennende Sandfläche zu ziehen, wieder aufgenommen, 1330 Taler dafür bereitgestellt, und, beginnend am 5. April 1864, trotz mancher Schwierigkeiten und Zwischenfälle, in dem einen Sommer 1864 ein so hoher, das West- und Ostland verbindender Dünenwall aufgezogen, daß er standfest wurde. Bei passenden Windrichtungen hat man dabei durch Aufreißen des Strandes mit Eggen dem Sandtreiben nachgeholfen.“

In dem Bilanzbericht über den Inselfchutz auf den Ostfriesischen Inseln schreibt THILO (54), daß im Jahre 1651 auf Juist durch die Petriflut die Hammerbucht als regelrechter Durchbruch entstanden ist, der von 1868 bis 1877 auf der Südseite der Insel durch einen ähnlichen Damm wie auf Spiekeroog beseitigt wurde. In den Jahren von 1929 bis 1931 wurde die Hammerbucht, die an der Nordseite noch bestand, durch einen geradlinigen Damm geschlossen, der ausschließlich durch geschicktes Setzen von Buschzäunen entstand. Der hochwasserfrei gewordene Hammerdeich wurde von 1932–1935 durch rd. 10 000 m³ Sand, der aus den benachbarten Dünen angefahren wurde, verstärkt.

Hinter dem „Hammerdeich“ ist eine Wasserfläche erhalten geblieben, die sich allmählich entsalzt hat und nun zu einem Süßwassersee geworden ist, an dessen Ufer sich eine Süßwasserflora entwickelt hat, die – zum Naturschutzgebiet erklärt – auf jeden Inselbesucher besonders ansprechend wirkt. Vor dem Hammerdeich ist heute ein breiter, hochwasserfreier Strand vorhanden.

¹⁵⁾ Früheres deutsches Längenmaß; hier die Hannoversche R. = 16 Fuß = 4,674 m.

Die sogenannte Muschelfelddüne auf Borkum ist durch ähnliche Maßnahmen entstanden.

Über eine weitere Maßnahme berichtet THILO (54): „So ist im Jahr 1911 mit der Schließung des großen Sloops in der Mitte der Insel Langeoog begonnen worden. Heute steht hier eine hohe und dicht begründete Düne, deren steile und gradlinige Südböschung nur noch ahnen läßt, daß diese Düne einstmals künstlich hochgezogen worden ist.“

Die Beseitigung der beiden Dünendurchbrüche auf Wangerooge durch den Bau des sogenannten Reichsdeiches im Jahre 1874 und die Dünengewinnungsarbeiten im Südwesten und vor dem Reichsdeich sowie der künstlich gewonnene Dünenrücken im Osten der Insel stellen ebenfalls Leistungen großen Ausmaßes dar.

Die Insel Memmert ist ein weiteres Beispiel der Dünenbildung durch Dünenpflege. Der Memmertsand, der in den Karten erst verhältnismäßig spät erscheint, kann als Sandhaken der Insel Juist angesehen werden, ähnlich wie der Flinthörn für Langeoog. Erst etwa ab 1866 wird der Memmert als größere hochwasserfreie Sandplate mit Dünengruppen dargestellt, und seit dieser Zeit hat sich die Insel bis heute in ihrer Ausdehnung mindestens verzehnfacht. Ohne ständige Pflege und Steuerung der Sandanwehungen wäre diese Entwicklung nicht möglich gewesen.

In der Pflege der Randdünen bedient man sich auch heute noch gleicher, zumindest ähnlicher Methoden, wie sie vorstehend geschildert werden. Großen Einfluß auf den Dünenbau übten die Veröffentlichungen von GERHARD, P. (13), VAN DIEREN und R. TÜXEN (56) aus.

Fehlschläge im Dünenbau treten heute nur noch selten auf. Wenn man einst noch feststellen mußte: „Unsere ganze natürliche Seeweher ist nicht dank des Menschen, sondern trotz des Menschen von Pflanzen aufgebaut worden (56)“, so ist sich heute jeder Wasserbauer der Bedeutung der Pflanzengesellschaften für die Entstehung und Erhaltung der Dünen bewußt.

Als Beispiel für die Beseitigung einer durch Sturmflut entstandenen Steilkante und der Festlegung einer Randdüne sei hier ein Kurzbericht des seit 35 Jahren auf der Insel Borkum tätigen Baumeisters Scharfe angeführt.

„Zur Herstellung einer etwa 1:4 bis 1:5 geneigten Böschung werden die Steilkanten abgestoßen und einplaniert. Parallel zum neuen Dünenfuß werden in einem Abstand von 6 bis 12 m – je nach Breite des Vorstrandes – 1 oder auch 2 Sperren, auch Busch oder Latten, bis 1,0 m über den Strand eingebaut. Dann werden die Vorpflanzfelder in einer Breite von 6 bis 12 m mit Reith, ebenso dicht wie mit Helm, bestickt. Die Ver-

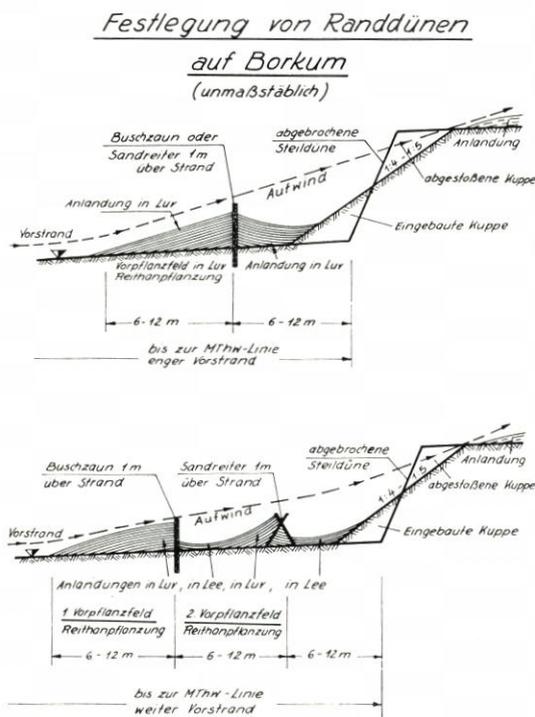


Abb. 8

sandung erfolgt schnell, wobei die aufgewehten Sandmengen zuerst in Lee hinter den Sperren anlanden. Die Vorpflanzfelder in Luv füllen sich dabei ganz allmählich – mit dem Anwuchs in Lee – in der ganzen Breite auf. Dieser Arbeitsgang wird in den Monaten Mai bis August durch-

geführt, während der eigentliche Lebendbau mit Helm in der Zeit von April bis September in der fast fertigen und gut abgelagerten Randdünenfläche vorgenommen werden kann. Dies ist der günstigste Pflanztermin, da das Keimen der sandfangenden Pflanzen (*Elymus arenarius* = Strandroggen, *Ammophila arenaria* = Strandhafer und *Ammophila baltica* = Baltischer Strandhafer) im Herbst liegt, so daß die wichtigen frischen Knötchen an den Stecklingen weiter

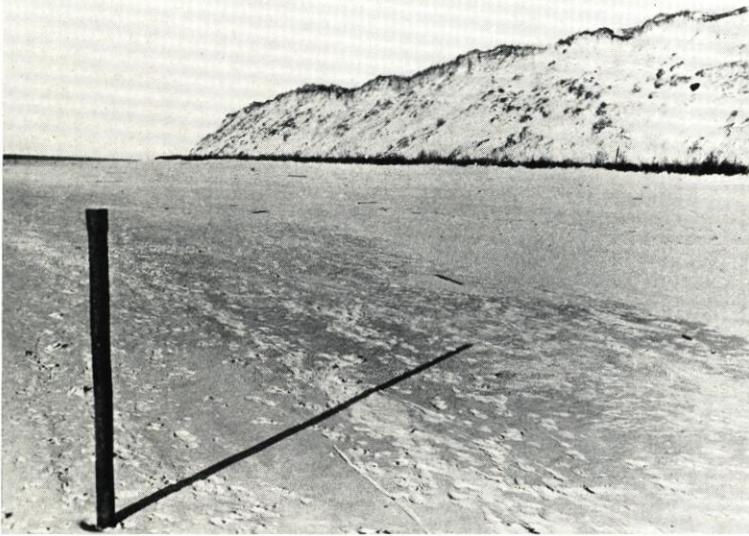


Abb. 9
Dünensteilkante auf
Spickeroog mit Fuß-
Buschhecke



Abb. 9a
Sandfangezaun aus
Simonit auf Wangerooge
zur Vordünengewinnung

treiben können. Die spontane und vollständige Deckung der Böschungsdüne von Luv nach Lee tritt nicht ein, und ebenso kann die Sandzufuhr aus luvseitigen Sandreserven nicht gesperrt werden. Durch den Aufwind werden die Ablagerungen in den luvseitigen, tiefer liegenden Feldern gezielt abgesetzt, und ebenso können bei starken – um 180° – gedrehten Winden von Land her die oben auf der Krone abgesetzten Verwehungen zurücktransportiert und ebenfalls abgelagert werden. In diesem Wechsel entstehen vom Vorstrand bis zur Dünenkrone 1:5 bis 1:8 geneigte Böschungen, bei denen überhöhte Wasserstände nur wenig Schaden anrichten.“

Eine Systemskizze des geschilderten Vorganges zeigt, ähnlich wie bei KRÜGER (33), die Abb. 8, und der Schutz einer Dünensteilkante ist aus Abb. 9 ersichtlich¹⁶⁾.

Seit zwei Jahren werden auf den Inseln Memmert, Norderney, Spiekeroog und Wangerooge Versuche mit Kunststoffzäunen aus Simonit anstelle von Sandfangzäunen aus Buschhecken angestellt. Es handelt sich hierbei um Kunststoffmatten, die, in beliebiger Länge aufgerollt, geliefert werden. Sie sind in ihrer Bauart den Buschhecken nachgebildet; sie haben oval durchstanzte Öffnungen, durch die der Flugsand abgebremst hindurchgelangt und zur Ablagerung gezwungen wird. Den Matten wurde der wirtschaftliche Vorteil zugesprochen, daß sie nach entsprechender Anwendung wieder gezogen und somit beliebig oft verwendet werden können. Als bisheriges Ergebnis scheint festzustehen, daß die Höhe der Matten für den Erfolg ihrer Verwendung ausschlaggebend ist. Die Verwendung von 80 cm hohen Matten hat sich auf Spiekeroog nachteilig ausgewirkt, weil die Matten zur weiteren Verwendung buchstäblich ausgegraben werden mußten, wodurch die angewehrte Düne wieder gestört wurde. Mit 40 cm hohen Matten wurden dagegen auf Wangerooge gute Ergebnisse erreicht. Ein abschließendes Urteil ist noch nicht möglich (Abb. 9a).

Durch das systematische Bepflanzen der Randdünen werden diese zwar festgelegt, gleichzeitig wird hierdurch aber in die natürliche Dünenbildung eingegriffen, und betroffen werden hiervon die leeseitigen Dünenhänge, die nicht mehr mit Sand versorgt werden, den die Helmpflanzen als Nährstoffzufuhr zum Wachstum benötigen. Das gleiche trifft für Strandabschnitte zu, auf denen auch die luvseitigen Randdünenabhänge mangels ausreichenden hochwasserfreien Vorstrandes keine Sandzufuhr mehr erhalten. Zur Förderung des Wachstums ist in diesen Bereichen eine künstliche Düngung erfolgversprechend.

Das Leichtweiß-Institut der Technischen Hochschule Braunschweig hat 1965 eine junge Helm-Anpflanzung am sogenannten Hochstrand von Norderney nach einem im Institut entwickelten Verfahren mit einer Mineraldüngungskombination versehen. Die Suspension, die aufgespritzt wurde, enthielt eine Beimengung von Wasserglas, welches die Sandoberfläche vorübergehend verfestigte. Das Ergebnis war sehr zufriedenstellend (45).

Wie in den früheren Jahren werden auf Strandabschnitten, die geringeren Angriffen unterliegen, auch heute noch Sanddämme gebaut, da sie wirtschaftlich sind und verhältnismäßig schnell hergestellt werden können. So ist 1966 auf Borkum zur Schließung niedriger Dünen-täler am Südstrand in Verlängerung des Rauheckwerks ein 460 m langer Sanddamm als Randdüne aufgespült worden. Die benötigte Sandmenge wurde durch einen Saugbagger aus den Bühnenfeldern gewonnen und durch eine Rohrleitung an Ort und Stelle eingespült.

Dünenschutz ähnlicher Art wurde im Jahre 1965 auf Norderney durchgeführt. Eine Randdünenfläche, auf dem Lageplan Abb. 4 als Hochstrand bezeichnet, war im Laufe der letzten 3 Jahre so stark ausgeweht, daß sich erhebliche Gefahren für den Bestand der Dünenschutzwerke anbahnten. Die ausgewehrte Fläche wurde mit 4600 m³ Sand wieder aufgehöhht, 20 cm stark mit Klei abgedeckt, angesät und zum Teil mit Platten für Abstellflächen (Strandkörbe) und Zuwege versehen.

Die Randdünen werden an vielen Strandbereichen während jeder Saison durch Trampelpfade beschädigt. Wirksam kann diesen Gefahren nur begegnet werden, wenn eine ausreichende Anzahl von befestigten Überwegen zum Strand geschaffen werden.

Der natürliche Inselchutz hat heute trotz hochentwickelter Technik die gleiche Bedeu-

¹⁶⁾ Bemerkenswert sind in diesem Zusammenhang die Dünenschutzarbeiten auf den niederländischen Inseln, bes. Vlieland und Terschelling. Dort werden Sandflugdünen in Fortsetzung der natürlichen Vorstrandneigung (1:50 bis 1:70) mit Planierraupen bis zur erforderlichen Höhe aufgeschoben.

tung wie früher. Auf jeder Insel sollte daher ein erfahrener, durch Tradition mit den besonderen Inselverhältnissen verbundener und geschulter Stamm an Arbeitern erhalten bleiben.

V. Der künstliche Inselfchutz

1. Vorbemerkung

Die Flut am 2. Weihnachtstag 1854 vollendete die völlige Zerstörung des Westturmdorfes auf Wangerooge. Nachdem durch die Häufigkeit der Sturmfluten bereits zu Beginn des 19. Jahrhunderts auf fast allen Inseln große Strandabnahmen eingetreten waren, mag die Zerstörung des Westturmdorfes auf Wangerooge auf die Inselbewohner und die Staatsdienststellen alarmierend gewirkt und zu der Erkenntnis geführt haben, daß mit der bisherigen Dünenbepflanzung allein die Inselfiedlungen nicht geschützt werden können. Hinzu kam noch, daß um

Tabelle 3

Zeittafel über den Beginn der Inselfchutzwerke

Insel	Beginn der Buhnenbauten	Beginn des Baues von Dünenschutz- werken	Anzahl der heute vorhan- denen Buhnen	Länge der heute vorhandenen Dünenschutz- werke (m)	Länge der zu unterhaltenden Randdünen (km)
1	2	3	4	5	6
Borkum	1869	1874	32	4 712	8,4
Juist	1914 ²⁾	1913 ³⁾	7	1 382	10,5
Norderney	1860 ¹⁾	1857	32	6 350	8,5
Baltrum	1873	1873	15	1 325	3,0
Langeoog	—	—	—	—	12,5
Spiekeroog	1873	1874	12	1 797	5,5
Wangerooge	1874 ²⁾	1874	23	4 618	7,2
Summe	—	—	121	20 184	55,6

¹⁾ 2 Buschbuhnen, die 1846 gebaut wurden, sind nach kurzer Zeit wieder zerstört worden.

²⁾ 10 Buschbuhnen, die 1818/1834 gebaut wurden, sind 1850 aufgegeben worden.

³⁾ Buhnen und Dünenschutzwerke liegen seit Fertigstellung (1920) unter Sand.

1850 auf den Inseln (Baltrum erst 1898) staatlich anerkannte Seebäder eingerichtet wurden und die Inselbewohner hierdurch einen neuen Erwerbszweig gefunden hatten. Sie fühlten sich in ihrer Existenz bedroht, wenn es nicht gelang, Strand und Randdünen wirksam zu schützen. Aber auch der Staat hatte Interesse daran, die in seinem Eigentum stehenden Grundstücke zu schützen und war nun bereit, öffentliche Mittel für den Bau von künstlichen Schutzwerken zur Verfügung zu stellen.

In den folgenden Abschnitten werden die Schutzwerke auf den Inseln beschrieben, worunter die Buhnen (Strand- und Strombuhnen) und die Dünenschutzwerke (Wände, Mauern usw.) aller Bauarten zu verstehen sind. Da über die Entwicklung der Schutzwerke auf den Inseln ausführliche Einzelberichte vorliegen (24, 44, 54), können unter Verzicht auf Einzelheiten die Schutzwerke und ihre Bauweise insgesamt für alle Inseln beschrieben werden. In einem weiteren Abschnitt wird als eine besondere Methode des künstlichen Inselfschutzes die Strandaufspülung behandelt.

2. Buhnen

Im folgenden werden sowohl Strandbuhnen, die in erster Linie der Erhaltung und Mehrung des Sandstrandes dienen, als auch Strombuhnen, die vornehmlich die zur Küste drängenden erodierenden tiefen Ströme abweisen sollen, beschrieben.

Die Untergliederung in die Zeiträume von Beginn des Buhnenbaues bis etwa 1925 und von 1925 bis zur Gegenwart ist dadurch begründet, daß im zweiten Zeitabschnitt Material und Bauweisen der Buhnen sich wesentlich gegenüber dem ersten Zeitabschnitt geändert haben. Der Beschreibung der Bauweisen folgt abschließend eine Beurteilung ihrer Wirkung.

a) Bauweisen von 1815 bis 1925

Buschbuhnen ohne Steinabdeckung

Die ersten Strandbuhnen an den Ostfriesischen Inseln wurden von 1815 bis 1834 auf Wangerooge zur Sicherung des Leuchtturmes gebaut. Es war dies der erste tastende Versuch, der Strandabnahme durch künstliche Maßnahmen zu begegnen. Die 10 Wangerooger Buhnen wurden aus Busch (ohne Steinabdeckung) hergestellt, sie sind durch die Sturmfluten von 1854/55 restlos vernichtet worden. Die 2 ersten leichten Buschbuhnen auf Norderney (1846) hielten sich ebenfalls nur wenige Jahre.

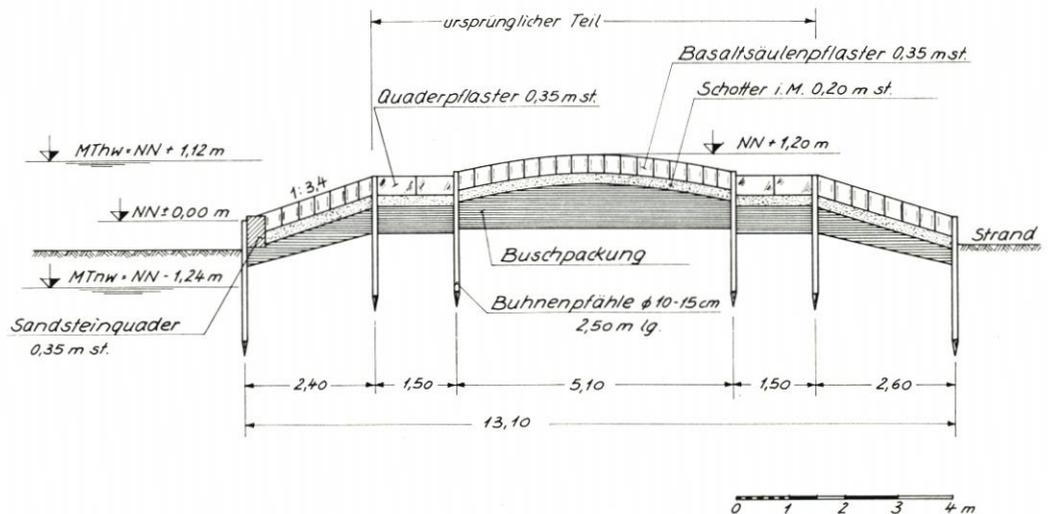


Abb. 10. Steinbuhne auf Norderney (Norderneyer Bauart)

Steinbuhnen „Norderneyer Bauart“

Das erste massive Dünenschutzwerk auf Norderney (1857) wurde kurz nach Fertigstellung durch eine merkliche Abnahme des Strandes infolge Prielbildung gefährdet. Die Situation veranlaßte zum Bau schwerer Steinbuhnen, die seither als Steinbuhnen Norderneyer Bauart bekannt sind (Abb. 10).

Von 1860 bis 1867 wurden auf Norderney 7 Buhnen gebaut. Die Buhnen erhielten eine

Länge von 190 m bis 215 m, ihr gegenseitiger Abstand beträgt das 1- bis $1\frac{1}{2}$ fache der Länge, die Bühnenwurzeln schließen an die Strandschutzmauer an und liegen etwa 1,25 m über Mittel-tidehochwasser, und die Köpfe 30 cm über Mittel-tideniedrigwasser. Besonders günstig ist der weiche Übergang zum Strand, der durch Seitenbermen an den Bühnen ermöglicht wird und ein sanftes Überströmen gewährleistet (Abb. 11).

Nachdem sich die Norderneyer Bühnen bewährt hatten, wurden von 1873 bis 1904 auf Baltrum 15, von 1873 bis 1888 auf Spiekeroog 12 und von 1874 bis 1910 auf Wangerooge 20 Bühnen in dieser oder nur geringfügig abgewandelter Bauart – z. T. mit geringeren Abmessungen – errichtet.



Abb. 11
Steinbühne auf Norder-
ney (Bühne G 1)

In dem Bilanzbericht von KATTENBUSCH (24) ist ein Artikel der Ostfriesischen Zeitung vom 4. 3. 1869 wiedergegeben, der für die Insel Borkum der Anstoß zum Bau von Schutzwerken war. Der Artikel schildert eine Situation, die Ende der 60er Jahre auf fast allen Ostfriesischen Inseln herrschte:

„Insel Borkum, 2. März. Unsere Dünen an der Nordwestseite, worüber wir schon verschiedene Male geklagt haben, sind abermals in den letzten Stürmen wieder so arg mitgenommen, daß an einzelnen Stellen 20 bis 25 Fuß (etwa 5,80 bis 7,30 m) abgespült ist. Dieselben stehen an dieser Stelle jetzt senkrecht wie eine Mauer. Der letzte Rest des Strauchwerks, welches im vergangenen Sommer zum Schutz gegen die Wellen eingegraben war, ist jetzt auch weggerissen. Erhalten wir einmal eine ähnliche Flut wie 1863, so könnten wir erwarten, daß unsere schönen Gärten und Wiesen durch die Meeresfluten überschwemmt und vernichtet werden. Bei der kleinsten Baake ist die hohe Außenseite schon gänzlich fort und hat früher öfters bei einem Sturm die Flut die jetzige Höhe der Dünen an dieser Stelle weit überragt. Geschieht nicht bald etwas Energisches, ähnlich wie auf Norderney, die Dünen zu befestigen und die Strömung vom Strande abzulenken, so hat unsere Insel eine trostlose, armutsvolle Zukunft vor sich.“

Steinbühnen „Borkumer Bauart“

Von 1869 bis 1877 wurden auf Borkum 12 Bühnen gebaut. Hier wurde eine leichtere Bauart, die „Steinbühne Borkumer Art“ gewählt, weil mit einem baldigen Wiederanwachsen des Strandes gerechnet wurde. Einen Querschnitt in Bühnenmitte zeigt die Abb. 12.

Beim weiteren Ausbau des Bunnensystems auf Borkum von 1879 bis 1906 am Südwest- und Nordweststrand ist die stärkere Norderneyer Bauart gewählt worden. Lediglich die beiden Buhnen 24 und 25 wurden wieder leichter gebaut (1,50 m breit, ohne Bermen), weil der Südweststrand noch nicht im Angriff lag.

Bei den Steinbuhnen leichter und auch schwererer Bauart stellten sich bald Schäden ein, weil sie für die Beanspruchung bei stark abnehmendem Strand keine ausreichende Seitensicherung hatten. Zum Schutz gegen ein völliges Auseinanderbrechen mußten viele Buhnen durch zusätzliche Bermen gesichert werden. Den Querschnitt einer solcherweise gesicherten Buhne zeigt die Abbildung 19.

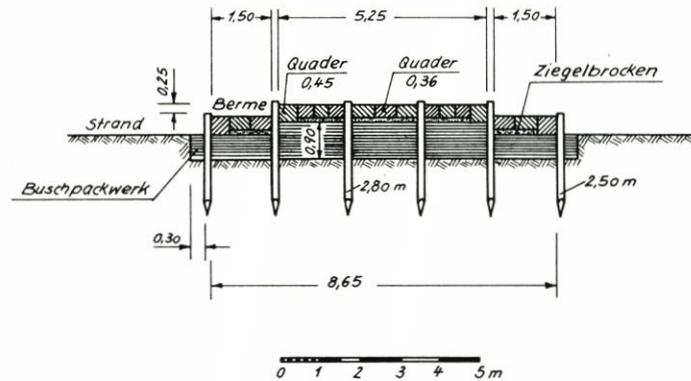


Abb. 12. Steinbuhne Borkumer Bauart (1869-1872)

Weitere Schäden traten an den Köpfen der Buhnen ein. FÜLSCHER (9) berichtet, daß vor den besonders gefährdeten Köpfen der Baltrumer Buhnen alte Schiffskörper versenkt und mit Steinen und Senkfaschinen gegen Auftrieb gefüllt wurden.

Die immer weiter fortschreitende Abnahme des Vorstrandes konnte durch den Bau von Strandbuhnen nicht aufgehalten werden. Besonders kraß entwickelten sich die Verhältnisse am Westkopf von Norderney, denn die Seegatrinne hatte sich stark vertieft, dicht zu den Buhnenköpfen hin verlagert und begann nun, die Buhnenköpfe abzarbeiten.

In den Jahren 1898 bis 1900 wurden daher 5 Buhnen am Westkopf der Insel Norderney durch 80 m bis 115 m lange Sinkstückvorlagen mit Steinabdeckung bis unter die MTnw-Linie verlängert, um die Seegatrinne abzudrängen. Die Unterwasserverlängerung der Buhnen (Strombuhnen) hat sich bewährt. Die Seegatrinne rückte nicht weiter inselseitig vor, die Kolke verfüllten sich wieder, und die obere Grenze des Inselsockels, die bei 2,50 m unter Seekartennull (SKN) anzusetzen ist, liegt seither fest. Strandfördernde Auswirkungen oberhalb MTnw traten jedoch in den kritischen Strandbereichen nicht ein. Im Jahresbericht der Forschungsstelle Norderney haben KRAMER und HOMEIER hierüber ausführlich berichtet (28).

Über 2 wesentliche Beispiele hinsichtlich des Baues von Unterwasserbuhnen auf Borkum (ab 1933) und über die Verlängerung der Buhne H auf Wangerooge (ab 1938) wird noch berichtet.

Einreihige hölzerne Pfahlbuhnen

Diese Buhnen entsprechen einer Bauart der Ostsee und finden auf den Ostfriesischen Inseln nur in geringem Umfange Verwendung. Die erste Buhne dieser Art entstand 1906 als

Zwischenbuhne am Nordstrand von Borkum. Es folgten in den Jahren von 1914 bis 1916 4 weitere am Südstrand von Borkum, 3 auf Juist (1913 bis 1920) und 1 Pfahlbuhne auf Norderney (1917) (Abb. 13 u. 14). Mit Ausnahme der 3 Juister Buhnen, die seither unter Sand liegen, mußten alle übrigen Pfahlbuhnen in den 50er Jahren verstärkt werden.

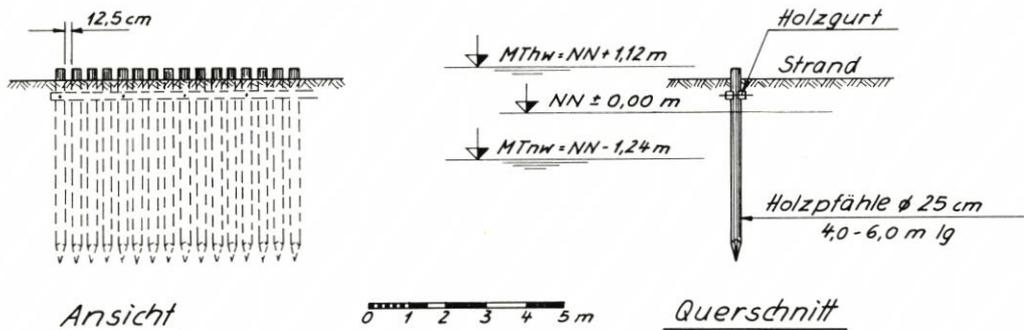


Abb. 13. Einreihige hölzerne Pfahlbuhne auf Norderney

2 Pfahlbuhnen in aufgelöster Bauweise wurden 1960/61 als Abschluß des Buhnensystems am Südstrand von Borkum gebaut. Buhnen ähnlicher Art hatten sich auf Norderney bewährt. Die Pfähle wurden nicht dicht an dicht, sondern jeweils mit Pfahlstärke-Abstand gerammt, um zum ungeschützten Strand hin einen weichen Übergang herzustellen. Die Buhnen sind

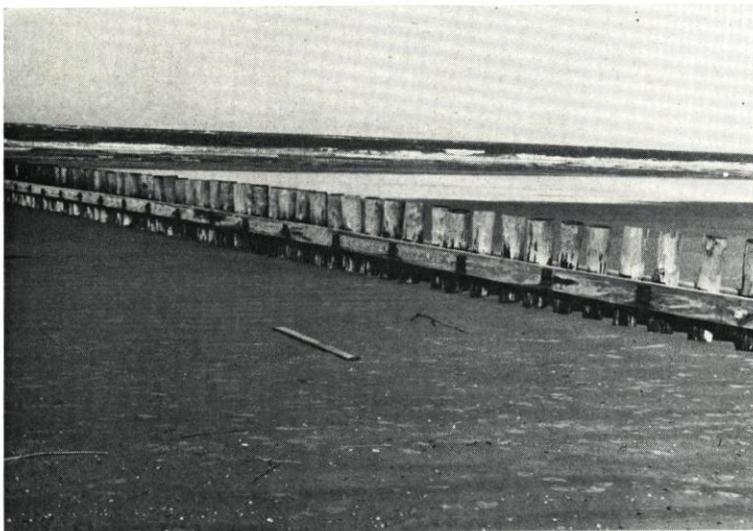


Abb. 14
Einreihige hölzerne
Pfahlbuhne auf Norder-
ney (Blick vom Strand)

während der Sturmflut Februar 1962 schwer beschädigt worden, und durch anhaltende Strandabnahme ging der Landanschluß in den folgenden Jahren verloren. 1968 sind die Anschlüsse der Buhnen 29 und 30 in Kastenbauweise neu hergestellt worden, während die Buhne 31 aufgegeben werden mußte. Ein Neubau wird in Erwägung gezogen.

Zweireihige hölzerne Pfahlbuhnen

Auf Borkum wurde 1907 eine zweireihige Pfahlbuhne als Hilfsbuhne zwischen den Buhnen 4 und 5 gebaut, und eine weitere zweireihige Pfahlbuhne entstand 1915 auf Norderney. Beide Buhnen mußten nach kurzer Zeit verstärkt werden. Die 1930 gebaute zweireihige Pfahlbuhne auf Wangerooge liegt zur Zeit gut unter Sand.

b) Bauweisen von 1925 bis zur Gegenwart

Kastenbuhnen

Von den bisher geschilderten Buhnen hat sich die Norderneyer Steinbuhne als die günstigste durchgesetzt. Auf Strandgebieten wechselnder oder gar abnehmender Höhenlage haften der Bauweise jedoch Mängel an, weil, wie oben schon erwähnt, keine ausreichende Sicherung der Buhnenlängsseiten vorhanden ist, bzw. diese mit großem Kostenaufwand durch immer weitere Anbauten von Seitenbermen hergestellt werden muß.

In Abweichung von der bisherigen durchlässigen Bauweise entstand auf Borkum 1925 die erste undurchlässige Buhne als Kastenbuhne (Buhne 15a). Die Seitenwände des Kastens (2,50 m breit) wurden in Spundwandbauweise hergestellt (aus Kiefer). Die Außenseiten der Spundwände sind durch Packlagen weich zum Strand hin ausgebildet, die Vorlagen sollten gleichzeitig vor Holzschädlingen schützen. Die Buhne hat sich in den darauffolgenden harten Wetterlagen bewährt.

Durch die zunehmenden Sandverluste am Nordstrand von Borkum drohten die dort von 1869 bis 1906 gebauten Steinbuhnen völlig zu verfallen. Auf Grund der guten Erfahrung mit der Kastenbuhne 15a (siehe oben) wurden die Steinbuhnen 1, 2, 5 und 7 sowie 18 aufgegeben und durch 6 Kastenbuhnen in dichter Bauweise ersetzt, in jeweils 10 m Abstand von den alten Buhnen (1927/28). Man verwendete kieferne, diese nun teerölgetränkt, und eiserne Spundbohlen. Der Spundwandkasten erhielt eine Breite von 4 bis 6 m, alle 7 m wurde der Spundwandkasten durch Querwände unterteilt und die Längswände gegenseitig verankert. Besondere Sorgfalt verwendete man auf die Dichtung der Fugen zwischen den hölzernen Bohlen, um ein Auslaufen des Füllsandes zu verhindern. Bei weiteren Neubauten als Ersatz abgängiger Pfahl- und Steinbuhnen wird auf Borkum überwiegend die Kastenbauweise verwendet. Nach 1945 wurden auf Borkum 7 Buhnen dieser Bauweise und 1 Buhne auf Norderney errichtet. Die Kästen wurden mit Sand, teilweise auch mit Betonbrocken oder sonstigem Trümmergut, zum Teil auf Buschmatten als Unterlage, gefüllt und mit Basaltsäulen auf einer 20 bis 40 cm starken Splitt- und Schotterunterlage abgeplästert.

Die Buhnenköpfe sind gegen Auskolkung durch kräftige Sinkstücke mit Steinschüttung geschützt (Abb. 15).

Einwandbuhnen

Der Bau von Kastenbuhnen auf Borkum führte zu einer weiteren Buhnenbauweise, der Einwandbuhne.

Bei Einbruch des Winters und Einstellung der Arbeiten konnte bei zwei Kastenbuhnen auf großer Länge nur eine Längsseite des Kastens gerammt werden. Die einwandigen Teile zeigten nach Wiederaufnahme der Arbeiten keine Beschädigungen und keinerlei nachteilige Wirkungen. Da die einwandigen Buhnen wesentlich geringere Baukosten erfordern, lag es nahe, aus Gründen

der Ersparnis nun auch einwandige Bühnen zu bauen. Bühnen dieser Art entstanden auf Borkum, Norderney und auf Baltrum. Zur besseren Versteifung erhielten die Einzelwände an beiden Seiten eine Verholmung (Abb. 16).

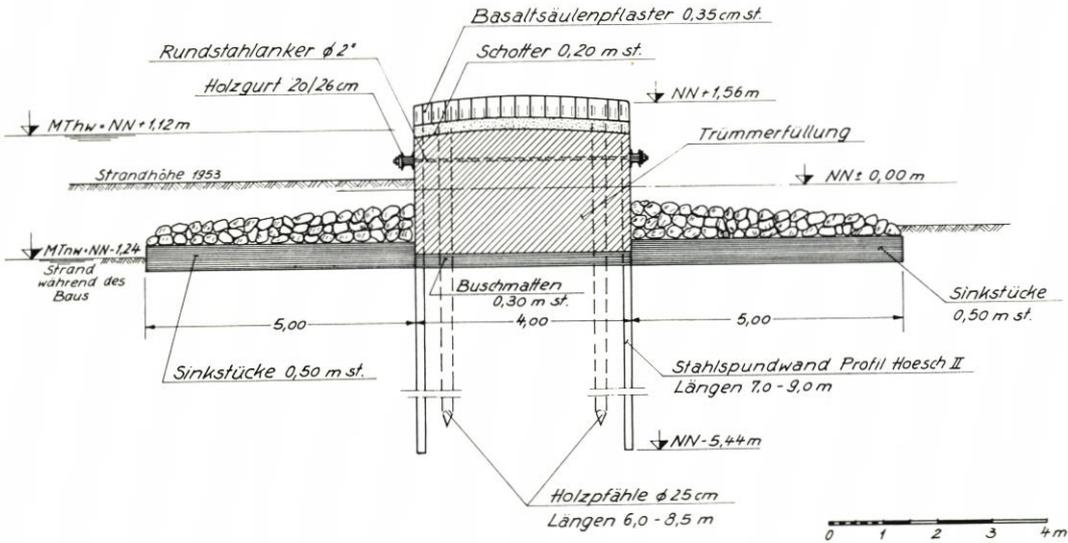


Abb. 15. Kastenbuhne S1 auf Norderney (1952)

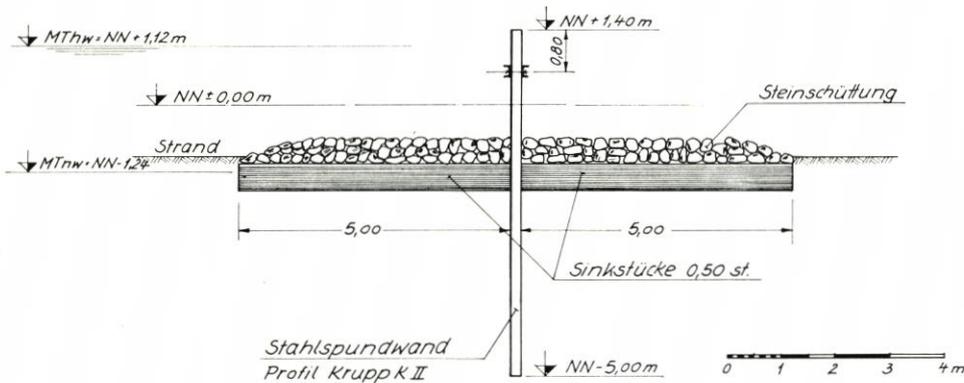


Abb. 16. Einwandbuhne aus Stahlpundbohlen auf Norderney, Buhne P1 (1951)

Kombinierte Kasten- und Einwandbühnen

Die beschränkte Verwendbarkeit von Einwandbühnen stellte sich bei den in den Jahren von 1933/34 auf Norderney gebauten Zwischenbühnen heraus, die am Westkopf an einem stark im Angriff liegenden Strandabschnitt mit wechselnden Strandhöhen und starker Brandung gebaut waren. Die Bohlen der einwandigen Bühnen unterlagen durch Sandschliff einer so starken Abnutzung, daß beide Zwischenbühnen bereits 1951 auf rd. 50 m Länge erneuert werden mußten.

Eine wirtschaftlich günstige und den Strandverhältnissen besser anzupassende Bauweise ist die Kombination zwischen Kasten- und Einwandbuhne, d. h., Kopfteil als Strombuhne in Kastenform mit landseitigem Anschluß als Einwandbuhne.

Nach der schweren Sturmflut von 1949 wurde das Buhnensystem auf Norderney nach Osten um 12 Buhnen erweitert (Buhnen M 1 bis X 1), eine Maßnahme, zu der die Arbeitsgruppe Norderney im Küstenausschuß Nord- und Ostsee in der „Gutachtlichen Stellungnahme“ (3) geraten hatte. In diesem Strandabschnitt hatten sich durch ständige Sandverluste Wassertiefen von mehr als 3 m bei Niedrigwasser eingestellt.

Der Bau dieser 12 Buhnen (davon eine als durchgehende Kastenbuhne, siehe weiter oben) war mit großen Schwierigkeiten verbunden (Sturmflutschäden während der Bauausführung), über die PEPPER ausführlich berichtet hat (50).

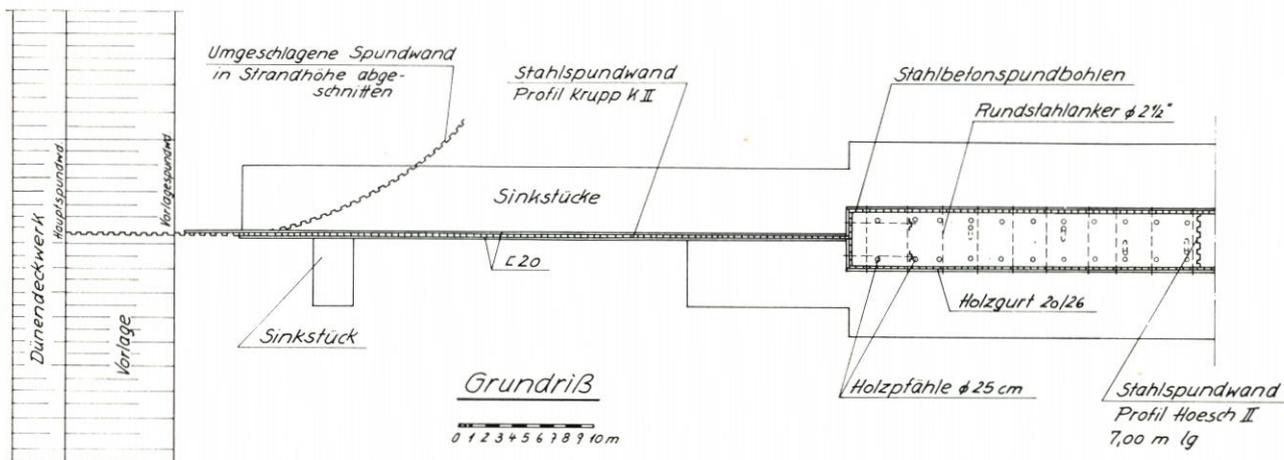


Abb. 17. Kombinierte Einwand- und Kastenbuhne P 1 auf Norderney (1951)

Die Bauweise der Buhnen ist unterschiedlich. 1950 verwendete man für die ersten 6 Buhnen im einwandigen Abschnitt Stahlsplundbohlen und für die Kästen, die 1951 bis 1953 vorgebaut wurden, vorgespannte Betonsplundbohlen. Die weiteren Buhnen auf Norderney erhielten dann sowohl im einwandigen wie auch im Kastenprofil Betonsplundbohlen (Abb. 17).

Die 8 kombinierten Kasten- und Einwandbuhnen auf Borkum, die von 1930 bis 1954 gebaut wurden, entsprechen im wesentlichen der in Abb. 17 gezeigten Konstruktion, lediglich der Übergang vom einwandigen Teil zum Kasten wurde (im Grundriß) nicht rechtwinklig, sondern hydraulisch günstiger, in Form eines spitzen Dreiecks ausgeführt.

Eine Abweichung der kombinierten Kasten- und Einwandbuhne entstand auf Norderney. Die ursprünglich (1952) als einreihige Pfahlbuhne in aufgelöster Bauweise hergestellten Buhnen W 1 und C 1, mit einem halben Pfahldurchmesser (W 1) und einem ganzen Pfahldurchmesser (X 1) als Zwischenraum, mußten 1954 durch einen Kasten, ebenfalls aus Holzpfählen, am Kopf verstärkt werden.

Unterwasserbuhnen

In dem Bilanzbericht über die Inselfchutzmaßnahmen auf Wangerooge (LÜDERS und WITTECKE, 44) wird der oldenburgische Oberbaudirektor O. LASIUS aus einer Veröffentlichung „Wangerooge und seine Seezeichen“ hierzu folgendermaßen zitiert: „Ein Versuch, die Strom-

rinne zwischen der Insel und dem Riff durch Faschinenwerke zu coupieren, mißlang im Frühjahr 1837, später wurde der Zweck erreicht, als man die Balge an beiden Enden zugleich durchdämmte und vollzog sich dort nach wenigen Jahren eine vollständige Vereinigung des Riffs mit der Insel, die nun während zweier Jahrzehnte sich ungetrübter Sicherheit erfreut.“ Man könnte, so stellen die Verfasser des Bilanzberichtes fest, diese „Coupierungen“ als die Vorläufer der Unterwasserbuhnen ansehen.

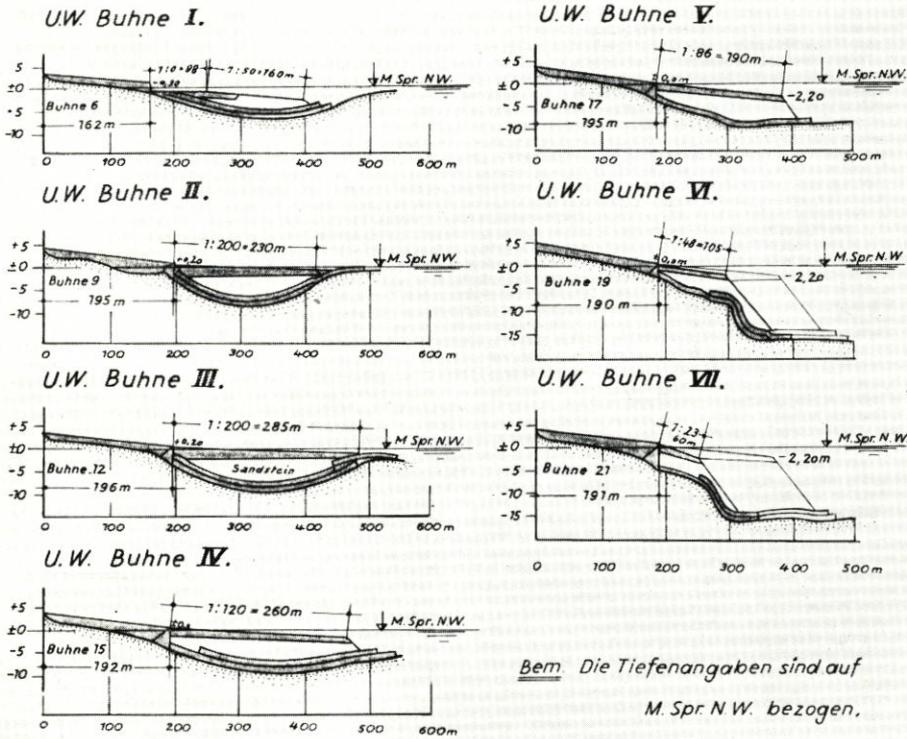


Abb. 18. Längsschnitte der Unterwasserbuhnen I-VII auf Borkum

Über die Unterwasserverlängerungen einiger Buhnen auf Norderney wurde oben berichtet. Ausgeprägter als dort begann 1933 am Westkopf von Borkum auf Veranlassung des für den Uferschutz auf Borkum zuständigen Referenten im Reichsverkehrsministerium, Ministerialrat Rudolf Schmidt, der Bau von Unterwasserbuhnen. Die Situation, die zu diesen Bauten Veranlassung gab, ist im Abschnitt II, 1 dargestellt. Kurz zusammengefaßt ging es darum, das Strandgätle durch Vorverlegen der Buhnen-Streichlinie vom Strand abzudrängen. Auf Abbildung 18, die dem Bilanzbericht von Kattenbusch (24) entnommen wurde, sind die Längsschnitte der Unterwasserbuhnen I bis VII dargestellt. Die Unterwasserbuhnen schließen an die dort vorhandenen Strandbuhnen an. Sie bestehen aus schweren Sinkstückvorlagen mit Steinkörpern.

Nach den ersten 4 Unterwasserbuhnen (I bis IV), die von 1933 bis 1936 gebaut wurden, folgten in den Jahren von 1937 bis 1938 die Unterwasserbuhnen V bis VII. Mit dem Bau der letztgenannten Buhnen wurde der Zweck verfolgt, den Strom der Westerems, die unmittelbar vor der Insel Tiefen von 35 m aufweist, von dem Inselsockel abzuhalten.

Das Unterwasserschutzsystem mußte in den folgenden Jahren noch um die Unterwasserbuhnen VIII und IX (1939 – durch Krieg unterbrochen – bis 1950) und schließlich 1962 durch die Unterwasserbuhne X erweitert werden.

Der Verbau des Strandgatjes am Nordweststrand durch die Unterwasserbuhnen I bis IV war erfolgreich; das Gatje versandete und das Borkumer Platje landete an. Insgesamt gesehen schützen die 10 Unterwasserbuhnen auf Borkum den Inselsockel, indem sie als Strombuhnen den Flut- und Ebbestrom aus der unmittelbaren Inselnähe ablenken.

Die Unterwasserbuhnen IV und V auf Borkum sind in Höhe der Bühnenköpfe 15 und 17 im Jahre 1937 durch ein Unterwasserlängswerk mit Oberkante etwa auf Mitteltideniedrigwasser verbunden worden. Die Bauweise des Längswerks entspricht derjenigen der Unterwasserbuhnen. Eine besondere Wirkung dieses Bauwerks ist jedoch nicht zu erkennen.

Verlängerung der Buhne H auf Wangerooge

Die Buhne H am Westkopf von Wangerooge (Abb. 7) ist mit den ersten Bühnenbauten nach Norderneyer Bauart 1877 als Strandbuhne gebaut worden. Nach dem Vorbau im Jahre 1884 hatte sie eine Länge von 290 m.

Wie bereits ausgeführt, hatte sich die Harle unter gleichzeitiger Ostausdehnung der Insel Spiekeroog nach Osten verlagert, wobei sie im nördlichen Teil aus bisher nordwestlicher Richtung in eine nördliche umschwenkte. Gleichzeitig bildete sich unmittelbar vor den Strandschutzwerken des Westkopfes – etwa ab 1910 – eine zweite Seegatrinne, die „Dove Harle“, die sich von Jahr zu Jahr mehr vertiefte, ihre Wasserführung vergrößerte und zur Hauptseegatrinne zu werden drohte.

Um diese Entwicklung zu unterbinden, ist in den Jahren von 1938 bis 1940 die Buhne H um 1170 m bis an die Ostseite der Harle verlängert worden.

Nach dem Entwurfsquerschnitt sollte die Krone auf Mitteltidehochwasser liegen. Durch den Krieg bedingt konnte die Buhne jedoch nur bis etwa 0,50 m über Mitteltideniedrigwasser ausgebaut werden.

Die erhofften Wirkungen der Bühnenverlängerung traten bald in Erscheinung. Die Harle drehte wieder nach Westen zurück und nahm an Wassertiefe zu, die „Dove Harle“ bildete sich zurück und die Strandverhältnisse verbesserten sich (36).

Von 1962 bis 1964 mußte die Buhne an vielen Stellen wieder aufgehöhrt werden, da die Krone durch Strömung, Brandung und Eisgang z. T. erheblich – besonders im Durchflußbereich der „Doven Harle“ – abgetragen worden war.

Die heutigen Verhältnisse im Bereich der Harle und am Westkopf Wangerooes zeigen, daß die Kronenhöhe der Buhne H etwa auf Mitteltideniedrigwasser mutmaßlich ausreichend ist, denn die Harle ist nach Westen abgedrängt und die „Dove Harle“ ist als morphologisch gestaltende Kraft anscheinend ausgeschaltet. Ob durch eine Erhöhung auf Mitteltidehochwasser die Strandverhältnisse am Westkopf noch weiter verbessert werden können, oder ob aus Gründen einer wirtschaftlicheren Unterhaltung eine Höherlegung der Bühnenkrone anzustreben ist, wird z. Z. noch untersucht.

c) Die Unterhaltung der Bauwerke

Die Strandabnahmen auf allen mit Bühnen geschützten Inseln erforderten meist schon kurz nach der Herstellung der Bühnen große Aufwendungen zur Verstärkung der Seitenbermen und

der Bühnenköpfe (Abb. 19). Wie aus der Tabelle Nr. 4 zu ersehen ist, mußten im Laufe der folgenden Jahrzehnte viele Bühnen durch solche in stärkerer Bauweise ersetzt und zum Teil auch aufgegeben werden, andere wurden durch Verstärkungen in ihrer Substanz erhalten.

Die kostspieligste Sicherung der Bühnen im Unterhaltungswege ist das Einfassen der Bermen durch Spundwände, eine Maßnahme, die in großem Umfange in den dreißiger Jahren auf Baltrum durchgeführt wurde. Eine weitere ebenfalls aufwendige Sicherung ist das Einrammen einer Spundwand in Bühnenlängsachse (Abb. 20).

Bei den Stahlspundwänden treten erhebliche Zerstörungen durch den Sandschliff auf. Durch Aufschweißen von 1,00 m hohen Blechen im Bereich der Sandschliffzone kann die Lebensdauer der Bohlen erheblich verlängert werden (24). Diese einfache und wenig kostspielige Methode, die von DETTMERS¹⁷⁾ angegeben wurde, sollte an keiner Stahlspundwand in Sandschliffgebieten fehlen.

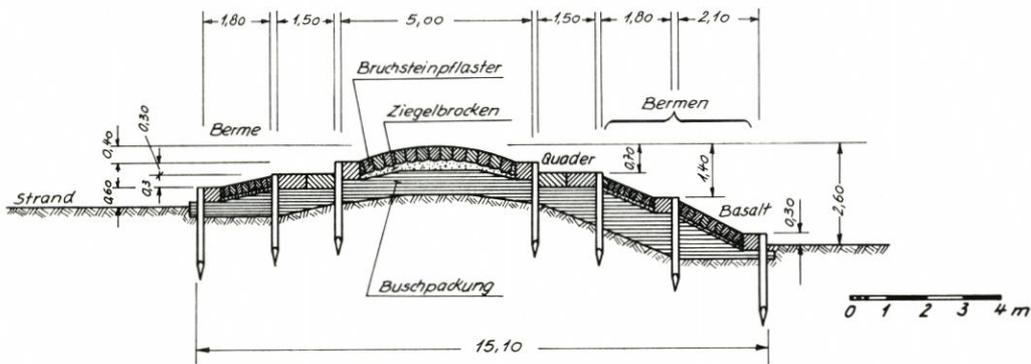


Abb. 19. Seitlich verstärkte Steinbühne, Bühne 5 auf Borkum (Norderneyer Profil)

In zunehmendem Umfang wird im Seewasserbau Bitumen verwendet¹⁸⁾. Der Asphaltverguß von Schüttsteinbühnen, so auf Spiekeroog 1957, hat nicht immer befriedigt. Es mag daran gelegen haben, daß keine gute Umhüllung der Steine erreicht wurde, und daß die Schüttsteine nicht ausreichend sauber und trocken waren¹⁹⁾.

Das Bestreben, die Bühnenflanken zu dichten und ein Herausschlagen der Schüttsteine zu verhindern, führte 1959 auf Wangerooge zu Versuchen mit Colcrete-Mörtel²⁰⁾.

Schwierigkeiten treten – ähnlich wie bei dem Bitumenverguß – dann auf, wenn die Seitenböschungen der Bühnen in der MTnw-Linie liegen und dem Wellenschlag ausgesetzt sind. 1966 und 1967 sind bei der Instandsetzung der Bühnen A und B auf Wangerooge sogenannte Injektionsbetonmatten verwendet worden (Abb. 21). Die Matten bestehen aus einem Nylongewebe und ähneln einer zunächst noch ungefüllten Matratze, die mit besonderen Abstandshaltern,

¹⁷⁾ Oberregierungsbaurat DETTMERS, Vorstand des für die Insel Borkum zuständigen Wasser- und Schiffsamtes Emden vom 1. 3. 1937–8. 5. 1945.

¹⁸⁾ Über die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten von Bitumen, gemischt mit Mineral und Füllern (Bitumensand, Bitumensplitt, Sandasphalt, feiner und grober Asphaltbeton), siehe Nr. 52, 57 und Nr. 63 des Schrifttums.

¹⁹⁾ Ähnliche Erscheinungen sind auch an dem westlichen Leitdamm in der Zufahrt zum Hafen Norddeich zu beobachten, dessen Steinabdeckung im Jahre 1954 mit einem Bitumeneinguß versehen wurde.

²⁰⁾ Der Colcrete-Mörtel (Colgrout) wird in Sondermischern mit hoher Umdrehungszahl aufbereitet und hat ohne Beigabe von Zusätzen kolloidale Eigenschaften.

Tabelle 4

Bauweise, Baujahr und Anzahl der Seebühnen

Insel	Borkum	Juist	Norderney	Baltrum	Spiekeroog	Wangerooge												
Bauweise	Baujahr Erst- bau noch han- den	Erst- bau noch han- den	Baujahr Erst- bau noch han- den	Erst- bau noch han- den	Baujahr Erst- bau noch han- den	Baujahr Erst- bau noch han- den												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
A	Buscbühnen ohne Steinabdeckung	—	—	—	—	—	1846	2	—	—	—	—	1912	2	—	1815/34	10	—
B	Steinbühnen (Borkumer Bauart)	1869/77 1894 1916	12 2 1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
C	Steinbühnen (Norderneyer Bauart)	1879/1906	13	1913/20	4	4	1861/1914 1948	13	14	1873/1904	15	14	1873/88	12	12	1874/1910 1920/42	18	4
D	Einreihige hölzerne Pfahlbühnen	1906 1914/16 1960/61	1 4 2	1913/20	3	3	1917	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E	Zweireihige hölzerne Pfahlbühnen	1907	1	—	—	—	1915	1	1	—	—	—	—	—	—	~1930	1	—
F	Kastenbühnen	1925 1927/61	1 13	—	—	—	1952	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
G	Einwandbühnen	1934/35/49	4	—	—	—	1933/34	2	1	1949	1	1	—	—	—	—	—	—
H	Kombinierte Kasten- und Einwandbühnen	1930-54 1968	8 2	10	—	—	1948 1950/53 1952/54	2 9 2	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
J	Unterwasser- bühnen u. Bühnen- verlängerung	1933/47 1950 1961/62	8 1 1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Gesamtzahl	—	32	—	7	—	—	32	—	—	15	—	—	12	—	—	23	—

in diesem Falle von 8 cm Länge, versehen sind. Die Matten werden auf der Steinböschung ausgelegt, am Böschungsfuß, notfalls mit Taucherhilfe, verankert und anschließend mit Colcrete gefüllt. Im Schutze solcher Matten können die Steinböschungen dann bis zum Fuß mit Colcrete vergossen werden. Die Bauweise hat sich bewährt. Ihre Anwendung verspricht bei stärkerem



Abb. 20
Buhne F auf Baltrum
mit Spundwand in
Buhnenlängsachse



Abb. 21
Verlegen von Injektions-
betonmatten bei der
Instandsetzung der
Buhne A und B auf
Wangerooge (1967)

Wellenschlag jedoch keinen Erfolg mehr, da das Festlegen der Matten am Böschungsfuß Schwierigkeiten bereitet. Für die Instandsetzung von Steinbuhnen, die ständig einem starken Wellenschlag ausgesetzt sind, müssen neue Methoden entwickelt werden. Es wird z. Z. untersucht, ob sich Matten aus Maschendrahtgeflecht, die mit Schotter oder Schüttsteinen gefüllt werden, sog. Gabionen, zur Sicherung der Buhnenflanke eignen.

Die Unterhaltung der Buhnen erfordert ein ständiges Beobachten der Strandentwicklung, damit Veränderungen frühzeitig erkannt und geeignete Gegenmaßnahmen rechtzeitig eingelei-

tet werden können. Die kritischen Strandbereiche an den Westköpfen der Inseln werden daher im Frühjahr jedes Jahr auf festliegenden Profilen bis etwa 800 m seeseitig gepeilt. Die Ergebnisse werden in Zeit/Weg-Pläne eingetragen, so daß die Strandentwicklung anschaulich abzulesen ist. Bei den nicht im Angriff liegenden Nord-, Ost- und Südstränden genügen Peilungen in größeren Zeitabschnitten. Jährlich von festliegenden Punkten aufgenommene Fotoaufnahmen vervollständigen die Beobachtungen. Eine vorzügliche Hilfe im Erkennen der Strandverhältnisse sind außerdem turnusmäßige Luftbildaufnahmen bei Niedrigwasser (Abb. 45).

d) Kritik der Bauweisen und ihrer Wirkung

Auf allen Ostfriesischen Inseln (ohne Langeoog) sind in den letzten rd. 100 Jahren Seebuhnen sehr unterschiedlicher Bauweise gebaut worden, von denen heute, nach vielen Umbauten, insgesamt 121 Buhnen vorhanden sind und feste Schutzsysteme bilden. Auf Borkum, Norderney, Baltrum, Spiekeroog und Wangerooge sind die Buhnen an den Westenden der Inseln errichtet worden, wo sich die stärksten Angriffe und Abbrüche zeigten. Abweichend hiervon wurden die Buhnen auf Juist, dessen Westkopf gut mit Sand versorgt wird, an der Nordseite der Insel gebaut, weil hier ein Inseldurchbruch zu befürchten war.

Die ersten Buhnen sollten den Sandstrand in möglichst großer Breite erhalten und ihn bei eingetretenen Verlusten wieder aufbauen. Diese den Strandbuhnen zugesprochene Aufgabe versagt auf Strandgebieten, die in einem Sandmangelgebiet liegen, d. h. dort, wo auf Grund ungünstiger örtlicher Verhältnisse keine natürliche Sandzufuhr stattfinden kann.

Anhaltende Strandverluste zwangen schließlich, die Stromrinnen, die sich immer näher an die Inselsockel angelegt hatten, abzuweisen, indem man die Strandbuhnen verlängerte, verstärkte und z. T. als Unterwasserbuhnen bis zu den Stromrinnen vorstreckte; die Strandbuhnen wurden dadurch zu Strombuhnen. Die inzwischen erstellten Bauwerke sind dieser Aufgabe gerecht geworden, denn die Stromrinnen konnten in einigen Bereichen völlig abgedrängt oder es konnte ein weiteres Vordringen der Rinnen verhindert werden, so daß die Inselsockel vor weiterem Abtrag geschützt sind.

Die Bauweise der Strombuhnen bereitet auf Grund der dem Seebau heute zur Verfügung stehenden Mittel – sowohl in der Ausführung wie im Material – keine Schwierigkeit, weil die von ihnen zu erfüllende Aufgabe stromabweisende Werke verlangt, über deren Ausbildung keine Unklarheit besteht. So haben sich beispielsweise die Bauweisen, die bei der Herstellung der Unterwasserbuhnen auf Borkum Verwendung fanden, und die Kastenbuhnen mit einwandigem Landanschluß als Strombuhnen gut bewährt.

Als Strandbuhne hat sich auf Stränden mit geringer Höhenänderung die breite und flache Norderneyer Steinbuhne – von diesem Typ sind 62 Buhnen vorhanden – gut bewährt. Es ist hierbei anzustreben, auch die Seitenböschungen flach und rauh auszubilden, damit Brecher und Rippströmungen keine Auskolkungen verursachen. Auf Stränden mit veränderlicher Höhe mußten eine große Anzahl der Steinbuhnen durch Spundwände seitlich gesichert werden, während andere, so besonders auf Borkum, durch stärkere Bauweisen (Kastenbuhnen) ersetzt wurden.

Einreihige und zweireihige hölzerne Pfahlbuhnen eignen sich nur für Strandabschnitte, wo genügend Sandzufuhr vorhanden ist. Die dichten Einwandbuhnen aus Stahl- oder Betonspundbohlen haben sich ebenfalls nur auf Strandabschnitten bewährt, die zur Anlandung neigen. Hochstehende Wände, gleichgültig ob aus Stahl- oder Betonspundbohlen, sind Fremdkörper im Strand, sie widersprechen der Forderung, daß die Buhnen einen möglichst weichen und brandungsmildernden Übergang zum Strand hin bilden sollen.

Obwohl echte Vergleiche fehlen, sind anscheinend die Betonbohlen den Stahlspundbohlen

überlegen. Die im Jahre 1951 auf Norderney bei dem Bau der Buhnen V 1, P 1 und R 1 gerammten 68 Stahlbetonspundbohlen von 7 m Länge, einem Querschnitt von 23/50 cm und der Betongüte B 450, teils vorgespannt, teils schlaff bewehrt, haben an Festigkeit bis heute nichts eingebüßt. Die Bohlen weisen bis heute keine Zerstörungserscheinungen auf. Die Beanspruchung ist allerdings in den letzten Jahren geringer geworden, da sich der Strand aufgehöhht hat. Den Vorteilen von der Materialseite her stehen jedoch zwei wesentliche Nachteile bautechnischer Art gegenüber. Aus Stahlbetonbohlen läßt sich nur schwer – besonders im Seebereich – eine gut ausgerichtete und insbesondere dicht schließende Wand herstellen; so erforderte die Dichtung der aus Stahlbetonbohlen hergestellten Kastenbuhnen auf Borkum aufwendige Maßnahmen. Zum anderen benötigen die schweren Betonbohlen eine Baustelleneinrichtung, die hier besonders kostspielig ist.

Außer durch die Form, die Bauweise und das Material wird die Wirkung der Buhnen von folgenden Systemmaßen beeinflusst (siehe Tabelle Nr. 5):

1. Länge der Buhnen (Spalte 3).
2. Neigung der Buhnen in Längsachse (Spalte 4).
3. Gegenseitiger Abstand der Buhnen in Feldmitte (Spalte 5).
4. Verhältnis der Buhnenlänge zur Buhnenfeldbreite (Spalte 6)²¹⁾.
5. Höhe der Wurzel über MThw (Spalte 7).
6. Höhe des Buhnenkopfes über MTnw (Spalte 10).

Für das Buhnensystem auf Spiekeroog sind die obengenannten Werte (Zustand an einem Meßtag im Jahre 1966) in Tabelle 5 eingetragen. Positive Werte in den Spalten 9 und 12 bedeuten, daß die Wurzeln und die Köpfe der Buhnen unter Sand liegen. Mit Ausnahme der Buhne AF, die in den Spalten negative Werte hat, sind die übrigen Werte positiv, der Vorstrand liegt also auf der angestrebten Höhenlage. Die Klammerwerte in den Spalten 8 und 11 sind Meßwerte vom Februar 1968; hiernach ergeben sich Werte in den Spalten 9 und 12, die sehr viel ungünstiger sind. Die Strandlage von 1966 scheint die Systemwerte der Buhnen zu rechtfertigen, die von 1968 läßt dagegen Zweifel aufkommen, ob die Buhnen in ihrer Lage und Höhe richtig liegen. Die Unsicherheit in der richtigen Anordnung eines Buhnensystems und in der Festlegung der Buhnenhöhen und ihrer Neigung nach See hin entsteht aus dem Auf und Ab der Strandhöhe von einem Extrem zum anderen.

Auf Strandabschnitten mit bleibender guter Sandversorgung, dem einen Extrem, erübrigen sich sowohl Strand- wie auch Strombuhnen (Juist und Langeoog). Das andere Extrem sind Strände in konstanten Sandmangelgebieten. Als ausgeprägtes Beispiel zeigen die Verhältnisse am West- und Nordweststrand von Norderney, daß die Buhnen den Sandverlust wahrscheinlich verzögern, auf die Dauer aber nicht verhindern können. Hier haben sich Buhnen bewährt, die mit Unterwasserverlängerungen den in solchen Strandabschnitten üblichen, hart am Vorstrand entlang führenden Küstenstrom soweit wie möglich vom Inselsockel abdrängen und sich im übrigen der natürlichen Strandlage anpassen, die in gewissen Zeitabständen durch künstliche Sandzufuhr (vgl. Abschnitt V, 4) mit vertretbarem Kostenaufwand wieder hergestellt werden kann.

Zwischen diesen beiden Extremen pendelt der Strandbereich auf den Inseln. Nach Zeiten ausreichender Sandversorgung folgen solche, in denen der Strand an Höhe wieder abnimmt. Für diese Strandbereiche lassen sich – zumindest nach den Erfahrungen mit den Buhnenbauten auf den Ostfriesischen Inseln – keine allgemeingültigen Angaben für die weiter oben unter 1) bis 6) genannten Systeme angeben. Ein Vergleich der vorhandenen Buhnensysteme mit den

²¹⁾ Hier nur als Vergleichswert für die Buhnensysteme auf den übrigen Ostfriesischen Inseln eingetragen.

verschiedenen Strandlagen läßt erkennen, daß die Buhnen in diesen Bereichen jeweils der natürlichen Strandlage angepaßt werden müssen.

Die natürliche Strandlage, die auf den Inseln auch abschnittsweise noch unterschiedlich ist, kann nur unter Auswertung langjähriger Strandpeilungen (Zeit-Weg-Pläne) festgelegt werden.

3. Uferparallele Dünenschutzwerke

a) Der Bau von Dünenschutzwerken

Da ein aktiver Inselchutz, unter Förderung der Strandzunahme, durch den Buhnenbau nicht erreicht wurde, blieb auf allen Ostfriesischen Inseln, auf denen zu Beginn der 60er Jahre des vorigen Jahrhunderts Seebuhnen gebaut worden sind, der Strand an den besonders im Angriff liegenden Westköpfen weiterhin im Abtrag. Obwohl besonders durch die bis zu den Stromrinnen vorgebauten Buhnen die Inselsockel gesichert werden konnten, führten die Sandverluste im Vorstrand zu stärkeren Angriffen auf die Randdünen, deren weitere Zerstörung die Inseln mit den darauf inzwischen errichteten Anlagen ernsthaft gefährdet haben würden. Aus diesem Grunde war man schon früh zu Maßnahmen gezwungen, die der Sicherung der Dünenfauna dienen sollten. Dünenschutzwerke – gleich welcher Bauweise – sind lediglich Verteidigungswerke, die eine Erosion des Strandes nicht verhindern können.

In der Tabelle Nr. 6 sind die Bauweisen und die Entstehungszeit der Dünenschutzwerke eingetragen, soweit Angaben hierüber vorlagen.

Die leichten Bauweisen

Faschinenspreitlage ohne Steinabdeckung

Die Befestigung der Randdünenböschungen durch eine Faschinenspreitlage, die in den Jahren von 1864 bis 1867 auf Norderney ausgeführt wurde, stellt die leichteste Bauweise dar, sie mußte bereits 1884 durch stärkere Werke ersetzt werden.

Diese bestanden aus einer mit Stroh bestickten Kleiböschung, auf der eine Faschinendecke, durch Flechtzäune und Pfähle befestigt, aufgelegt war.

Steinböschung

In stärkerer Bauweise wurden in den Jahren von 1873 bis 1876 auf Baltrum und Spiekeroog die seeseitigen Dünenhänge durch Steinböschungen auf Buschbettung mit Pfahlwänden geschützt (Abb. 22). Eine flacher geneigte Steinböschung auf Ziegelschotter ohne Pfahlwände auf Wangerooge zeigt die Abb. 27. Diese Pflasterböschung ist in den folgenden Jahrzehnten abwärts zum Fuß wie aufwärts zur Krone hin erweitert und verstärkt worden, worüber weiter unten noch berichtet wird.

Die genannten Steinböschungen haben einen großen Unterhaltungsaufwand erfordert. Mit Ausnahme der Wangerooger Böschung, die endgültig erst nach der Februarsturmflut 1962 ersetzt wurde, mußten die befestigten Böschungen auf Baltrum und Spiekeroog knapp 10 Jahre nach ihrer Errichtung durch stärkere Schutzwerke ersetzt werden.

Tabelle 5
 Bühnen auf Spiekeroog
 (Längen, Neigung, Abstände mit Höhenangaben)
 - Zustand 1966 -

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ldf. Nr.	Bezeichnung	Länge (m)	Neigung	Abstand (m)	Verhältnis Länge zu Abstand	Höhe der Wurzel	auf MThw bezogen Strandhöhe an der Wurzel	Differenz (8) - (7) cm	auf MTnw bezogen Höhe des Kopfes	Strandhöhe am Kopf	Differenz (11) - (10) cm
1	AF	221	~ 1:50	175 ¹⁾	~ 1:0,9	+ 75	+ 10 (+ 159)	- 65 (+ 84)	+ 30	- 70 (+ 27)	- 100 (- 3)
2	AE	177	1:50	125	~ 1:0,8	+ 105	+ 155 (+ 161)	+ 50 (+ 56)	+ 35	+ 75 (+ 50)	+ 40 (+ 15)
3	AD	151	~ 1:50	130	~ 1:0,9	+ 95	+ 145 (- 1)	+ 50 (- 96)	+ 60	+ 95 (- 42)	+ 35 (- 102)
4	AC	156	~ 1:50	130	~ 1:0,9	+ 25	+ 175 (- 63)	+ 150 (- 88)	+ 45	+ 110 (- 54)	+ 65 (- 99)
5	AB	153	~ 1:50	130	~ 1:0,9	+ 15	+ 140 (- 95)	+ 125 (- 110)	+ 40	+ 95 (- 66)	+ 55 (- 106)
6	AA	140	~ 1:50	140	1:1	+ 25	+ 135	+ 110	± 0	+ 110	+ 110
7	A	140	~ 1:50	150	~ 1:1	+ 75	+ 155	+ 80	- 15	+ 120	+ 135
8	B	145	1:50	160	~ 1:1,1	+ 75	+ 180	+ 105	+ 35	+ 105	+ 70
9	C	152	1:50	165	~ 1:1,1	+ 80	+ 195	+ 115	+ 35	+ 135	+ 100
10	D	146	1:50	150	1:1	+ 85	+ 210	+ 125	+ 35	+ 125	+ 90
11	E	154	1:50	150	1:1	+ 90	+ 310	+ 220	+ 35	+ 95	+ 60
12	F	146	1:50			+ 120	+ 305	+ 185	+ 35	+ 70	+ 35

MThw = NN + 1,25 m

MTnw = NN - 1,34 m

1) In Feldmitte.

2) Klammerwerte = Zustand Februar 1968.

Tabelle 6
Bauweise und Entstehungszeit der Dünenschutzwerke

Insel	Borkum			Juist			Norderney			Baltrum			Spiekeroog			Wangerooge		
	Baujahr	hergestellte Länge (m)	vorhandene Länge (m)	Baujahr	hergestellte Länge (m)	vorhandene Länge (m)	Baujahr	hergestellte Länge (m)	vorhandene Länge (m)	Baujahr	hergestellte Länge (m)	vorhandene Länge (m)	Baujahr	hergestellte Länge (m)	vorhandene Länge (m)	Baujahr	hergestellte Länge (m)	vorhandene Länge (m)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
A	Faschinenspreit- lage ohne Stein- abdeckung	um 1865	unbek.	—	—	—	1864	525	—	—	—	—	—	—	—	vor 1874 am Westkopf	unbek.	—
B	Steinböschung auf Buschbettung mit Pfahlwänden	—	—	—	—	—	—	—	—	1873/75	541	—	1874	60	—	1874/76	998	—
C	Pfahlwerke	1874	520	—	—	—	1874	500	—	1883/95	3650	—	1878/79	236	—	—	—	—
		1878	Umbau	—	—	—	—	—	—	1931	225	225	1879/80	134	—	—	—	—
													1880/81	292	—	—	—	—
													1881/82	140	—	—	—	—
D	Norderneyer S-Profil	1935/47	438	—	—	—	1857	975	—	1926/28	230	—	—	—	—	—	—	—
		1948/65	1521	—	—	—	1883	525	—	1962/63	180	230	—	—	—	—	—	—
				1959	—	—	1897	500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
					1913/14	500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
					1916/17	600	3100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E	Halbsteile Profile	1875/77	743	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1879/80	560	—	1895/98	1560	—
		1878/79	256	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1881	85	—	1899	500	—
		1881	495	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1882/83	375	—	1905	400	—
		1884/89	534	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1916/18	380	—
		1891/96	730	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1928	500	—
		1907/10	1113	1891	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	460	1931/34	280	—
																1916	998	3620

F	Steilprofile (Juister Profile)	—	—	—	1913/20	1382	1916/17 1919	300 250	—	1922/23	630	—	—	—
						1382					630			
G	Steilprofile aus Stahl- od. Beton- spundbohlen	—	—	—	—	—	1915/16	1500	—	1935/36	727	—	—	—
								1500			727			
H	Deckwerke	1953/54	255	—	—	—	1938 1949 1951 1952 1953	100 500 400 250 500	—	—	—	—	—	—
								1750						
J	Rauhdeckwerke	1956 1963	200 407	—	—	—	1960	760	—	1965/66	240	1962/63 1965	560 50	1962/64 998
								1)			240		610	998
K	Kombinierte Dünenschutzwerke	—	—	—	—	—	1962/63 1965/66	1020 495	1)	—	—	—	—	—
	Gesamtlänge:	—	4712	—	—	—	1382	—	—	—	—	—	1797	—
								6350			1325		—	4618

1) Erweiterung des vorhandenen S-Profiles.

2) Instandsetzung.

Pfahlwerke

Das von Holland übernommene uferparallele Pfahlwerk, das 1874 auf Borkum und Norderney, 1878 auf Spiekeroog und 1883 in größerer Länge auf Baltrum errichtet wurde, besteht aus einer oben in 2 m Höhe durchbrochenen, im übrigen dichten Pfahlwand, die in ei-

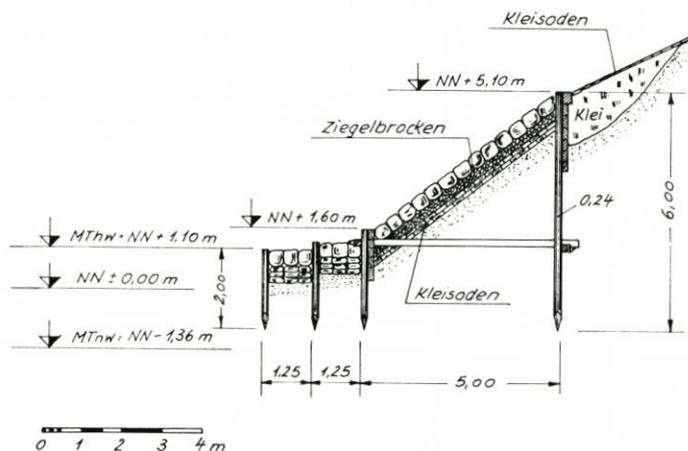


Abb. 22. Steinböschung auf Buschbettung mit Pfahlwänden auf Baltrum (1873-1875)

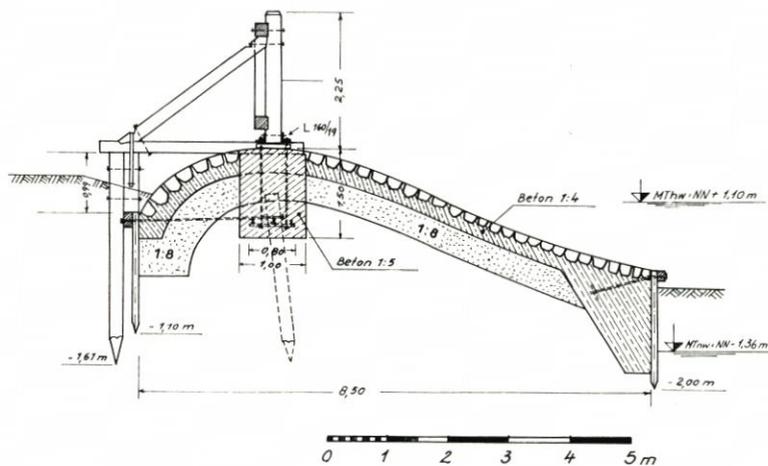


Abb. 23. Pfahlschutzwerke auf Baltrum (1930/31)

nem Steindamm steht (Abb. 23). Trotz Verstärkung der Pfahlwand (durch eine rückwärtige Absteifung) und des Steindammes (durch Fußpundwände) wurden die Werke auf Borkum 1881 und auf Norderney 1897 zerstört. Mit den Pfahlschutzwerken auf Spiekeroog und Baltrum verhielt es sich ähnlich, sie wurden etwas später ersetzt. Lediglich an einem weniger im Angriff liegenden Strandabschnitt im Südwesten von Baltrum, zwischen den Bühnen D und M, ist das Pfahlwerk, nachdem es 1931 völlig umgebaut wurde, beibehalten worden.

Die schwere (Massiv-)Bauweise

Norderneyer S-Profil

In den folgenden Jahrzehnten wurden überwiegend Dünenschutzwerke in Massivbauweise verschiedenster Art gebaut.

Die erste Strandschutzmauer auf den Ostfriesischen Inseln wurde 1857 in 975 m Länge auf Norderney zwischen den Bühnen D und E 1 errichtet. Die Mauerform ist seither als das Norderneyer S-Profil (doppelt gekrümmter Querschnitt) bekannt; konstruktive Einzelheiten sind aus Abb. 24 zu entnehmen. Von dem 1857 gebauten Schutzwerk, das in der nachfolgenden Zeit unverändert blieb, wurde in der Februar-Sturmflut 1962 der Abschnitt zwischen den Bühnen

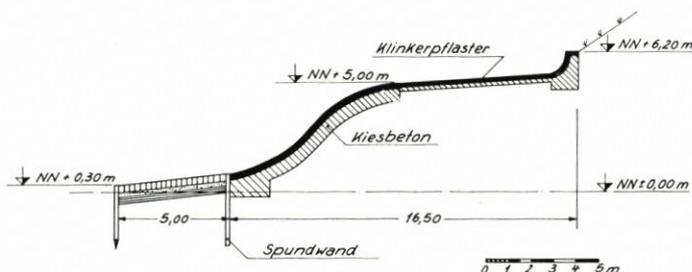


Abb. 24. Norderneyer S-Profil

A bis E 1 zerstört, der übrige Teil steht heute noch. Lediglich an der Vorlage und an dem sogenannten Promenadenweg (Berme) sind Verstärkungen und Instandsetzungsarbeiten erforderlich geworden. Auf Norderney wurde in den Jahren 1883, 1897 und 1916 für die Befestigung der Randdünen weiterhin das langgestreckte S-Profil gebaut.

Die guten Erfahrungen mit dem S-förmig ausgebildeten Dünendeckwerk führten zu weiteren Anwendungen auf den anderen Ostfriesischen Inseln. Nachdem auf Baltrum die zerstörten Pfahlschutzwerke zunächst durch ein Steilprofil ersetzt wurden (siehe Seite 108), wurde der Strand zwischen Buhne D 1 und östlich Buhne B in den Jahren 1926/28 durch das Norderneyer S-Profil gesichert.

Auf Borkum ist das dort entwickelte halbsteile Profil (siehe Seite 106) beginnend ab 1935 in rd. 1900 m Länge in das „Norderneyer S-Profil“ umgebaut worden.

Halbsteile Profile

Nach den schweren Beschädigungen der Pfahlschutzwerke wurden auf Borkum von 1875 bis 1910 rd. 3900 m Dünenschutzwerke neu gebaut. Es wurde ein halbsteiles Profil gewählt, das einer Stützmauer ähnelt. Der Querschnitt ist in Abb. 25 dargestellt. Die Mauer besteht aus „Dünensandbeton“ mit 20 kg/cm² Druckfestigkeit und einer Klinkerrollschicht-Verblendung. Der kleine Krümmungsradius der Mauer mit dem 60 cm hohen senkrechten Aufsatz sollte die auflaufenden Wellen schadlos abweisen.

Nach der schweren Sturmflut im März 1878 ließ die Querschnittsform jedoch Nachteile erkennen. Die Wellen wurden beim Anprall auf die Mauer durch den oberen senkrechten Abschluß hochgeschleudert, so daß erhebliche Spritzwassermengen nicht nur die unter 1:5 geneigte

Abpflasterung, sondern auch die anschließende Randdüne beschädigten. Bei weiteren Bauten wurde die Mauerkrone höhergelegt und der 60 cm hohe, bisher senkrechte Mauerteil abgerundet.

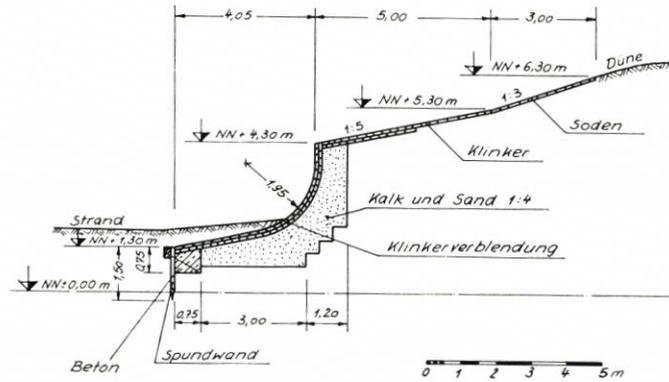


Abb. 25. Halbsteiles Profil auf Borkum (1875 und 1876)

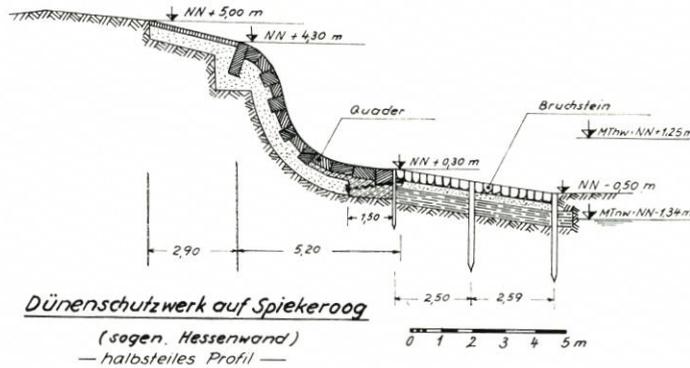


Abb. 26

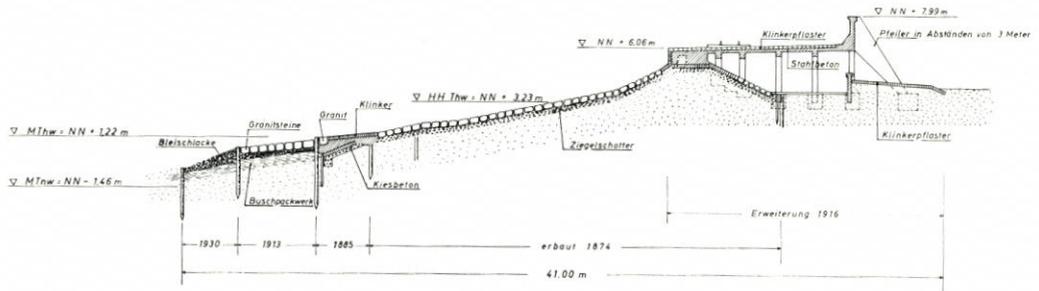


Abb. 27. Ehemaliges Deckwerk am Westkopf von Wangerooge, zerstört am 16./17. 2. 1962

Auf Spiekeroog ist mit dem Bau massiver Stützmauern 1879 begonnen worden, nachdem die 1874/75 gebauten Steinböschungen sich als nicht haltbar erwiesen hatten. Die hier gewählte Bauweise ist ebenfalls ein halbsteiles Profil, obwohl auch eine gewisse Angleichung an die S-Form des Norderneyer Profils angestrebt worden ist, indem der für Borkum zunächst

gewählte senkrechte obere Teil der Mauer abgeflacht wurde. Nach diesem Querschnitt sind 1881 und 1882 weitere Abschnitte gebaut worden. Der im Süden bis zum Anschluß an die „Hohe Düne“ gebaute Abschluß erhielt eine Verblendung aus Sandsteinquadern, die aus Hessen geliefert und von dortigen Arbeitern verlegt wurden. Die Dünenschutzmauer heißt seitdem „Hessenmauer“, sie steht heute noch (Abb. 26).

Auf Wangerooge zwangen 1895 Abbrüche am Nordstrand zum Bau der sogenannten Nordufermauer (ehemals Reichsmauer). Der Querschnitt entspricht etwa dem halbsteilen Borkumer Profil. Bei dem weiteren Bau von Schutzmauern auf Wangerooge wurde dieser Querschnitt beibehalten, so bei der „Oldenburger Mauer“ (1899, 1905 und 1928) und der „Südwestufermauer“ (1916 bis 1918). Im Jahre 1916 wurde auf Wangerooge die im Jahre 1874 gebaute Steinböschung am Westkopf, die Westufermauer – hierüber wurde weiter oben berichtet –, durch eine Stahlbetonkonstruktion (Abb. 27) erweitert. Anlaß dieser Verstärkung waren die Zerstörung des kleinen Wellenbrechers und ein Mauereinbruch auf 10 m Länge. Das Aufbett mit Wellenbrecher sollte das Überschlagen der Wellen verhindern.

Steilprofil (Juister Profil)

Auf Juist waren in den Jahren von 1902 bis 1907 die Randdünen im Bereich des Kurhauses um 27 m abgebrochen; der Abstand von der Steilkante der Randdüne bis zum Kurhaus betrug 1907 nur noch 57 m. Diese Situation gab Veranlassung, in den Jahren von 1913 bis 1920 eine 1382 m lange Schutzmauer zu bauen.

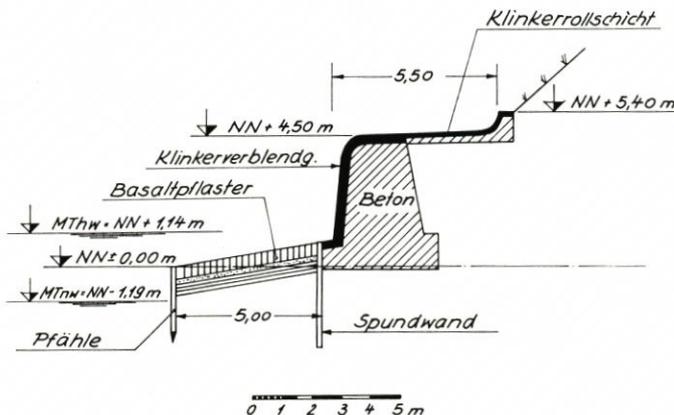


Abb. 28. Juister Profil – Steilprofil

Erstmalig kam hier ein Steilprofil („Juister Profil“) mit einem von dem vorherbeschriebenen grundsätzlich abweichenden Querschnitt (Abb. 28) zur Ausführung. Von der annähernd lotrechten Mauer erwartete man, daß sie bei Freilegung an den Enden und bei Hinterspülungen noch standfest blieb. Einer Bewährungsprobe ist die Juister Mauer nicht ausgesetzt gewesen, denn kurz nach ihrer Fertigstellung sandete sie ein. Heute liegen Mauer und Bühnen unter einer hohen Randdüne, und ein breiter, trockener Vorstrand hält alle Gefahren ab.

Weitere Steilprofile entstanden auf Norderney. In den Jahren 1916/1917 bauten Marinepioniere zwischen den Bühnen Q 1 und R 1 die 300 m lange „Marinemauer“. Sie mußte, wie PEPER (50) berichtet, förmlich in den Sand eingegraben werden, und sie stand zunächst ohne

Anschluß an die Kette der übrigen Schutzwerke, denn sie sollte nur die hinter ihr gelegenen Befestigungswerke der Küstenabwehr schützen.

Außer der „Marinemauer“ ist im Jahre 1919 auf Norderney zwischen den Bühnen L 1 und P 1 noch eine weitere 250 m lange Steilmauer gebaut worden.

Die Zerstörung der Pfahlschutzwerke auf Baltrum, deren Unterhaltung große Kosten verursacht hatte, führte in den 20er Jahren dazu, das Schutzwerk östlich der Bühne E bis



Abb. 29
Dünenschutzwerke auf
Baltrum, im Vorder-
grund Steilprofil, im
Hintergrund S-Profil

Bühne J durch das Juister Steilprofil (Abb. 29) zu ersetzen. Die Mauer hat inzwischen erheblich an Standfestigkeit eingebüßt, so daß geplant ist, in den nächsten Jahren als Ersatz ein 1:4 geneigtes Rauhdeckwerk zu bauen. Es wird erwartet, daß die Strandverhältnisse hierdurch günstig beeinflusst werden.

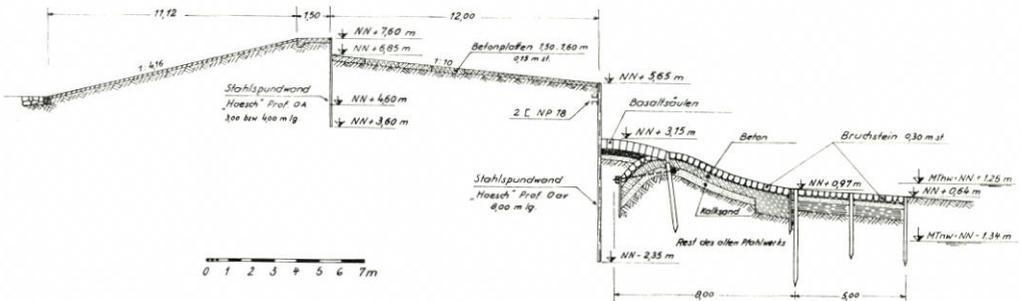


Abb. 30. Steilprofil auf Spiekeroog (Schumacherwand)

Steilprofile aus Stahl- oder Betonspundbohlen

Von der Militärverwaltung ist auf Norderney in den Jahren 1916/17 zum Schutz des im Südwesten der Insel gebauten Flugplatzes von Bühne G bis zur westlichen Hafentmole auf 1465 m Länge eine Spundwand mit Basaltvorlage errichtet worden. Im östlichen Teil bis zur

Hafenmole wurden Stahlspundbohlen und im nordwestlichen Teil Betonspundbohlen gerammt. Der Abschnitt aus Stahlspundbohlen von westlich der Buhne O bis hart östlich des heutigen Lloydanlegers ist 1962 nach Hinterspülung in der Februarsturmflut in ein geböschtes Deckwerk umgebaut worden, die übrigen Abschnitte sind noch gut erhalten.



Abb. 31
Steilprofil auf Spiekeroog,
Ansicht vom Strand



Abb. 32
Steilprofil auf Spiekeroog,
Blick auf Wandebahn und Strand

Ein weiteres Steilprofil aus Stahlspundbohlen ersetzte 1935/36 auf Spiekeroog das zerstörte Pfahlschutzwerk zwischen den Buhnen B (Giftbude) und südlich Buhne AF (Abb. 30 und 31). Im Abschnitt dieser sogenannten „Schumacherwand“ wechseln Perioden völliger Einsandung mit solchen anhaltender Strandverluste bis zur Freilegung der gepflasterten Vorlage, so daß dann die Wand auf 2,50 m frei steht. Dieser Zustand ist zur Zeit wieder eingetreten, und schon bei mittleren Sturmfluten werden große Wassermengen hochgeschlagen und beschädigen die rückwärtige Düne, die sich trotz ständiger Pflege nicht entwickeln kann (Abb. 32).

Deckwerke

Als 1938 Sturmfluten den Ostabschluß der „Marinemauer“ auf Norderney zerstörten, wurde – erstmalig auf den Ostfriesischen Inseln – als Ersatz ein 100 m langes, 1:4 geneigtes Deckwerk gebaut; es erhielt eine Kleidichtung als Unterlage und wurde als Basaltdecke auf Schotter und Kies hergestellt (Abb. 33).

Die guten Erfahrungen mit dem o. a. 1938 gebauten 100 m langen Deckwerk in der Neigung 1:4 führten, als die Sturmflut Januar 1949 auf Norderney das infolge einer sehr tiefen Strandlage vielfach unterhöhlte Dünenschutzwerk (S-Profil) zerschlug, zu der Entscheidung, die Sturmflutlücke ebenfalls mit einem 1:4 geneigten Deckwerk zu schließen. Die Notwendigkeit, noch im selben Jahr den Sturmflutschaden zu beseitigen, die Schwierigkeit, für die Dichtung der 500 m langen Strecke Klei vom Festland heranzuschaffen sowie ein Kostenvergleich ergaben eine eindeutige Entscheidung für eine Dichtungsunterlage aus Asphalt anstelle einer Kleischicht.

Nach 1949 wurden in den Jahren 1951 bis 1953 weitere Deckwerke dieser und ähnlicher Art auf Norderney und 1953 und 1954 auf Borkum gebaut. Als Neigung ist einheitlich 1:4 beibehalten worden. Für die Deckwerke auf Norderney wurden in den Jahren 1951 bis 1953 verschiedene Versuche ausgeführt unter Verwendung von Grobsplitt und Feinsplitt mit Bitumen; schließlich wurde der Einußdecke als dichtende Schicht der Vorzug gegeben. Näheres hierüber schildert PEPPER (50).

Das flach geneigte Deckwerk hat sich heute weitgehend durchgesetzt. Die „Allgemeinen Empfehlungen für den deutschen Küstenschutz“ haben wesentlich dazu beigetragen, daß bei Neuplanungen von Inseln Schutzwerken die gewonnenen Erfahrungen Allgemeingut der Wasserbauer geworden sind. So schreibt die Arbeitsgruppe „Küstenschutz“ des Küstenausschusses

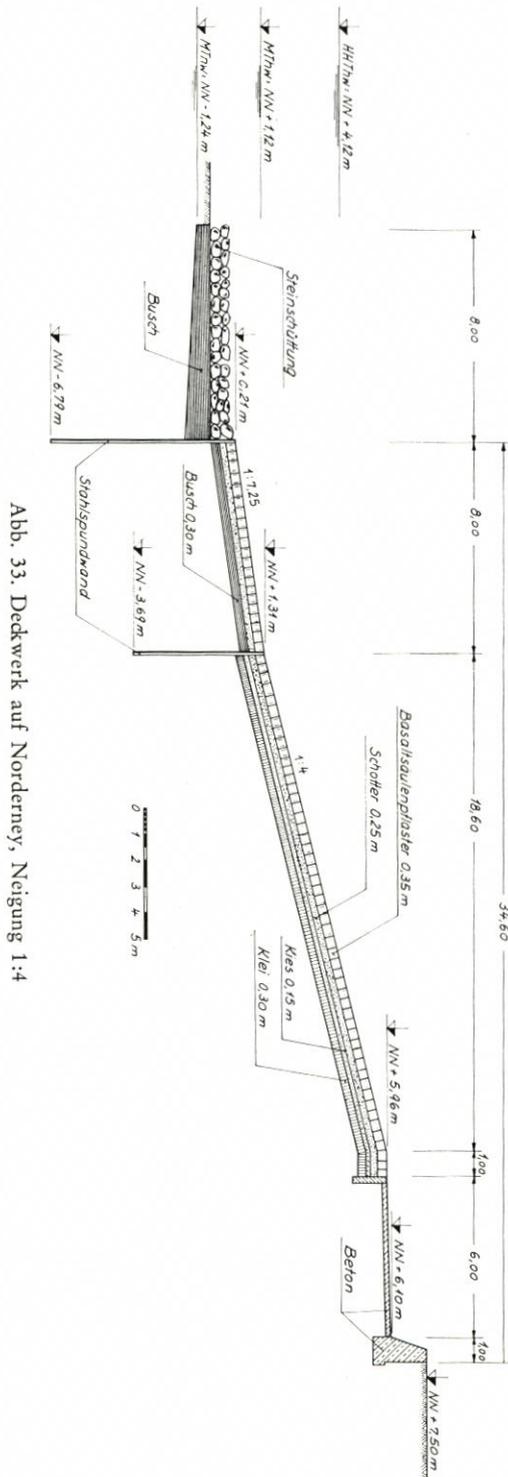


Abb. 33. Deckwerk auf Norderney, Neigung 1:4

Nord- und Ostsee in ihrem Bericht vom 1. 8. 1955 (2): „Bei Strandgebieten mit starkem Brandungsangriff ist ein etwa 1:4 geneigtes Deckwerk zu empfehlen.“

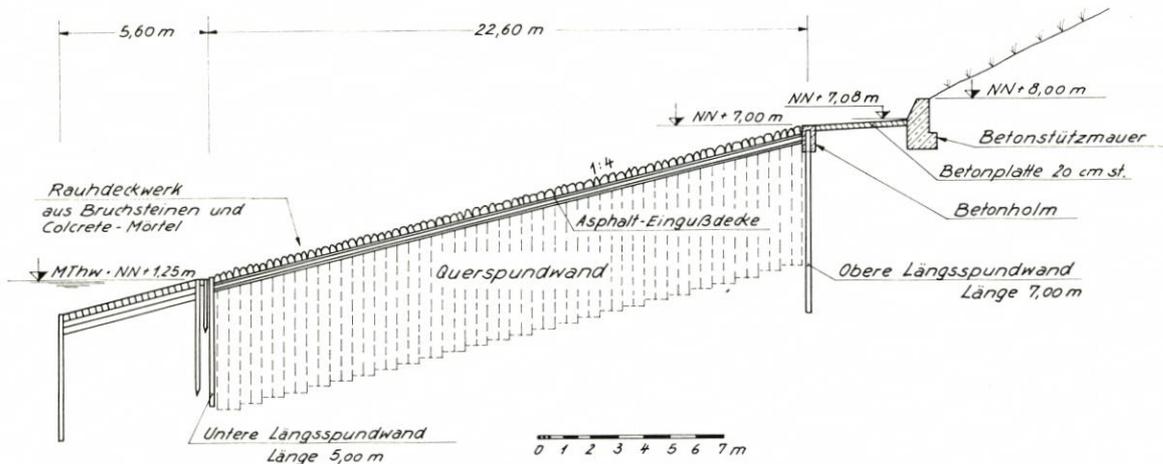


Abb. 34. Rauhdeckwerk auf Spiekeroog (zwischen Buhne B und F)

Rauhdeckwerk

Die Wirkung flach geneigter Deckwerke wurde bei den nächsten Neubauten noch dadurch verstärkt, daß die Oberfläche statt glatt so rauh wie möglich ausgebildet wurde. Als erstes Bauwerk dieser Art entstand auf Borkum ein 1:4 geneigtes Rauhdeckwerk, das 1956 in 200 m Länge am Südstrand in Verlängerung des in den Jahren 1953/54 erstellten leichteren Deckwerkes gebaut wurde. Die Erfahrungen in der Anwendung von Asphalt für die Deckwerke auf Norderney sowie die auf Borkum entwickelte Bauweise eines Deckwerkes mit rauher Oberfläche führten daher zu der 1956 auf Borkum und erstmalig auf den Ostfriesischen Inseln angewandten Kombination „Rauhdeckwerk in Asphaltbauweise“ (5). Man konnte hierbei auf Erfahrungen zurückgreifen, die 1954 bei dem Bau eines schweren Dünendeckwerkes auf der Insel Sylt vor der Ortschaft Westerland gemacht wurden. Die Rauhmigkeit wurde durch das Setzen unterschiedlich langer Basaltsäulen (30 cm und 50 cm) erzielt, die – etwa 10 cm hoch – durch einen Asphaltinguß mit der tragenden Dichtungsschicht fest verbunden wurden. Die im Jahre 1963 auf Borkum-Südstrand gebaute Deckwerksverlängerung von 420 m gleicht dem vorgeschriebenen Querschnitt.

Auf Spiekeroog (1962/63 – Abb. 34 und 35) und auf Baltrum (1965/66 – Abb. 36) sind erstmalig Rauhdeckwerke aus Porphyrsteinen gebaut worden, die durch ihre unregelmäßige Höhe und ihre gezackte Form eine gute Rauhmigkeit ergeben. Als Dichtung wurde eine Asphalt-Eingußdecke eingebaut und als Vergußmasse Colcrete-Mörtel (Colgrout) verwendet. Durch die Baumaßnahme auf Spiekeroog (1962/63) wurde ein Teil des in den Jahren 1879/80 gebauten halbsteilen Profils zwischen den Bühnen A–D, das bei der Februar-Sturmflut 1962 zerstört wurde, ersetzt.

Die Februar-Sturmflut 1962 zerstörte auch das Schutzwerk am Westkopf von Wangerooge (die Westufermauer). Das neue Deckwerk²²⁾ reicht von Buhne U bis etwa Buhne C. Es hat ab

²²⁾ Planung und Bau des Deckwerkes werden ausführlich von MOSEKE, POPKEN und BERNHARD in der STRABAG-Schriftenreihe, 8. Folge 2, „Arbeiten aus den Jahren 1964–1967“ geschildert (im Schrifttum nicht aufgeführt).

Buhne U auf 210 m Länge eine Kronenhöhe von NN + 9,00 m (7,78 m über Mitteltidehochwasser). Anschließend fällt die Kronenhöhe nach Land zu auf NN + 8,00 m ab. Das Deckwerk (Abb. 37 und 38) besteht ab Buhne U auf 210 m Länge aus Granitbruchgestein mit Colcreteverguß auf einer Schottereingußdecke. Oberhalb des auf NN + 5,00 m angenommenen Ruhewasserstan-



Abb. 35
Rauhdeckwerk auf
Spiekeroog mit
Colcrete-Verguß



Abb. 36
Rauhdeckwerk auf
Baltrum mit Wurzel
einer Steinbuhne

des wurde der Steinbelag rauh ausgebildet. Die anschließende rund 790 m Deckwerkslänge wurde in Asphaltbauweise hergestellt, weil der Baubetrieb bei dieser Bauweise weitestgehend mechanisiert werden konnte und sich hierdurch nicht unerhebliche Zeit- und Kostenersparnisse einstellten. Die Rauhgigkeit bei dem Asphaltbetondeckwerk wurde erreicht, indem dreieckige Zementbetonsteine (Beverkoppen) mit Mastix auf die fertige Asphaltdecke aufgeklebt wurden. Beide Deckwerksausbildungen zeigen bisher keinerlei Schäden und Abnutzungserscheinungen.

3,0 m lange Stahlspundbohlen ersetzt und die Vorlagebreite von bisher 2,50 m auf 5,0 m, streckenweise auf 6,0 m, 10,0 m und 12,0 m vergrößert. Ähnlich mußte auf den übrigen Inseln verfahren werden, da durch die ständige Strandabnahme die Schutzwerke ihren Halt verloren hatten und einzustürzen drohten.

Von den insgesamt 3870 lfdm. Schutzwerken auf Borkum, die von 1875 bis 1910 als halbsteile Profile gebaut worden waren, wurden von 1935 bis 1965 insgesamt 1870 lfdm. als

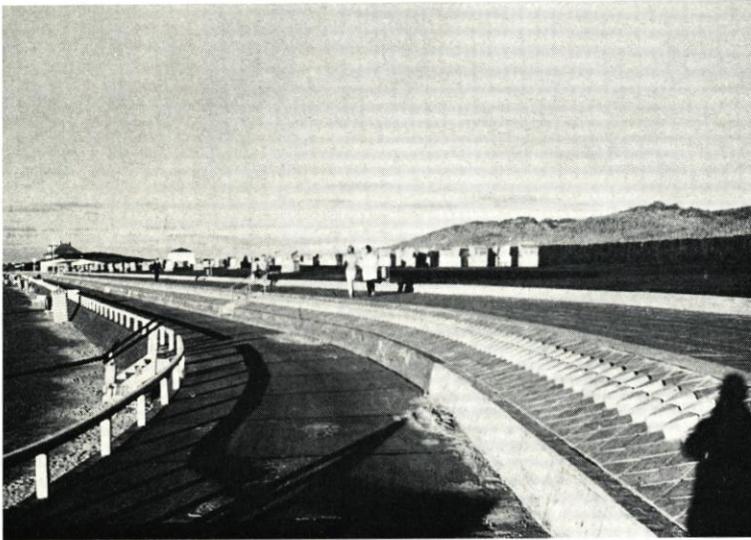


Abb. 41
Kombiniertes Deckwerk
auf Norderney (Blick
vom Januskopf)

leichtgeneigtes S-Profil (Norderneyer Bauart) umgebaut. Der Querschnitt im Bereich des neuen S-Profiles besteht aus einem Sattlrücken aus Kiesbeton und Mauerbrocken und die darüberliegende S-förmige Schale, i. M. 0,60 m stark, aus Injektionsbeton.

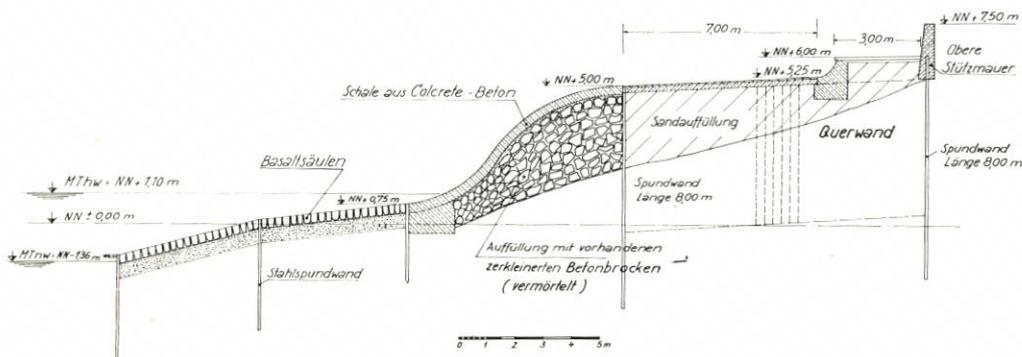


Abb. 42. Instandgesetztes Deckwerk auf Baltrum zwischen Buhne A und D

Der Wiederaufbau des Schutzwerkes nach der Februar-Sturmflut 1962 zwischen Buhne A und D auf Baltrum wurde in Angleichung an die vorbeschriebene Borkumer Bauweise durchgeführt (Abb. 42).

Die umgebauten Dünenschutzwerke und die neuerbauten Deckwerke und Rauheckwerke haben sich gut bewährt, sie erforderten bisher keine Unterhaltung.

c) Kritik der Bauweisen und ihrer Wirkung

Von den leichten Bauweisen (Faschinenspreitlagen, Steinböschungen auf Buschbettung und Pfahlwerke) A-C der Tabelle Nr. 6 ist nur noch ein 250 m langes Pfahlwerk auf Baltrum (Baujahr 1931) vorhanden.

Die steilen Profile in Massiv- und Spundwandbauweise haben sich in Strandzonen mit starken Wellenangriffen nicht bewährt. Sie können zwar so stark ausgebildet werden, daß sie schwersten Seeangriffen widerstehen. Die lotrechte Wand ist aber nicht in der Lage, die Reflexion auflaufender Wellen zu verhindern, so daß bei dieser Bauweise ein besonders starker Angriff auf die Sohle und durch überschlagenden Gischt auf die anschließende Düne ausgeübt wird.

Die halbsteilen Profile haben sich auf Strandstrecken, die starken Angriffen ausgesetzt sind, ebenfalls nicht bewährt. Die auf Borkum und Wangerooge noch vorhandenen Profile dieser Bauart liegen an einem gut mit Sand versorgten Strand, so daß sie z. Z. keinen starken Belastungen ausgesetzt sind.

Das „Norderneyer S-Profil“ hat sich gut bewährt. Es schützt heute auf Borkum, Norderney und Baltrum insgesamt 5,4 km Länge der Inselküsten.

Das geneigte Deckwerk, insbesondere mit rauher Oberfläche, ist allen anderen Bauweisen überlegen, denn es bremst die Auflaufhöhe des Schwall und verlangsamt den Sog. Es erfordert jedoch eine größere Fläche, die unmittelbar vor den Inselsiedlungen nicht immer zur Verfügung steht.

An den Enden der Dünenschutzwerke entstehen Erosionsschäden. Diesen Erscheinungen der Lee-Erosion an den Übergängen von der befestigten zur unbefestigten Randdüne entgegenzuwirken, ist mit sehr unterschiedlichen Maßnahmen versucht worden.

Nachdem der Schutzwerkbau am Südstrand von Borkum in den Jahren 1891-1896 zwischen den Bühnen 24 und 25 zum Abschluß gekommen war, nahm hier der Strand stark ab. 1937 wurde daher zwischen Bühne 25 und 25a ein hölzernes Längswerk (Parallelwerk) gebaut. Die hölzerne Konstruktion wurde 1946 zunächst durch eine Spundwand und 1949 durch ein halbhohes Deckwerk (OK auf 1,40 m über MThw) aus Pflasterböschung mit Fußspundwand ersetzt. Das halbhohes Deckwerk hat den weiteren Strandabbruch unmittelbar an der Übergangsstelle zwar verhindert, das Dünenschutzwerk mußte aber dann trotzdem 1956 und 1963 nach Südosten verlängert werden. Auch mit dieser Verlängerung ist noch kein endgültiger Stillstand der Strand- und Dünenverluste erreicht. Die negative Strandentwicklung der Jahre 1967/1969 wird mutmaßlich dazu führen, das Deckwerk noch um rd. 600 m nach Südosten zu verlängern.

Ähnliche Verhältnisse führten am Ostabschluß von Baltrum 1956/1957 zum Bau eines 75 m langen Längswerks, das aber wegen starker Auskolkung 1965 abgebrochen und durch einen kegelförmigen Abschluß ersetzt wurde. Auch dieses Abschlußbauwerk brachte die Erosion nicht zum Stillstand. 1967 wurde dann versucht, mit einem Deckwerk aus Kunststoffasern²³⁾ einen möglichst weichen Übergang zu finden. Ein Erfolg war diesen Maßnahmen jedoch nicht beschieden, die Randdüne blieb weiterhin stark in Abtrag. Um einen Durchbruch der in diesem Strandabschnitt sehr schmalen Randdüne zu verhindern, wurde das Rauhdeckwerk 1968/69 um 150 m nach Osten verlängert. Zur Verringerung von Erosionsschäden wurde am Deckwerksende ein 50 m langer leicht seewärts gekrümmter Abweiser aus Tetrapoden gebaut (Abb. 44).

Die Wirkung dieses Abweisers bleibt abzuwarten. HENSEN stellte bei Auswertung der Modellversuche über den Strandabbruch an den Küsten von befestigten Küstenstrecken (14)

²³⁾ Gemisch aus PVC (Polyvinylchlorid und Polyäthylen, Abfallprodukt, das bei der Herstellung von Verpackungsmaterial anfällt.

fest, daß „Lee-Erosion eine Folge von Materialmangel ist und wohl durch keine rein bauliche Maßnahme verhindert werden kann“. Dies dürfte dann zu der Schlußfolgerung führen, und die Verhältnisse am Ostende der Schutzwerke auf Borkum und Norderney bestätigen es, daß die Dünen auf den Ostfriesischen Inseln bis ins Riffanlandungsgebiet mit Deckwerken zu schützen sind.



Abb. 43
Sturmflut am 17. 1. 1949
auf Norderney

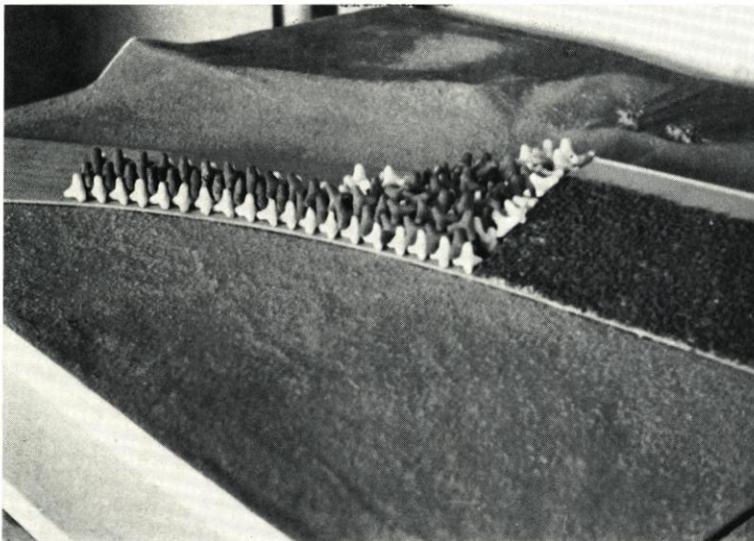


Abb. 44. Abweiser aus
Tetrapoden auf Baltrum,
Modellaufnahme

Die Dünenschutzwerke sind hinsichtlich ihrer Schutzwirkung den Deichen der Festlandküste vergleichbar. Dort wie hier ist hinsichtlich des Schutzes die Deich- bzw. Deckwerkshöhe von wesentlicher Bedeutung.

Das erste Schutzwerk auf Norderney (1857) erhielt eine Kronenhöhe von NN + 4,70 m, d. s. 3,58 m über Mitteltidehochwasser. Schon nach wenigen Jahren mußte das Schutzwerk um

rd. 2,00 m erhöht werden. Ähnlich verhielt es sich mit den Schutzwerken auf den übrigen Inseln. Die anschließende Tabelle Nr. 7 gibt eine Übersicht über die Höhe der Schutzwerke an den besonders im Angriff liegenden Westköpfen der Inseln.

Tabelle 7

Maßgebende Wasserstände und Höhe der Schutzwerke an exponierten Stellen, auf NN bezogen

Insel	MTnw (m)	Jahres- reihe	MThw (m)	Jahres- reihe	HHThw (m)	Zeit	Höhe der Schutz- werke NN + m
Borkum	- 1,26	1956/65	+ 0,96	1956/65	+ 3,83	16. 2. 1962	+ 7,00
Norderney	- 1,24	1956/65	+ 1,12	1956/65	+ 4,12	16. 2. 1962	+ 7,40
Baltrum	- 1,36	—	+ 1,10	—	+ 4,12	16. 2. 1962	+ 7,50
Spiekeroog	- 1,34	—	+ 1,25	—	+ 4,32	16. 2. 1962	+ 8,00
Wangerooge	- 1,48	—	+ 1,26	—	+ (4,20)	16. 2. 1962	+ 9,00 ²⁴⁾

4. Strandaufspülung

Über die Ursachen der Abbrucherscheinungen am West- und Nordweststrand der Insel Norderney sowie zu den zum Schutze der Insel vorgeschlagenen seebautechnischen Maßnahmen berichteten THILO und KURZAK (55). Der Bericht befaßt sich mit den Maßnahmen, über die seit einigen Jahren im Zusammenhang mit dem Norderneyer Schutzproblem diskutiert wurde:

- a) Damm vom Ostende Juist zum Festland,
- b) Südwestdamm,
- c) Damm von Norderney durch das Riffgat zur Steinplate,
- e) Damm durch das Seegat zur Robbenplate (K 4),
- f) Ausbaggerung des Spaniergats.

Die Arbeitsgruppe Norderney des Küstenausschusses nahm hierzu in einem Gutachten vom 24. 8. 1950 Stellung (3). Als beste Sicherung für die vorhandenen Schutzwerke und damit für die Insel Norderney wurde die Aufspülung von Sand empfohlen. Es sei dies die am schnellsten, sichersten und mit den geringsten Kosten auszuführende Methode.

Über die erste Strandaufspülung auf Norderney von 1951 bis 1952 hat KRAMER ausführlich berichtet (27). Es wurden von Buhne O bis Buhne V 1 insgesamt rd. 1,8 Mio. m³ Sand aufgespült. Die Verluste während des Spülens betragen i. M. 31 %. Der Sand wurde am Hohen Riff, südöstlich des Norderneyer Hafens mit Eimerkettenbaggern gewonnen, in Schuten zu einem Spüler westlich des Lloydanlegers geschleppt und von hier mittels Rohrleitung (\varnothing 60 cm) zum Strand gespült. Die Strandaufspülung hat sich bewährt.

²⁴⁾ Die Deckwerkhöhe von NN + 9,00 m am Westkopf von Wangerooge ergab sich aus der Addition folgender Werte:

- | | |
|---|--------|
| a) maßgebender Sturmflutwasserstand (Ruhespiegel), der sich aus dem höchst vorausberechneten Springtidehochwasser, dem bisher beobachteten höchsten Windstau und dem säkularen Anstieg zusammensetzt. | 5,00 m |
| b) Wellenaufschlag, für die PILON (51) ein Berechnungsverfahren angegeben hat. | 3,97 m |
| | 8,97 m |

Mit der gewählten Deckwerkhöhe von NN + 9,00 m, die im Vergleich zu den übrigen Deckwerken sehr groß erscheint, ist der besonders exponierten Lage des Wangerooger Westkopfes Rechnung getragen worden.

1961 und 1964 wurde auf Norderney versucht, den Strand durch das Einbringen von Kies zu stabilisieren. 1961 wurden zwischen Buhne A und Buhne I rd. 7200 t Kies der Körnung 3–30 mm eingebracht. Nach der Februar-Sturmflut 1962 waren die Schäden an der Wandelbahn oberhalb dieses Bühnenfeldes auffallend geringer als an der Wandelbahn der anschließenden Bühnenfelder, und es stellte sich die Frage, ob dies ein positives Ergebnis der Kieseinbringung war. 1964 wurde daher ein weiterer Versuch mit intensiver Vor- und Nachbeobachtung durchgeführt. Hierbei wurden zwei Bühnenfelder mit rund 10 000 t Kies (Körnung 3–15 mm) angereichert. Um die Transportwege des Kieses verfolgen zu können, wurden rd. 5,5 t Kies mit drei verschiedenen lumineszierenden Farbstoffen versehen. Die Auswertung ergab, daß der Kies, trotz Erhöhung der Bühnenwurzeln, über sie hinweg und um die Bühnenköpfe herum vertrifft wurde.

MÜLLER und RUCK (46) stellten zu dieser Maßnahme abschließend fest, „daß mit der Methode einer Kiesaufschüttung am Westkopf von Norderney zwar grundsätzlich ein wirksamer Erfolg erzielt werden könnte, wenn der Kies in gewissen Zeitabständen ergänzt würde. Gegen die Anwendung von Kiesaufschüttungen spricht jedoch einmal die Verfrachtung des eingebrachten Materials in westlicher und östlicher Richtung in Strandgebiete, die das Nordseebad Norderney für den Badebetrieb wegen ihrer Ortsnähe dringend benötigt“.

Die Sandverluste am Westkopf von Norderney zwangen 1967, 15 Jahre nach der ersten, zu einer weiteren Strandaufspülung. Die Sollprofile, die erreicht wurden, sahen am Deckwerksfuß eine Höhe von rd. 1,50 m über Mitteltideniedrigwasser vor mit einer seeseitigen Neigung von etwa 1:20. Durch die Aufspülung 1951/52 wurde aber eine Strandlage angestrebt, wie sie um die Jahrhundertwende vorhanden war, d. h. ein hochwasserfreier Strand mit einer Breite von 25 m und einer Höhe am Deckwerksfuß von 0,90 m über Mitteltidehochwasser. Hiervon wurde bei der Aufspülung 1967 jedoch bewußt abgewichen, weil die über Mitteltidehochwasser aufgespülten Sandmengen besonders starken Verlusten ausgesetzt waren. 1967 wurden in die Bühnenfelder am Westkopf von Buhne E bis J 1 insgesamt 215 000 m³ Sand gespült. Die Sandentnahme besorgte ein Cutter-Bagger aus einer Entnahmestelle 250 m see-seitig der Buhne G 1. Durch eine Rohrleitung mit \varnothing 20 cm drückte der Cutter den Sand auf die Strandabschnitte. Über das Ergebnis dieser Aufspülung wird noch berichtet werden.

Am Südstrand von Borkum wurden im Juni/Juli 1969 rd. 30 000 m³ Sand aufgespült. Der Strandbereich im Anschluß an das 1963 gebaute Rauhdeckwerk, das den Abschluß der Dünenschutzwerke nach Süden bildet, hat in den letzten Jahren an Höhe verloren, die Randdüne ist teilweise bis zu 100 m abgetragen worden und der Fuß des 1966 aufgespülten Sanddammes liegt nun unmittelbar im Angriff. Die Wirkung der Aufspülung bleibt abzuwarten, von ihr wird es abhängen, ob eine weitere Verlängerung des Deckwerkes nach Südosten notwendig ist.

VI. Zusammenfassung und Ausblick

Die Schutzarbeiten auf den Ostfriesischen Inseln sind notwendig für die Erhaltung der auf ihnen geschaffenen baulichen Anlagen und zum Erhalt eines Beharrungszustandes der Ems- und Jademündung, des Wattengebietes mit den Zufahrten zu den kleineren Küstenhäfen und der Anlagen zur Entwässerung des Marschenlandes. Die Inselkette schützt die Festlandküste und fördert den Landanwuchs.

Der Bühnenbau, der ab 1861 intensiv betrieben wird, schützt nach der notwendigen Verlängerung zum „Strom“ hin die Inselsockel vor weiterem Abtrag. Von den beschriebenen Bauweisen hat sich auf lagestabilen Stränden die Steinbuhne Norderneyer Bauart, auf unstabilen Stränden die Kastenbuhne bewährt.

Der Bau von Strandwerken zum Schutz der Randdünen beginnt auf Norderney 1857, auf den übrigen Inseln einige Jahre später im Anschluß an die Bühnenbauten. Die leichteren Werke





Abb. 45. Luftbildaufnahme von Juist bis Spiekeroog, aufgenommen am 10. 9. 1951

müssen sehr bald durch schwerere ersetzt werden. Den steilen und halbsteilen Profilen zeigt sich das geneigte „S-Profil Norderneyer Bauart“ überlegen. Noch wirkungsvoller als dieses ist ein 1:4 geneigtes Deckwerk mit rauher Oberfläche.

Die Erhaltung der nicht befestigten Randdünen und deren Pflege ist eine wesentliche Aufgabe des Inselsschutzes.

Bei Stränden mit unausgeglichenem Sandhaushalt bewährt sich die Strandaufspülung.

An den Westköpfen der Inseln, die keine Sandzufuhr aus den Riffbögen erhalten, sind heute folgende Schutzwerke vorhanden:

auf Borkum 32 Buhnen und 4,7 km Deckwerke,
auf Norderney 32 Buhnen und 6,4 km Deckwerke,
auf Baltrum 15 Buhnen und 1,3 km Deckwerke,
auf Spiekeroog 12 Buhnen und 1,8 km Deckwerke,
auf Wangerooge 23 Buhnen und 4,6 km Deckwerke.

Hinzu kommen noch 7 Buhnen und 1,4 km Deckwerke am Nordstrand von Juist, die eingesandet sind.

Die Frage nach Aufwand und Erfolg dieser Schutzwerke kann man rückblickend, wie LORENZEN (38) schreibt,

„nur vom Gesamtergebnis her beantworten, denn eine Einzelmaßnahme mag aus der Zeit ihrer Ausführung und aus den für diese Zeit geltenden Gegebenheiten richtig gewesen sein; ob wir sie heute als richtig oder falsch ansehen, ergibt sich erst aus dem Stand der Erkenntnisse und Möglichkeiten in unseren Tagen“.

Nicht alle Strandschutzbauten entsprechen (44a) den heutigen Erkenntnissen.

Die Vielfalt der Naturkräfte, denen – wie aufgezeigt wurde – besonders die Inselküsten ausgesetzt sind, erfordern ein wachsames Beobachten der Wirkungen dieser Kräfte, damit bei möglicher nachteiliger morphologischer Entwicklung rechtzeitig eingegriffen werden kann.

Zu erkennen ist ferner, daß der Inselsschutz untrennbar verbunden ist mit dem Schutz der Festlandküste, mit den Verkehrsbelangen der See-, Küsten- und Wattenschifffahrt, mit der Entwässerung des Marschenlandes und letztlich mit dem Wirtschaftsleben Ostfrieslands. Die Inseln, das Wattengebiet und die Festlandküste bilden eine Einheit.

VII. Schriftenverzeichnis

1. AKKERMANN, „Die Umlagerungen des Sandes im Seegebiet vor Norderney und auf der Insel.“ Forschungsstelle Norderney, Band VII, Jb. 1955, S. 11–37.
2. Arbeitsgruppe Küstenschutz im Küstenausschuß Nord- und Ostsee, „Allgemeine Empfehlungen für den deutschen Küstenschutz.“ Die Küste 1955.
3. Arbeitsgruppe Norderney im Küstenausschuß Nord- und Ostsee. „Gutachtliche Stellungnahme zu den Untersuchungen über die Ursachen der Abbruchserscheinungen am West- und Nordweststrand der Insel Norderney sowie zu den zum Schutz der Insel vorgeschlagenen sebautechnischen Maßnahmen.“ Die Küste 1952, H. 1.
4. BACKHAUS, H., „Die ostfriesischen Inseln und ihre Entwicklung“, Provinzial-Institut für Landesplanung und Niedersächsische Landes- und Volksforschung, Hannover-Göttingen, Reihe A I/Band 12, 1943.
5. BRAUN, W., „Bau eines schweren Dünendeckwerks in Asphalt-Basaltbauweise auf der Insel Borkum.“ Bitumen 19 (1957) 9, S. 176–182.
6. Bundesanstalt für Gewässerkunde, „Der biologische Wasserbau.“ Koblenz, 1964. E. Ulmer Verl. Stuttgart.
7. DE THIERRY, G., siehe unter Nr. 8.
8. FRANZIUS, O., und DE THIERRY, „Gutachten über die zur Erhaltung und Wiedergewinnung des Norderneyer Strandes zu ergreifenden Maßnahmen.“ Mit Stellungnahmen von Bormann und Brandt, Bücherei der WSD Aurich, 1927/28.
9. FÜLSCHER, „Über Schutzbauten zur Erhaltung der Ost- und Nordfriesischen Inseln“, Z. f. Bauwesen (1905), S. 305, 527, 681.

10. GAYE, J./WALTHER, F., „Die Wanderung der Sandriffe vor den ostfriesischen Inseln“, Die Bautechnik, XIII. Jg., 1935.
11. GAYE, J./WALTHER, F., „Bericht über Schutzbauten zur Erhaltung der ostfriesischen Inseln in den Jahren 1900–1928.“ Nicht veröffentlicht, Bücherei des Wasser- und Schiffsamtes Norden. Norden, den 20. Jan. 1929.
12. GAYE, J., „Die Entwicklung und Erhaltung der ostfriesischen Inseln“, Deutsche Wasserwirtschaft 30 (1935) 2, S. 21–27 und 3, S. 52–55.
13. GERHARD, P., „Handbuch des deutschen Bühnenbaues“, Berlin 1900.
14. HENSEN, W., „Modellversuche über den Strandabbruch an den Enden von befestigten Küstestrecken – Lee-Erosion.“ Mitteilungen der hannoverschen Versuchsanstalt für Grund- und Wasserbau, H. 10, 1957, S. 80–116.
15. HIBBEN, J. A., „Die Schutzbauten auf der Insel Borkum.“ Die Bautechnik 13, 1935, 53, S. 691–712.
16. HOMEIER, H., „Die Entwicklung des Westteiles von Langeoog seit Beginn des 18. Jahrhunderts.“ Forschungsstelle Norderney, Band VII, Jb. 1955, S. 38–68.
17. HOMEIER, H., „Die morphologische Entwicklung der Insel Spiekeroog und die Auswirkungen der Strandschutzwerke.“ Forschungsstelle Norderney, Band XII, Jb. 1960, S. 49–79.
18. HOMEIER, siehe unter Nr. 28.
19. HUNDT, C., „Beitrag zur Frage des maßgebenden Sturmflutseeganges vor einem Deich am Watt. Beispiel: Büsum.“ Die Küste 1962, H. 2, S. 136–145.
20. JANSSEN, Th., „Über die Kräfte, die die ostfriesischen Inseln, insbesondere den östlichen Sandstrand der Insel Spiekeroog, gestalten.“ Bergland-Druckerei in Schweidnitz, Diss. 1933.
21. JANSSEN, Th., „Grundlagen und Stand des Norderneyer Inselchutzproblems.“ Manuskri. Bücherei des Wasser- und Schiffsamtes Norden.
22. JANSSEN, Th., „Buhnen mit Asphaltverguß im ostfriesischen Küstenraum.“ Bitumen Jg. 21, 1959, 3, S. 60–64.
23. JANSSEN, Th., „Die ostfriesischen Watten als Verkehrs- und Wirtschaftsgebiet.“ Bücherei des WSA Norden, 1954.
24. KATTENBUSCH, E., „Bilanzbericht über 80 Jahre Küstenschutz auf der Nordseeinsel Borkum 1869 bis 1949.“ Mns., Bücherei der WSD Aurich, Aurich 1950.
25. KATTENBUSCH E./LUCK, G., „Serienbefliegung der Riffbögen vor den ostfriesischen Inseln.“ Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen, 12. Jg., H. 6, 1968.
26. KÖRITZ D., „Quantitative Untersuchung der Wasserverfrichtung über das Juister Watt.“ Forschungsstelle Norderney, Band VII, Jg. 1954, S. 39–50.
27. KRAMER, J., „Die Strandaufspülung Norderney 1951–1952 und ein Plan zu ihrer Fortführung.“ Die Küste 1958/59, S. 107–139.
28. KRAMER, J./HOMEIER, H., „Die Auswirkung der Inselchutzwerke auf die Strandentwicklung im Westteil von Norderney“, Forschungsstelle Norderney, Band VI, Jb. 1954, S. 15–38.
29. KRAMER, J./LUCK, G./MÜLLER, C. D., „Stellungnahme zur versuchsweisen Stranderhöhung durch Kies am Westkopf von Norderney.“ Forschungsstelle Norderney, Band XIV, Jg. 1962, S. 27.
30. KRAUSE, H., „Quantitative Schilluntersuchungen im See- und Wattengebiet von Norderney und Juist und ihre Verwendung zur Klärung hydrographischer Fragen.“ Archiv für Molluskenkunde, Band 79, 1950.
31. KRÜGER, W., „Die Jade, das Fahrwasser Wilhelmshavens, ihre Entstehung und ihr Zustand.“ Jahrbuch der Hafenbautechnischen Gesellschaft, Bd. 4, 1921.
32. KRÜGER, W., „Riffwanderungen vor Wangerooge.“ Jahrbuch der Hafenbautechnischen Gesellschaft, Bd. 16, 1937/38.
33. KRÜGER, W., „Die heutige Insel Wangerooge, ein Ergebnis des Seebaues.“ Aus: „Wangerooge, wie es wurde, war und ist.“ Landesverein Oldenburg für Heimatkunde und Heimatschutz, Bremen 1929.
34. KURZAK, G., siehe unter Nr. 55.
35. LANG, A. W., „Untersuchung zum Gestaltungswandel des Emsmündungstrichters von der Mitte des 16. Jahrhunderts bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts.“ Bücherei der WSD Aurich, Aurich 1954.
36. LANG, A. W., „Untersuchungen über die Entwicklung des Raumes Minsener Oog.“ Bücherei der WSD Aurich, Aurich 1960.
37. LANG, A. W., „Das Juister Watt.“ Schriften der wirtschaftswissenschaftlichen Gesellschaft zum Studium Niedersachsens, N. F. Band 57, Bremer Horn 1955.

38. LORENZEN, J. M., „Hundert Jahre Küstenschutz an der Nordsee“, Die Küste 1955.
39. LUCK, G., „Unterwasser-Fernsehen im Seegebiet von Norderney.“ Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen, 12. Jg., H. 6, 1968.
40. LUCK, G., „Straßendamm Festland-Norderney.“ Neues Archiv für Niedersachsen, Band 17, 1968, H. 4.
41. LUCK, siehe unter Nr. 25.
42. LUCK, siehe unter Nr. 29.
43. LÜDERS, K., „Die Wirkung der Buhne ‚H‘ in Wangerooge-West auf das Seegat ‚Harle‘.“ Die Küste 1952, H. 1.
44. LÜDERS/WITTECKE, „Bilanzbericht über die Inselschutzmaßnahmen auf Wangerooge.“ Bücherei des Wasser- und Schiffsamtes Wilhelmshaven, 1951.
- 44a. MAGENS, C., „Seegang und Brandung als Grundlage für Planung und Entwurf im Seebau und Küstenschutz.“ Mitteilungen der Hannoverschen Versuchsanstalt für Grundbau und Wasserbau, H. 14, 1958.
45. MICHAELIS, H., „Stellungnahme zur versuchsweisen Begründung des Hochstrandes auf Norderney.“ Forschungsstelle Norderney, 1966, nicht veröffentlicht.
46. MÜLLER, C./RUCK, K. W., „Das Verhalten von geschüttetem Kies am Sandstrand.“ Norderney u. Kiel 1965 (nicht veröffentlicht).
47. MÜLLER, C., siehe unter Nr. 29.
48. NIEBUHR, W., „Über die neuere Entwicklung der Außenems und ihre vermutlichen Ursachen.“ Die Küste 1952, H. 1.
49. PETERSEN, M., „Das deutsche Schrifttum über Seebuhnen an sandigen Küsten“, Die Küste 1961.
50. PEPPER, G., „Die Entstehung und Entwicklung der Inselschutzwerke auf Norderney mit besonderer Berücksichtigung der Bauten der letzten Jahre.“ Neues Archiv für Niedersachsen, 1955/56, H. 3, S. 175-196.
51. PILON, J. J., „Wellenbremsende Konstruktionen bei Uferschutzwerken in Asphaltbauweise in Holland und ihre wirtschaftliche Bedeutung.“ Bitumen 22, 1960, H. 3, S. 57-64.
52. ROSE, D., „Bitumen im Wasserbau“, BP AG, Hamburg, 1964.
53. RUCK, K. W., siehe unter Nr. 46.
54. THILO, R., „Bilanzbericht über den Inselschutz auf den ostfriesischen Inseln.“ Mns. Bücherei des WSA Norden, 1953.
55. THILO, R./KURZAK, G., „Die Ursachen der Abbrucherscheinungen am West- und Nordweststrand der Insel Norderney.“ Die Küste 1952, H. 1.
56. TÜXEN, R., „Die Dünenlandschaft der ostfriesischen Inseln und ihre Pflanzendecke.“ Mns., Bücherei der WSD Aurich, Aurich 1948.
57. ASBECK, W. F. van, bearbeitet und übersetzt von Dempvolf, R.: „Bitumen im Wasserbau“, Shell Petroleum Co. Ltd., London 1955.
58. WALTHER, F., „Die Gezeiten und Meeresströmungen im Norderneyer Seegat“, Diss., Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 1934.
59. WALTHER, F., siehe unter Nr. 10.
60. WALTHER, siehe unter Nr. 11.
61. WITTECKE, siehe unter Nr. 44.
62. WITTE, H. H., „Die Häfen an der ostfriesischen Küste.“ Hansa 10, 1966, Nr. 23.
63. ZITSCHER, F. F., „Bilanzbericht über die Verwendung von Asphalt im Seebau.“ Bitumen 24, 1962, 7, S. 138-145.
64. ZITSCHER, F. F., „Betonbauwerke für Seebuhnen und Küstenschutzanlagen.“ Beton, 1967.

Bildnachweis

WSA Norden: 1, 3, 4, 5, 6, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 22, 23, 24, 26, 28, 30, 33, 34, 39, 40, 41, 42, 43, 44.
 WSA Emden: 2, 12, 18, 19, 25.
 WSA Wilhelmshaven: 7, 9a, 21, 27, 37, 38.
 Bauing. Scharfe (Borkum): 8.
 Forschungsstelle Norderney: 9, 11, 20, 29, 31, 32, 35, 36.
 Plan und Karte GmbH, Münster: 45.

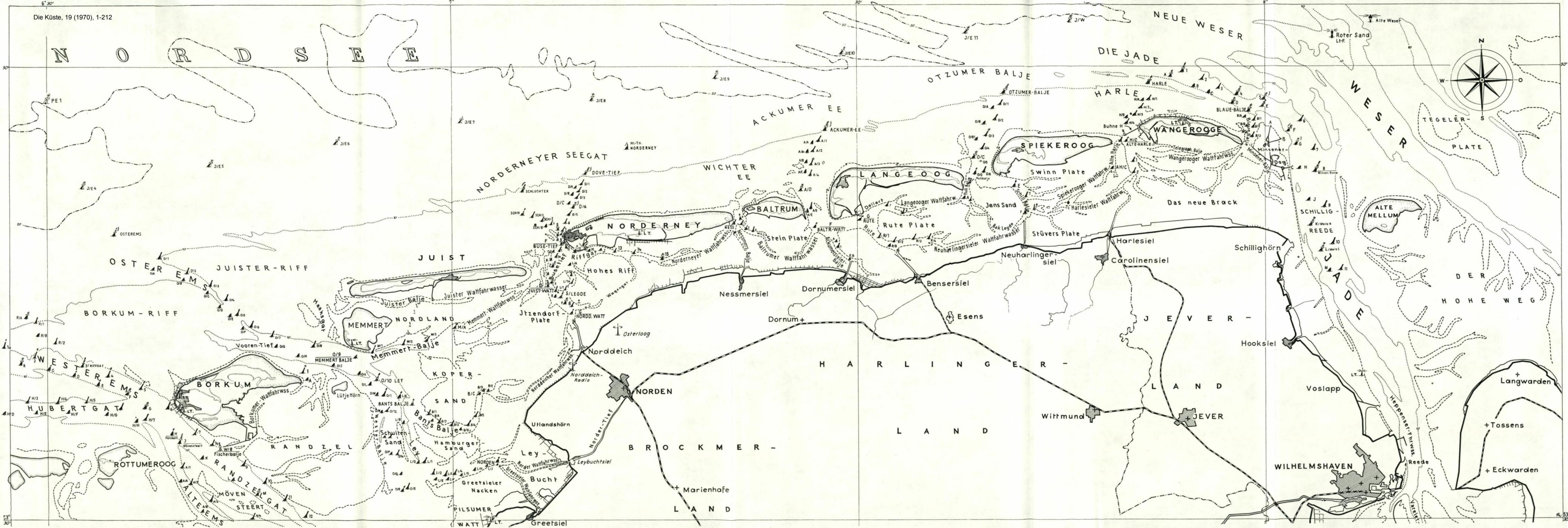


Abb. 1. Die ostfriesische Küste zwischen Ems und Jade ---- = SKN (Seekartennull)

Küstenschutz durch Vorlandgewinnung, Deichbau und Deicherhaltung in Ostfriesland

Von Heie Focken Erchinger

Summary

In Ostfriesland the main stress of coastal protection has to be put on dike construction and land reclamation on the tidal flats before the dikes. The actual works for land reclamation are described. Especially newer constructions of heavy groins for land reclamation with a core of earth or of waste of smelt, with a plastic membrane around this and concrete blocks interlocking horizontally and vertically on top as well as other constructions are explained in detail.

After the experiences of the storm surge in 1962 it was found out that most of the east-friesian dikes along the coastline, on the islands and along the rivers had to be constructed higher and heavier. These experiences led to new calculations of the height of the dikes, together with recent scientific knowledge they determined the new profile of the dikes. The wave-wash conditioned the shape of the outside slope, which suitably should be concave for dikes with land between water and dike and convex for dikes directly along the shore with bank protection. Further the construction of the shape of the inside slope and the necessary protection at the toes of the dikes are described. The underground, the soil and the vegetation and its evaluation according to researches are important for a safe dike too. Finally the summer dikes and the maintenance of the dikes are evaluated with regard to coastal protection.

Inhalt

1. Einführung	126
2. Vorlandgewinnung als aktiver Küstenschutz	
2.1. Bedeutung des Vorlandes für den Deichschutz	129
2.2. Ziel und Umfang der Vorlandgewinnung in Ostfriesland	129
2.3. Neue Lahnungsbauweisen	130
2.4. Maschinelle Begrüppung	134
2.5. Vorlandaufspülung	135
3. Hauptdeiche	
3.1. Die Deiche Ostfrieslands und das geschützte Gebiet	136
3.2. Geschichtliche Entwicklung	138
3.3. Deichbauten vor und Lehren aus der schweren Sturmflut 1962	141
3.4. Neue Deichhöhen	143
3.41. Allgemein	143
3.42. Berechnung des Bemessungswertes	144
3.43. Wellenauflauf	146
3.5. Grundsätze der Querschnittsgestaltung	151
3.51. Außenböschung	151
3.511. Allgemein	151
3.512. Vorlanddeich	152
3.513. Schardeich mit Deckwerk	154
3.514. Strom- und Flußdeiche	159
3.515. Inseldeiche	159
3.52. Deichkrone	160
3.53. Binnenböschung	161
3.54. Binnenberme	161
3.55. Besondere Deichformen, Deichmauern	161
3.6. Baugrund, Boden und Begrüppung	162

3.61. Baugrund	162
3.62. Deichboden	165
3.63. Begrünung	168
3.7. Bauwerke im Deich	170
3.8. Linienführung, zweite Deichlinie, Schutzlinien in den Dünen	172
3.9. Stand des Ausbaus der Deiche Ende 1968	174
4. Sommerdeiche	175
5. Erhaltung und Pflege des Deiches	176
5.1. Allgemeines	176
5.2. Pflege der Grasnarbe	177
5.21. Deichbeweidung	177
5.22. Teekräumung und Unkrautbekämpfung	178
5.3. Tierische Schädlinge	179
5.4. Beseitigung von Deichschäden	181
6. Zusammenfassung	182
7. Schriftenverzeichnis	183

1. Einführung

Das heutige Ostfriesland bildet den niedersächsischen Regierungsbezirk Aurich. Seine rd. 3137 km² große Fläche wird eingefasst durch den sogenannten „Goldenen Ring“, der 207 km langen Hauptdeichlinie entlang der Küste und den Flüssen Ems und Leda. Die beiden im 13. und 14. Jahrhundert entstandenen Meeresbuchten Dollart und Leybucht bewirken eine Verlängerung der Küstenstrecke, obwohl der größere Teil ihrer ursprünglichen Ausdehnung im Laufe der Jahrhunderte zurückgewonnen werden konnte. Durch Sturmfluten werden rd. 2200 km² gefährdet. Das große Interesse der Bevölkerung an den Arbeiten zur Sicherung der Küste mag angesichts der entscheidenden Bedeutung des Küstenschutzes für rd. 70 % der Gesamtfläche des Landes nicht überraschen.

Im Mündungstrichter der Ems und entlang der Nordküste Ostfrieslands lagern als langgestreckte Kette die Inseln Borkum, Memmert, Juist, Norderney, Baltrum, Langeoog und Spiekeroog. Östlich schließt die zum oldenburgischen Verwaltungsbezirk gehörende Insel Wangerooge diese Kette ab. Mit Ausnahme der im Emsmündungstrichter liegenden und durch den Emsstrom wesentlich mitgeformten Inseln Borkum und Memmert, haben alle Inseln eine langgestreckte, nahezu west-ostgerichtete Form. Sie sind jeweils nur durch verhältnismäßig schmale Seegaten unterbrochen. Von der Gesamtstrecke von Juist-Westende bis Wangerooge-Ostende von rd. 73 km nehmen die Seegaten 11 km ein, so daß die Inseln mit rd. 62 km Gesamtausdehnung etwa 85 % der Küstenstrecke abschirmen und damit ein nicht zu unterschätzendes Bollwerk gegen die Angriffe der See bilden. Die Entfernung zwischen dem Festland und den östlich der Emsmündung liegenden Inseln schwankt zwischen 4 und 10 km. Dieses flache Wattengebiet wird von einem System von Gaten, Baljen und Prielen durchzogen, das von dem jeweiligen Seegat ausgeht. Auch dieser im Schutz der Insel liegende Flachwasserbereich bringt für den Küstenschutz erhebliche Vorteile.

Die 207 km lange Hauptdeichstrecke Ostfrieslands gliedert sich in 118,5 km Seedeiche, 45,0 km Stromdeiche und 43,5 km Flußdeiche (Abb. 1). Die Seedeiche reichen von der östlichen Bezirksgrenze bei Harlesiel bis zur Ems bei Emden sowie entlang der Ostseite des Dollarts. Auf etwa 65 km liegt der Seedeich schar. Soweit die örtlichen Verhältnisse es zulassen, wird vor den Schardeichen Landgewinnung zur Schaffung des schützenden Deichvorlandes betrieben. Nur auf 53 km der Seedeichstrecke konnte ein ausreichend breites Deichvorland erhalten bzw. bereits wieder geschaffen werden. Heute gilt es, dieses für den Küstenschutz so

wichtige Deichvorland ggf. durch Anlage von Schutzwerken endgültig zu sichern (Arbeitsgruppe „Küstenschutz“, 1955).

Landgewinnung ist seit Jahrhunderten in Ostfriesland mit großem Erfolg betrieben worden. Besonders in den ehemaligen Meereseinbrüchen konnten große Flächen fruchtbaren Bodens zurückgewonnen werden. Die günstige Wirkung des Vorlandes für den Deichschutz war zwar immer schon bekannt (BRAHMS, 5; BOTHMANN, 4 a); sie ist jedoch früher vielfach nur als Beigabe bei der Schaffung neuer landwirtschaftlicher Nutzflächen angesehen worden. Heute ist der aktive Küstenschutz durch Vorlandgewinnung ganz auf den Schutz der Küste ausgerichtet. Diese Zielsetzung sowie die dadurch bedingte Ausdehnung der Arbeiten auf ungünstige Arbeitsbereiche mit niedrigen Wattlagen führten zu einer Weiterentwicklung der Bauweisen. Das Ziel der Arbeiten ist die Gewinnung bzw. die Erhaltung eines rd. 200 m breiten Vorlandes vor allen Seedeichen. Die niedersächsische Wasserwirtschaftsverwaltung führt heute durch das Bauamt für Küstenschutz in Norden Küstenschutzarbeiten zur Gewinnung und Erhaltung eines Deichvorlandes auf etwa 94 km Küstenstrecke Ostfrieslands aus¹⁾.

Die Stromdeiche an der Ems zwischen Pogum und Leerort haben fast überall ein Vorland, das allerdings infolge der durch die Schifffahrt verursachten starken Uferabbrüche mehr und mehr einer Sicherung bedarf.

Für die Flußdeiche entlang der Ems oberhalb Leerorts gilt dasselbe. Die Flußdeichstrecke der Leda ist nach Inbetriebnahme des Ledasperrwerkes bei Leer auf 2 km zusammengeschrumpft. Durch das Sperrwerk wurden allein in Ostfriesland rd. 100 km und zusammen mit dem auf den Verwaltungsbezirk Oldenburg entfallenden Anteil rd. 250 km stark gefährdeter Deiche mit ungünstigen Untergrundverhältnissen entlastet und ihrer Aufgabe als Sturmflutkehrung enthoben (KRAUSE, 29). Als Hochwasserdeiche behalten sie allerdings weiterhin ihre Aufgabe.

Im Schutze der Düneninseln haben sich im Laufe der Zeit an ihrer Wattseite durch geringe Schlickablagerungen grüne Heller gebildet. Die niedrigen Teile der Ortschaften sowie Teile der bewirtschafteten Heller sind durch Hauptdeiche vor Sturmfluten geschützt worden. Insgesamt bilden rd. 22 km Hauptdeiche den Sturmflutschutz an der Wattseite der Inseln Borkum, Juist, Norderney, Baltrum, Langeoog und Spiekeroog. Die besondere Lage dieser Deiche sowie der Mangel an deichfähigem Boden führen zu Besonderheiten beim Bau und bei der Unterhaltung dieser Deiche.

Die schwere Sturmflut, die die deutsche Nordseeküste am 16./17. Febr. 1962 heimgesucht hat, hat neue Erkenntnisse und Erfahrungen für die Bemessung der Deichhöhe, die Gestaltung des Deichquerschnitts sowie für die Deichbautechnik und die Deichpflege gebracht. Auch an den Hauptdeichen Ostfrieslands traten schwere Schäden auf. Es zeigte sich, daß nahezu die gesamte Hauptdeichstrecke des Regierungsbezirks erhöht und verstärkt werden mußte. Bis Ende 1967 sind von den gefährdetsten Deichen rd. 37 km auf das neue Bestick gebracht.

Die angewandten Bemessungsgrundsätze und Bauweisen sind nachfolgend eingehend beschrieben. Aber auch den neuen Bemessungsverfahren haften noch Unsicherheiten an. Weder über etwa zu erwartende höchste Sturmflutwasserstände noch über die maßgebenden Seegangswerte an der deutschen Küste liegen ausreichende Kenntnisse vor. Trotz dieser Unsicherheiten müssen die Deiche erhöht und verstärkt werden, und zwar möglichst schnell. Es ist zu hoffen, daß die Zeit bis zu einer neuen schweren Sturmflut ausreicht, das Werk zu vollenden.

¹⁾ Hierüber wird in Kürze in einem gesonderten Aufsatz noch ausführlich vom Verfasser berichtet werden.

2. Vorlandgewinnung als aktiver Küstenschutz

2.1. Bedeutung des Vorlandes für den Deichschutz

Die günstige Wirkung des Deichvorlandes für den Deichschutz durch Verringerung der Wellenkräfte und des Wellenaufbaus ist seit langem bekannt. Schon 1754 weist ALBERT BRAHMS in seiner grundlegenden Anweisung „Anfangsgründe der Deich- und Wasser-Baukunst“ auf die Bedeutung des Vorlandes für den Deichschutz hin (5). 1770/71 beschreibt HUNRICHS (25) Baumaßnahmen zur Erhaltung des schützenden Deichvorlandes, und 1788 finden wir bei TETENS (57a) ähnliche Angaben. Auf die Schaffung dieses schützenden Vorlandes sind die Arbeiten für den aktiven Küstenschutz ausgerichtet. Das Vorland bewirkt nämlich eine Vorverlegung des Angriffsbereiches der Wasserkräfte weiter seawärts („Vorwärtsverteidigung“, LÜDERS, 33).

Folgende Hauptvorteile eines ausreichend hohen Deichvorlandes seien genannt:

1. Bei einem Deich hinter einem Deichvorland übernimmt dieses den natürlichen Schutz für den Deichfuß, so daß die Kosten für das teure schwere Deckwerk, wie es beim Schardeich notwendig ist, eingespart werden können.
2. Weitaus wichtiger aber ist die durch das Vorland bewirkte Verringerung des Wellenaufbaus am Deich sowie der die Deichböschung beanspruchenden Wellenkräfte. Die Deichhöhe kann somit niedriger als bei Schardeichen gehalten werden, und die Gefahr von Böschungsschäden bei Sturmfluten ist wesentlich geringer.
3. Ein nicht zu unterschätzender Vorteil eines Deichvorlandes liegt ferner darin, daß bei einem Deichbruch kein Strombruch entstehen kann, durch den das Wasser auch nach dem Abklingen der Sturmflut zunächst in jeder Tide ein- und ausströmt. Auf dem bei normalen Tideverhältnissen nicht überschwemmten Vorland kann hingegen schnell ein Notdeich aufgeworfen werden.
4. Auch für die Deicherhaltung und Deichpflege bringt ein Deichvorland entscheidende Vorteile. Für die Ausbesserung von Ausschlägen am Deichkörper eignen sich der auf dem Vorland zu gewinnende Klei und zur Abdeckung im unteren Deichbereich ausschließlich die im Vorland geschnittenen Salzwassersoden (LAFRENZ, 30).

2.2. Ziel und Umfang der Vorlandgewinnung in Ostfriesland

Das Ziel der Neulandgewinnung war seit Jahrhunderten bis etwa zur Mitte unseres Jahrhunderts die Schaffung möglichst großer Neulandflächen für bäuerliche Siedlungen. Die Arbeiten wurden dabei an Stellen der Küste durchgeführt, wo gute natürliche Anlandungsverhältnisse bestanden. Die Anlandungswerke lagen durchweg auf höherem Watt. Sie konnten in einfacher Bauweise als Buschdämme gebaut werden, denn sie waren oft nach wenigen Jahren verlandet.

Nach dem großen Rückschlag im zweiten Weltkrieg und dem weitgehenden Verfall der Anlandungswerke wurden die Arbeiten in den 50er Jahren wieder aufgenommen, jedoch mit anderer Zielsetzung. Wegen der günstigen Wirkung des Vorlandes auf den Deichschutz wurde von nun an die Vorlandgewinnung in verstärktem Maße als aktiver Küstenschutz betrieben. Es begann die Vorlandgewinnung auch vor scharliegenden Deichen mit niedriger Wattlage, um auch hier den Deichschutz durch ein angestrebtes, etwa 200 m breites Vorland zu verbessern. Diese ungünstigeren Verhältnisse erforderten zwangsläufig andere Arbeitsmethoden und schwerere Bauweisen für die Landgewinnungswerke. Auf den früheren Arbeitsgebieten lag das Watt

bei Einleitung der Landgewinnung bis zu max. 70 cm unter MThw. Jetzt sollte auch auf Flächen, die bis zu 150 cm unter MThw lagen, Vorland gewonnen werden.

Durch die Übernahme der Vorlandgewinnungsarbeiten durch die niedersächsische Wasserwirtschaftsverwaltung als staatlicher Küstenschutz sind die Voraussetzungen für eine zielstrebige und kontinuierliche Arbeit für den aktiven Küstenschutz auch bei ungünstigen Verhältnissen geschaffen worden.

Auf der 118,5 km langen Seedeichstrecke finden sich Hauptdeiche als Schardeiche auf	65,5 km	
davon mit eingeleiteter Vorlandgewinnung durch das Land Niedersachsen auf		43,0 km
mit Vorland auf	53,0 km	
davon Maßnahmen zur Vorlanderhaltung durch das Land Niedersachsen auf		49,5 km
Küstenstrecke insgesamt	118,5 km	
davon mit Maßnahmen der niedersächsischen Wasserwirtschaftsverwaltung durch das Bauamt für Küstenschutz Norden zur Vorlandgewinnung und Vorlanderhaltung (Abb. 1)		92,5 km
ferner:		
Vorlandgewinnung vor dem Stromdeich		
Ditzum/Pogum		1,5 km
Küstenschutzmaßnahmen des Landes Niedersachsen insgesamt		94,0 km

2.3. Neue Lahnungsbauweisen

Die Landgewinnungsfelder haben in Ostfriesland in der Regel Seitenlängen von 100 x 200 m. In der seedeichparallelen, 200 m langen Querlahnung befindet sich die 15—20 m breite Öffnung, durch die der Hauptentwässerungsgraben das Feld verläßt und zum Priel im Watt führt. Senkrecht zur Querlahnung und in etwa auch senkrecht zur Hauptdeichlinie sind die Hauptlahnungen — auch

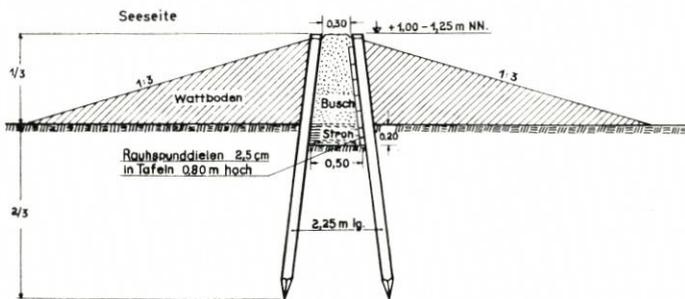


Abb. 2. Buschlahnung – Regelquerschnitt

Hauptlahnungen — auch Längslahnungen genannt — im Abstand von 200 m angeordnet.

Nach Änderung der Zielsetzung in der Landgewinnung wurde im Lahnungsbau zunächst noch mit den althergebrachten Baustoffen weitergearbeitet. Nach wie vor wurden die Lahnungen in überwiegenderem Maße als Buschdämme gebaut. Auf niedrigeren

Wattflächen wurden diese Buschdämme allerdings den größeren Beanspruchungen durch eine etwas schwerere Bauweise angepaßt (9) (Abb. 2). Insbesondere die äußeren Querlahnungen wurden an den See- und Angriffsseiten in der Regel zusätzlich durch eine Spreutlage gesichert (Abb. 3). Der Buschdamm erwies sich aber trotz verstärkter Bauweise schon bald für besonders tiefe Wattlagen als zu leicht. Für diese ungünstigen Verhältnisse mußten schwere Bauweisen entwickelt werden, Schüttsteindämme wurden buhnenartig vom Deich aus in das Watt vorgetrieben und dienten als erstes weitmaschiges Lahnungssystem, das dann durch Buschdämme

unterteilt wurde. Als Kern der Schüttsteindämme wurde der anstehende Wattboden aufgeworfen, mit Stroh und Busch abgedeckt und danach mit Schüttsteinen bepackt (Abb. 4). Den Lahnungsfuß bildeten Rauhspundtafeln, die von Stackpfählen gehalten wurden. Zur Vermeidung von Durchlässigkeit wurde eine Rauhspundtafel in der Lahnungsachse von dem Steinanwurf aufgestellt. Diese Dämme haben sich sehr gut bewährt. Der Schüttsteinbedarf betrug jedoch bei einer Dammhöhe von rd. 1,5 m etwa 5 t/lfdm.

Die Baustofftransporte verursachen im Watt große Schwierigkeiten, da einerseits Landfahrzeuge praktisch nicht verkehren und andererseits nur sehr flachgehende Arbeitsschiffe oder Schuten mit relativ geringer Ladefähigkeit eingesetzt werden können. Durch den Einsatz von Betonsteinen zur Pflasterung der Dammoberfläche konnte der Materialbedarf um über 50 % auf 2,4 t/lfdm Lahnung herabgesetzt werden.

Jahrelange Bemühungen haben zu der heute üblichen Lahnungsdecke aus Betondeckwerksteinen mit horizontalem und vertikalem Verbund geführt. Der Lahnungsquerschnitt wird dabei folgendermaßen aufgebaut:



Abb. 3. Buschlahnung mit Spreutlage – vordere Querlahnung, rechts dichter Queller- und Spartinaebewuchs



Abb. 4
Schüttsteinlahnung

Zwischen den beiden seitlichen Fußsicherungen aus Holztafeln mit Stackpfählen wird der Kern der Lahnung aus Wattboden aufgeworfen, profiliert gemäß Abb. 5 und mit einer Niederdruckpolyäthylenfolie von 0,6 mm Stärke abgedeckt. Zum Schutz dieser Folie wird darüber eine einfache Schilfrohrmatte ausgebreitet. Darauf wird dann das Deckwerkpflaster verlegt, das in der Regel 15 cm stark ist. Es wird so verlegt, daß infolge des Horizontalverbundes über die

gesamte Lahnungsoberfläche in einem Querschnitt ein durchgehender Verbund besteht, so daß nicht durch ein eventuelles Ausweichen der Fußsicherungen eine Spaltenbildung an der Lahnungskrone zu befürchten ist. Der Vertikalverbund verhindert ein Herausschlagen oder Ver-

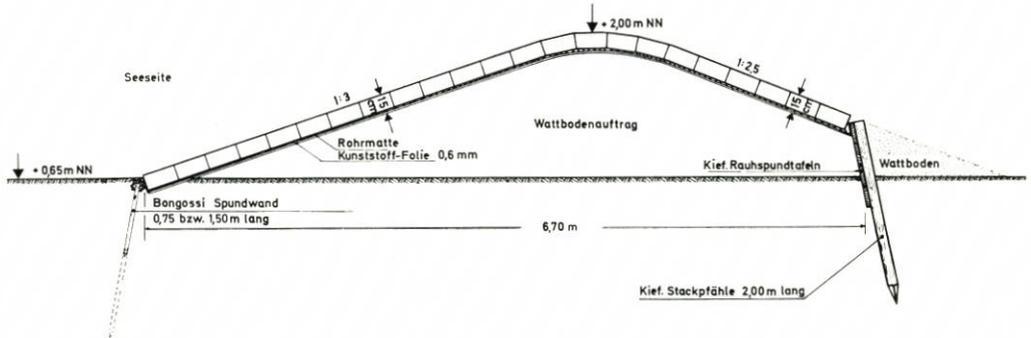


Abb. 5. Schwere Lahnung – vordere Querlahnung – mit Abdeckung aus Betondeckwerksteinen mit horizontalem und vertikalem Verbund

sacken einzelner Steine. Trotzdem bleibt bei diesem Doppelverbund eine elastische Decke erhalten, die sich den Verformungen des Kerns anpassen kann und diese andererseits erkennen läßt (Abb. 6).

Bildet die Lahnung in besonderen Fällen die vordere Sicherung eines aufzuspülenden oder aber in sehr kurzer Zeit zu schaffenden Vorlandes, so erhält sie an der Rückseite eine etwa 3 m breite Hinterpflasterung, die als „Tosrinne“ wirkt und den Aufprall der überschwappenden Wellen auf das grüne Vorland mindert. Im übrigen ähnelt die Bauweise der oben beschriebenen.

1967 wurde erstmalig ein bisher in der Landgewinnung vollkommen fremder Baustoff „Verhüttungsrückstände“ beim Lahnungsbau eingesetzt (9). Auf der äußerst nie-



Abb. 6
Betondeckwerksteine mit horizontalem und vertikalem Verbund werden auf eine die Folie schützende Rohrmatte verlegt

rigen schlickigen Wattfläche in Ostermarsch, 4 km nordöstlich von Norddeich, die etwa 1,40 m unter MThw liegt, sollte die vordere schwere Querlahnung mit einer Länge von etwa 900 m gebaut werden. Geeigneter Boden für den Dammkern stand weder im Bereich der Trasse noch

in der Nähe zur Verfügung. Daher wurde der Entschluß gefaßt, Verhüttungsrückstände für diesen Bau zu erproben (ERCHINGER, 9a).

Ein besonderer Vorteil dieses Materials ist, daß der ins Watt geschüttete Lahnungsunterbau vor der endgültigen Profilierung als Fahrspur von schweren Lastkraftwagen befahren werden kann und damit den Materialtransport wesentlich erleichtert.

Die Entwicklung schwerer Lahnungen in dauerhafter wirtschaftlicher und zweckmäßiger Bauweise scheint damit gelungen; dagegen ist die Weiterentwicklung einer leichten Lahnung



Abb. 7. Lahnung aus PE-Gewebeschlauch wird im Spülverfahren mit Sand gefüllt



Abb. 8. Leichte Lahnung aus Betonfertigteilen

für den Einsatzbereich des althergebrachten, durchaus bewährten Buschdammes noch nicht abgeschlossen. Ein 1967 angelegter Versuch mit einem mit Wattboden vollgespülten Schlauch aus PE-Flachgarn-Gewebe — auch Bändchen-Gewebe genannt — soll hier doch wegen der Aktualität des Problems kurz erläutert werden, obwohl noch keine abschließenden Erfahrungen vorliegen. Zwischen zwei völlig leerstehenden Pfahlreihen einer alten Buschlahnung ohne seitliche Holztafeln wurde ein 100 m langer Schlauch aus Niederdruck-Polyäthylen-Bändchen-Gewebe mit 1 m Durchmesser eingelegt und dann mit einem kleinen Spülbagger mit sandigem Wattboden gefüllt (Abb. 7). Der so hergestellte prall gefüllte schlauchartige Damm von 70 bis 90 cm Höhe wird seine Festigkeit gegen die dauernden Angriffe des Wassers und insbesondere gegen Eis und ähnliche Beanspruchungen zu beweisen haben. Es gilt aber auch, sein Verhalten in hydraulischer Hinsicht zu beobachten.

Als weiterer Versuch wurde im Sommer 1968 ein Betonfertigteil für leichte Lahnungen entwickelt und eingebaut. Bei 1 m Baulänge beträgt das Stückgewicht rd. 900 kg. Es kann auf festen Wattflächen schnell von Baggern verlegt werden. Die ersten Erfahrungen sind positiv (Abb. 8). Über die Ergebnisse wird später noch eingehender berichtet werden.

2.4. Maschinelle Begrüpfung

Neben der Schaffung von Landgewinnungsfeldern durch die zweckmäßige Anlage geeigneter Lahnungen stellt die altbekannte Begrüpfung der Anlandungsflächen die zweite wesentliche Arbeit bei der Schaffung neuen Landes aus dem Meer dar.

Das regelmäßige, jeweils nach 2—4 Jahren wieder notwendige Begrüppen der Landgewinnungsfelder wurde mangels geeigneter Maschinen vor zehn Jahren noch fast ausschließlich von Menschenhand ausgeführt. Große Arbeiterkolonnen zogen damals Tag für Tag während der Arbeitssaison ins Watt, um dort auf den Anlandungsflächen zu schlöten²⁾.

Die jahrelangen intensiven Bemühungen um die Entwicklung einer geeigneten, wirtschaftlich arbeitenden Gruppenmaschine haben erfreulicherweise zur Schaffung von zwei in der Landgewinnung sehr gut einsetzbaren Geräten geführt. Ein Spezial-Hydraulik-Gruppenbagger niederländischer Herkunft und eine Grabenfräse wurden für die Begrüpfung der Anlandungsflächen entwickelt. Der Gruppenbagger ist auf einem Schwimmponton montiert und hebt mit einem Spezialtieflöffel in der Arbeitsweise der Hydraulikbagger die Gruppen aus (Abb. 9). Der Gruppenquerschnitt hat dabei eine obere Breite von 2,2 m, eine untere Breite von 1,2 m und eine Tiefe von 0,5 m, so daß der Aushub etwa 0,8 m³/lfdm beträgt. Der Bagger zieht sich an einem Drahtseil über den weichen Schlick rutschend weiter. Das Seil wird am Ende der Gruppe von einem Anker gehalten, der jeweils nach Fertigstellung von einer Gruppe zur nächsten weitergelegt werden muß. Gegenüber der Handarbeit besteht beim Einsatz dieser Gruppenbagger in technischer Hinsicht ein erheblicher Vorteil darin, daß der Boden kompakt ausgehoben und in Beetmitte abgelagert wird. Die Gefahr, daß der Boden in die Gruppen zurückgespült wird, ist wesentlich geringer als bei Handarbeit (LAFRENZ, 30, Abb. 30–32). Heute werden in Ostfriesland für die Begrüpfung der Landgewinnungsfelder ausschließlich diese Gruppenbagger eingesetzt. Sie eignen sich für alle Flächen vom schlickigen Sandwatt bis zum reinen Schlickwatt, und zwar bis zu einem mittleren Bewuchs der Flächen. Auf reinem Sandwatt, wie es beispielsweise an den Südseiten der Inseln anzutreffen ist, und bei sehr dichtem hohen Bewuchs auf den Anlandungsflächen eignen sich diese Gruppenbagger nur bedingt.

Auf dichtbewachsenen, höheren festen Anwachsflächen kann die Grabenfräse die Begrüpfung durchführen. Ein Fräsrاد mit 2,2 m \varnothing wird an einem hydraulisch beweglichen Arm von einem Raupenfahrzeug getragen. Das Gewicht des Geräts ist u. a. durch Leichtmetallraupenglieder recht gering gehalten. Bei einer Raupenbreite von 1,1 m und einer Raupenlänge von 5,65 m wiegt es 14 t und verursacht nur einen Flächendruck von 12 kp/cm² (Abb. 10).

Mit dieser Fräse wird eine etwa halbkreisförmige Gruppe mit einer oberen Breite von 1,2 m und einer Tiefe von etwa 60 cm bei einem Aushub von etwa 0,5 m³/lfdm in einem Fräsgang geschaffen. Durch einen mehrfachen Fräsgang können entsprechend größere Gruppen hergestellt werden. Die Stundenleistung beträgt i. M. etwa 250 m bei einem Fräsgang.

Zwischen diesen beiden hier beschriebenen Geräten bestand bis 1966 eine Lücke für die Begrüpfung der Anlandungsflächen. Auf stark bewachsenem, aber noch sehr weichem schlickigen Anwachs bereitete die Fortbewegung der Gruppenbagger am Seil Schwierigkeiten. Andererseits konnte aber auch die Grabenfräse hier noch nicht eingesetzt werden. Erstmals wurde dann ein Hydraulikbagger mit einem Spezialraupenfahrwerk verwendet, dessen hölzerne Raupenplatten bei sehr großer Raupenbreite muldenartig nach unten gewölbt sind, so daß der Bagger sich damit auf den trotz des Bewuchses sehr weichen Wattflächen sicher fortbewegen konnte. Dieser mit Spezialmoorraupen ausgestattete Hydraulikbagger schließt eine Lücke in der

²⁾ schlöten = begrüppen oder grüppeln

Mechanisierung der Begrüpfung der Landgewinnungsfelder, so daß heute die Begrüpfung vom niedrigen Watt bis zur grünen Andelwiese ausschließlich maschinell durchgeführt werden kann.



Abb. 9
Grüppenbagger im Einsatz –
Zugseil an der Querlähnung im
Hintergrund befestigt



Abb. 10
Grabenfräse bei der Begrüpfung
auf dem Deichvorland

2.5. Vorlandaufspülung

Vor einem großen Teil der scharliegenden Seedeiche Ostfrieslands sind die Landgewinnungsarbeiten vor etwa 10 bis 15 Jahren eingeleitet worden. Hier hat sich inzwischen eine beträchtliche Schlickschicht gesammelt. Auch sind die ehemals nackten Wattflächen zwischenzeitlich vielfach von Queller und Spartina besiedelt. Ein über MThw liegendes Vorland ist aber in der Regel noch nicht erreicht. Soll nun auf einer solchen Strecke der scharliegende Hauptdeich erhöht und verstärkt werden, so ist zu entscheiden, ob der Deich hier noch als Schardeich mit schwerem Deckwerk ausgebildet werden muß oder ob er bereits in Anbetracht der erfolgreich verlaufenden Vorlandgewinnungsarbeiten als Vorlanddeich, d. h. als Deich mit nach unten flacher werdender, grüner Außenböschung und mit gut ausgerundetem Übergang ins Vorland,

gebaut werden kann. In solchen Fällen ist es u. U. technisch zweckmäßig und wirtschaftlich vorteilhaft, die Anwachflächen um das bis zu einem festen Vorland fehlende Maß von wenigen Dezimetern aufzuspülen, um dadurch beim Deichbau die billigere Lösung des Vorlanddeiches wählen zu können.

Gegenüber der ersten Vorlandaufspülung im Jahre 1963 im Zusammenhang mit dem Deichbau in Westeraccumersiel (DRINGGERN, 8) wurde das Verfahren auf Grund der gesammelten Erfahrungen inzwischen wesentlich verfeinert. Wenn bereits eine erhebliche Schlickschicht zur Ablagerung gekommen ist, wird eine weitere Vorlandaufhöhung durch Aufspülung folgendermaßen vorgenommen:

Zunächst werden die Landgewinnungsflächen auf einem etwa 200 m breiten Streifen vor dem neuen Hauptdeich mit Grütten, die die doppelte Breite und doppelte Tiefe der normalen Grütten haben, durchzogen, so daß ein Aushub von etwa 3 m³/lfdm in Beetmitte abgelagert wird. Im zweiten Arbeitsgang wird Wattboden zwischen die Aufspülwälle gespült. Nach Abtrocknung der Spülflächen werden in einem dritten Arbeitsgang die herausragenden Kappen der Schlickwälle planiert und neue Grütten in Beetmitte angelegt, so daß der aufgespülte sandige Wattboden eine etwa 25 cm starke Schlickabdeckung erhält. Vor Beginn der Aufspülung wird als spätere vordere Sicherung der aufzuspülenden Vorlandfläche eine schwere Lahnung erstellt. Hierfür ist der unter 2.3. beschriebene Lahnungsquerschnitt mit Tosrinne geeignet.

Wird das Deichvorland im Zusammenhang mit der Deichkernspülung im Zuge der Hauptdeicherhöhung aufgespült, so können sich die nicht im Deich erwünschten Feinbestandteile im Vorland absetzen, so daß diese Kombination technische und wirtschaftliche Vorteile bietet. Die Kosten der gesamten Maßnahme der Deicherhöhung und -verstärkung, der Vorlandaufspülung einschließlich vorderer Sicherung sind in der Regel geringer als die Kosten, die bei der Deicherhöhung und -verstärkung in Form eines Schardeiches mit schwerem Deckwerk entstehen würden. Selbst bei Kostengleichheit ist noch ein erheblicher wirtschaftlicher Vorteil darin zu sehen, daß nach der Aufspülung die alten Landgewinnungswerke in Form von Buschdämmen bedeckt und nicht mehr zu unterhalten sind und auch die Kosten der noch verbleibenden Begrüppungen wesentlich geringer sind. Ferner sollte bedacht werden, daß durch eine solche Maßnahme das schützende Vorland gleichzeitig mit der Deicherhöhung geschaffen und gerade die anfangs nicht so verfestigte Deichaußenböschung vor besonders starkem Wellenangriff bewahrt wird.

Nach diesem Verfahren ist 1968 in der Deichacht Krummhörn bei Pilsum auf einer Strecke von 2,5 km Länge ein Vorland durch Aufspülung im Zusammenhang mit der Deicherhöhung und -verstärkung aufgehöhht worden. Auch hier zeigte sich, daß die durch die Aufspülung des Vorlandes gleichzeitig erzielte Schutzwirkung für den Deich neben all den anfangs genannten Vorteilen eines Vorlandes für die Sicherheit des Deiches von erheblicher Bedeutung sein kann.

3. Hauptdeiche

3.1. Die Deiche Ostfrieslands und das geschützte Gebiet

Die 207 km lange Hauptdeichstrecke des ostfriesischen Festlandes gliedert sich in

- 118,5 km Seedeiche,
- 45,0 km Stromdeiche und
- 43,5 km Flußdeiche

auf. Darüber hinaus sind auf allen ostfriesischen Inseln zum Schutz der niedrig gelegenen Ortsteile ebenfalls Hauptdeiche von insgesamt 22,3 km geschaffen worden.

Die Seedeiche reichen von der östlichen Bezirksgrenze bei Harlesiel entlang der ganzen Nord- und Westküste Ostfrieslands bis zum Eintritt der Ems in den Dollart östlich des Hafens Emden und von Pogum auf dem gegenüberliegenden linken Emsufer entlang der Ostseite des Dollarts bis zur Grenze gegen das Königreich der Niederlande bei Nieuwe-Statenzyl (LÜDERS, LIESE, KRAMER, 35). Auf über 55 % dieser Strecke, nämlich auf rd. 65 km, liegt der Seedeich schar. Dieser große Anteil von Schardeichen zeigt die Bedeutung, die der Vorlandgewinnung in Ostfriesland zukommt. Bis auf eine Strecke von 22,5 km oberhalb und insbesondere unterhalb des Hafens Emden an der Ems werden überall Landgewinnungsarbeiten betrieben, um hier in absehbarer Zeit das schützende Vorland vor den jetzigen Schardeichen zu gewinnen (Abb. 1).

Auf Teilstrecken sind Polderdeiche den Hauptdeichen vorgelagert, die größtenteils von privater Seite geschaffen wurden. Sie haben in der Regel etwa die Höhe der dahinterliegenden alten Hauptdeiche und stellen somit einen erheblichen Schutz der Küste dar. Auf einigen

Tabelle 1
Übersicht über Deichachten, Deichstrecken und Inseldeiche

Nr.	Deichverband	Gebietsgröße (ha)	Deichlängen (km)				Erhöhung und Verstärkung der Deiche (km)	
			Stand 1964	Flußdeich	Stromdeich	Seedeich	bis Dez. 1968 ausreichend	ab Jan. 1968 noch erforderlich
A. Festland								
1	Leda-Jümme-Verband in Leer	75 400	2	2				2
2	Oberledinger Deichacht in Driever	8 175	19	19				18
3	Moormerländer Deichacht in Oldersum	36 130	27	2,5	24,5			26
4	Rheider Deichacht in Weener	27 305	51	20	20,5	10,5	4	47
5	Deichacht Krummhörn in Pewsum	48 000	47			47	12	33*
6	Deichacht Norden in Norden	24 000	32			32		26*
7	Deichacht Esens in Esens	40 000	29			29	21	8
		259 010	207	43,5	45	118,5	37	160*
B. Inseln								
8	Borkum		2,5			2,5		2,5
9	Juist		4,5			4,5	3,6	0,9
10	Norderney		8,7			8,7		8,7
11	Baltrum		0,6			0,6	0,6	
12	Langeoog		4,1			4,1		4,1
13	Spiekeroog		1,9			1,9	1,9	
			22,3			22,3	6,1	16,2

* Unter Berücksichtigung der Verkürzung durch die Leybucheindeichung

Strecken sind vor den Hauptdeichen Sommerdeiche gebaut worden, die im Unterschied zu den Polderdeichen mit Winterdeichhöhe nur einen Schutz vor Sommerüberflutungen gewährleisten sollen. Aber auch ihre Bedeutung für den Küstenschutz darf, wie später noch gezeigt werden wird, nicht unterschätzt werden.

Eine zweite Deichlinie ist in Ostfriesland nur auf wenigen Strecken vorhanden. Bei der Erhöhung und Verstärkung von Hauptdeichen im Rahmen des niedersächsischen Küstenprogramms sind jedoch teilweise Hauptdeiche vorverlegt und insbesondere Polderdeiche zu Hauptdeichen ausgebaut worden. Die so zu Schlafdeichen abgestuften alten Hauptdeiche werden im allgemeinen als zweite Deichlinie erhalten.

Die Stromdeiche fassen die untere Ems zwischen Emden bzw. Pogum und Leerort bzw. Bingham ein. Oberhalb schließen die Flußdeiche bis zur Grenze des Regierungsbezirks Aurich entlang der Ems und an der Leda bis zum Leda-Sperrwerk bei Leer an.

Die Unterhaltung der Deiche ist in der Regel eine Aufgabe der Deichverbände (ostfriesisch: Deichachten). In Ostfriesland sind Deichachten nach dem Niedersächsischen Deichgesetz gebildet worden. Die Zuordnung der Deichstrecken und der Deichachtsflächen, die das geschützte Gebiet erfassen, ist aus der Tabelle 1 zu entnehmen (Abb. 1). Die auf die einzelnen Inseln entfallenden Strecken sind ebenfalls aus dieser Tabelle zu ersehen.

Das durch die Hauptdeiche geschützte Gebiet des ostfriesischen Festlandes ist nach oben durch die Höhenlinie NN + 5,0 m begrenzt und hat so eine Größe von insgesamt rd. 220 000 ha. Gemessen an der Gesamtfläche Ostfrieslands von rd. 314 000 ha sind rd. 70 % davon durch Sturmfluten gefährdet.

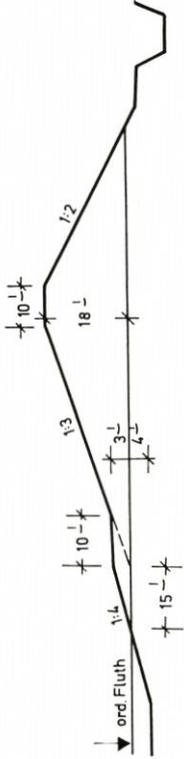
3.2. Geschichtliche Entwicklung

Einer der ersten bekannten Deichbauer zwischen Ems und Weser, ANTON GÜNTHER VON MÜNNICH, beschreibt 1692 die Oldenburger Deiche und schlägt Verbesserungen vor (48). In Ostfriesland haben MÜNNICH und später sein Sohn in den Jahren nach der folgenschweren Weihnachtsflut 1717 den Bau und die Verstärkung der Deiche im Amtsbezirk Emden geplant und geleitet. Für den Normalfall hält er in obiger Beschreibung Seedeiche mit Böschungsneigungen innen wie außen von 1:2¼ für ausreichend. HUNRICHS (25) forderte 1770/71 bei stark beanspruchten Deichen eine Böschungsneigung von 1:3 bis 1:4 (Abb. 11). Er wies darauf hin, daß nicht nur die Lage zur Hauptwindrichtung und die Vorlandbreite und -höhe, sondern auch die „Beschaffenheit des Erdreichs, woraus er besteht“, bei der Wahl der Böschungsneigung berücksichtigt werden müsse. Zuvor hatte BRAHMS schon 1754 bei Deichen, die starken Angriffen ausgesetzt seien, eine Böschungsneigung von 1:4 bis 1:6 vorgeschlagen (5). Interessant mag in diesem Zusammenhang auch sein, daß BRAHMS bereits die konvexe Deichböschung vorgeschlagen hat (Abb. 11) (5). Sie passe sich den jeweiligen Wellenangriffen bei unterschiedlichen Wasserständen am besten an. Da aber im unteren Bereich der Deich häufig angegriffen werde, sei hier doch eine flachere Neigung zu wählen.

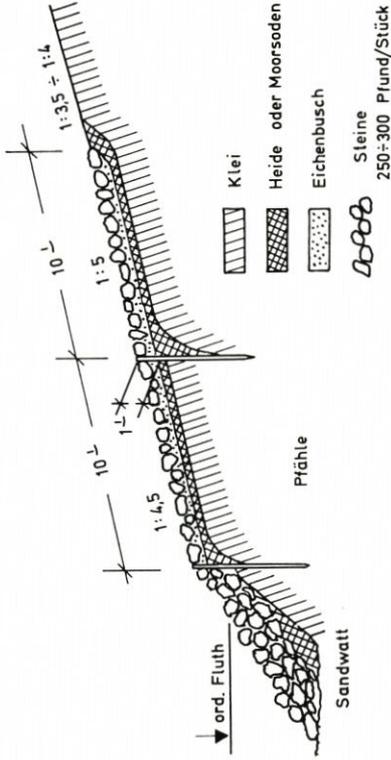
Die unzureichenden Deichquerschnitte unserer Vorfahren sind folglich weniger auf die mangelnde Kenntnis der Deichbauer als vielmehr auf die Finanzierungsschwierigkeiten der Deichachten zurückzuführen. Und viele Berichte jener Zeiten lassen deutlich werden, daß nicht eine mangelnde Einsicht der Verantwortlichen, sondern die wirtschaftliche Not der Betroffenen die großzügige, sichere Deichbemessung nicht zuließen.

MÜNNICH empfiehlt bei einer Deichgefährdung infolge Vorlandabbruchs die Vorschüttung einer etwa 10 m breiten Berme, die durch eine 1,2 m aus dem Watt ragende Holzwand gesichert werden soll (Abb. 11). Er sieht diesen vorderen senkrechten Abschluß vor, obwohl er auf die

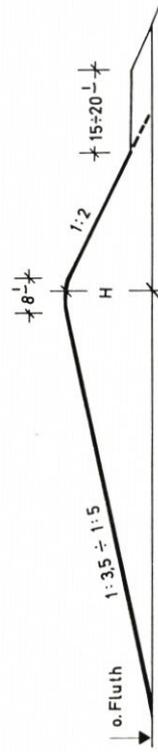
Deichprofil mit Berme nach Hunrichs 1767



Deckwerk eines Steindeiches nach Hunrichs 1770



Deichprofil nach Entwurf von 1825 (Arends)

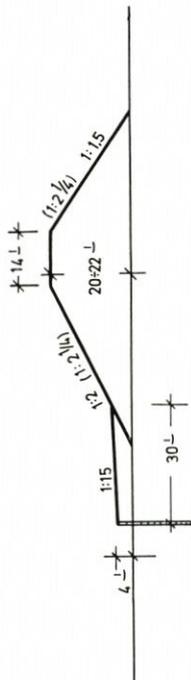


	H	Böschung
Niederemsische Deichacht	14 ÷ 17	1:4 ÷ 1:5
Greetmer Deichacht	15 ÷ 16	" 1:4 ÷ 1:5
Westler- u. Lintelermarsch	16 ÷ 18,5	" 1:4 ÷ 1:5
Amt Berum	15 ÷ 16,5	" 1:3,5 ÷ 1:4
Amt Dornum	15 ÷ 16,5	" 1:3,5 ÷ 1:4
Amt Esens	15 ÷ 16,5	" 1:3,5 ÷ 1:4

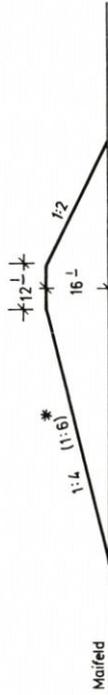
1- rheinl. = 31,39 cm

Deichprofile nach Münnich 1692

Holzdäich: wenn Vorland im Abbruch ober Aussicht auf Wiederanlandung besteht



Deichprofile nach Brahms 1754



* bei sandigem Klei und besonders starkem Angriff Außenböschung 1:6 geneigt



Vorschlag für konvexen Deich von BRAHMS 1754

Abb. 11. Alte Seedei profiles in Ostfriesland

Gefahren einer senkrechten Wand infolge dadurch hervorgerufener Auskolkungen und Vertiefungen des Watts hinweist. Die Nachteile dieser senkrechten Sicherungswerke, wie sie auch beim Stackdeich auftraten, wurden im 17. Jahrhundert zwar erkannt, bessere Bauweisen waren aber noch nicht gefunden.

Bei Larrelt westlich der Stadt Emden baute MÜNNICH 1719 noch eine Holzung, die erst 1825 aufgegeben wurde. Statt dessen erhielt der Deich dann eine flache Böschung unterhalb der ordinären Flut. Derartige ungeschützte Böschungen mußten in der Regel alljährlich wieder mit Stroh bestickt werden (Strohdeich) und stellten eine große finanzielle Belastung dar. Das Problem der Fußsicherung scharliegender Deiche hat die Verantwortlichen jahrhundertlang beschäftigt. Trotz aller Warnungen der Fachleute wurde die Erhaltung des anfangs überall vorhandenen Vorlandes zeitweise leider vernachlässigt, so daß das Vorland verlorenging.

Auch BRAHMS hat 1754 das Steindeckwerk noch nicht gekannt, denn er fordert in seinem Werk „Anfangsgründe der Deich- und Wasser-Baukunst“ (5) energisch Maßnahmen zur Erhaltung des Deichvorlandes, da sonst ein Wasserdeich³⁾ entstehe und kostspielige Holzungen angelegt oder ein Strohdeich⁴⁾ unterhalten werden müsse oder aber ein reiner „Wasserdeich“ — also ohne Sicherungswerk — entstehen würde. Vom „Steindeich“ ist noch keine Rede.

Erst 1767 empfiehlt HUNRICHS für gefährdete Schardeiche am Deichfuß eine 1:4 geneigte Böschung vor einer 3 m breiten Berme. Die Entwicklung einer Fußbefestigung führte dann zum sog. „Steindeich“ (Abb. 11). 1770/71 beschrieb er ein derartiges Deckwerk und errechnete, daß die Baukosten etwa so hoch wie bei einer „Holzung“ seien, daß aber die weit geringere Unterhaltung und die Vermeidung der Auskolkungen erhebliche Vorteile gegenüber der Holzung böten (25).

Die hohe Deichlast der Marschbewohner ließ aber eine zusätzliche Investierung für ein Steindeckwerk lange Zeit nicht zu. Erst um 1900 erhielt der größte Teil der scharliegenden Seedeiche Ostfrieslands schwere Deckwerke aus Granit, Basalt oder Sandstein, die sich im großen und ganzen heute noch bewähren. Die Belastung der Deichachten betrug dadurch bis zu 14 Mark je ha, d. h. den Gegenwert von zwei Zentnern guten Weizens (WOLTER, 66).

Der 1825 bei Larrelt gebaute Deich hat bereits eine Querschnittsfläche von rd. 110 m² über MThw. Die für den Bau des Deiches notwendigen ungeheuren Bodenmassen wurden mit Schiebkarren und Wüppen⁵⁾ transportiert. Die Entfernung zur Pütte (Entnahmestelle) sollte verständlicherweise so gering wie möglich sein. Dabei wurde das Bestreben, den Kleiboden möglichst aus dem Vorland zu entnehmen, vielfach nicht streng befolgt, so daß noch heute auf weiten Strecken sog. Saarteiche unmittelbar am binnenseitigen Deichfuß die alten Bodenentnahmen anzeigen. Nach 1825 wurde grundsätzlich ein Deichlängsweg auf der Binnenberme gefordert (MÜLLER, 47), während im 18. Jahrhundert ein Weg auf der Deichkrone noch die Regel war. HUNRICHS empfahl 1770/71 schon einen Weg auf der Deichbinnenseite mit der Begründung: 1. Gegendruck zum Deichgewicht, 2. gegen Sickerströmung und 3. als Verbindungsweg. Erst 1825 wurde grundsätzlich festgesetzt, daß auf der Krone kein Weg mehr liegen solle, aber auf einer genügend hohen Binnenberme ein Deichlängsweg anzuordnen sei. Unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten wurden nach 1825 die in Abb. 11 dargestellten Bestickmaße für die ostfriesischen Seedeiche festgesetzt. Die Neigung der Außenböschung lag zwischen 1:3,5 und 1:5.

Die südlich von Norden in der ehemaligen Leybucht jetzt aufgenommenen Deichprofile

³⁾ heute: Schardeich.

⁴⁾ Strohdeich: Deich, dessen Außenböschung durch Besticken mit Stroh befestigt ist (LÜDERS, 39).

⁵⁾ Wüppe = zweirädriger Erdkarren, der in früheren Zeiten in der Marsch u. a. beim Deichbau verwendet wurde (LÜDERS, 33).

zur Bedeichung von Süderneuland
des Groß-Süder-Charlottenpolders
des Ernst-August-Polders
und des Leybucht polders

1558,
1677,
1845/46
1947/50

zeigen die Entwicklung der Deichquerschnitte von 1558 bis aus den Jahren 1950. Zum Vergleich sei der 1968 verstärkte Hauptdeich bei Pilsum südlich der Leybucht ebenfalls dargestellt (Abb. 12). Bei dem Deich von 1558 ist die Verbreiterung für eine Fahrspur auf der Deichkrone zu erkennen. Die Höhenlage des Maifeldes wächst im Laufe der Jahrhunderte mit dem MThw an, wie diese Aufnahmen deutlich machen.

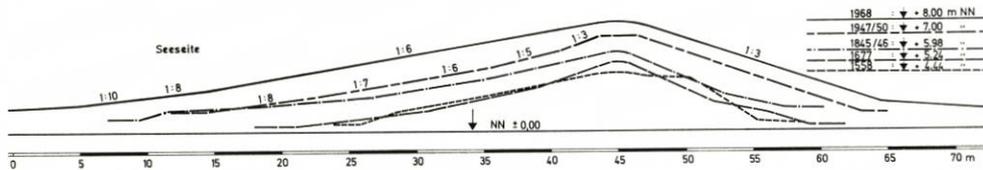


Abb. 12. Alte Deichquerschnitte in der Leybucht, aufgenommen 1968, darüber Querschnitt des Störtebekerdeiches (1947/50) und des neuen Hauptdeiches bei Pilsum (1968)

3.3. Deichbauten vor und Lehren aus der schweren Sturmflut 1962

Nach den in den letzten Jahrzehnten gewonnenen Erkenntnissen über die säkulare Höhenverschiebung zwischen dem Festland und dem Meeresspiegel wurden die Deichhöhen an der Küste allgemein überprüft (HUNDT, 23; LÜDERS, 38; PETERSEN, 53). Insbesondere an der Ems wurden bereits in den 30er Jahren erhebliche Deicherhöhungen und -verstärkungen durchgeführt. Hier hatten nicht nur der säkulare Meeresspiegelanstieg und das starke Setzen der Deiche auf dem wenig tragfähigen Untergrund, sondern auch die umfangreichen strombautechnischen und deichbaulichen Maßnahmen die Erhöhung der Deiche dringend notwendig gemacht. Aber auch im übrigen Ostfriesland reichten die letztmalig nach der schweren Sturmflut vom 13. 3. 1906 überprüften und teilweise erhöhten Deiche nicht mehr aus. Die Arbeiten zur Verstärkung zu schwacher Deichstrecken mußten während des 2. Weltkrieges und in den Nachkriegsjahren unterbrochen werden. Erst nach der Sturmflutkatastrophe vom 1. 2. 1953 in den Niederlanden, die das „Niedersächsische Küstenprogramm 1955/64“ mit veranlaßte, wurden die Deicharbeiten verstärkt fortgesetzt. Sie waren noch in voller Ausführung, als am Abend des 16. Febr. 1962 an unserer Küste eine schwere Sturmflut hereinbrach und umfangreiche Schäden verursachte (Küste 10, H. 1, 1962, 35, 46).

Durch die Erhöhung und Verstärkung der schwächsten Deichstrecken sowie durch den Bau von Deichmauern in einigen Sielorten waren die gefährdetsten Punkte der Küste bereits gesichert. Von der 207 km langen Hauptdeichstrecke des Festlandes wiesen nur 135 km keine nennenswerten Schäden auf. Auf 30 km wurden leichte Schäden, auf 32 km mittlere Schäden und auf 10 km Deichstrecke schwere Schäden verursacht. Als schwere Schäden wurden Ausschläge oder Rutschungen mit mehr als 1 m³/lfd. m Deich eingestuft (LÜDERS, LIESE, KRAMER, 35). Zu einem Deichbruch der Hauptdeichlinie kam es nicht; lediglich einige Polderdeiche wurden durchbrochen und einige weitere Polder durch Überströmen der Deiche überschwemmt. Die Überschwemmung von rd. 3000 ha entlang des rechten Emsufers im Süden Ostfrieslands ist auf den Bruch eines kurz vor seiner Erhöhung und Verstärkung stehenden Deiches südlich der Bezirksgrenze zurückzuführen (KRAMER, 27, 28). Mit Sicherheit konnte durch die bis

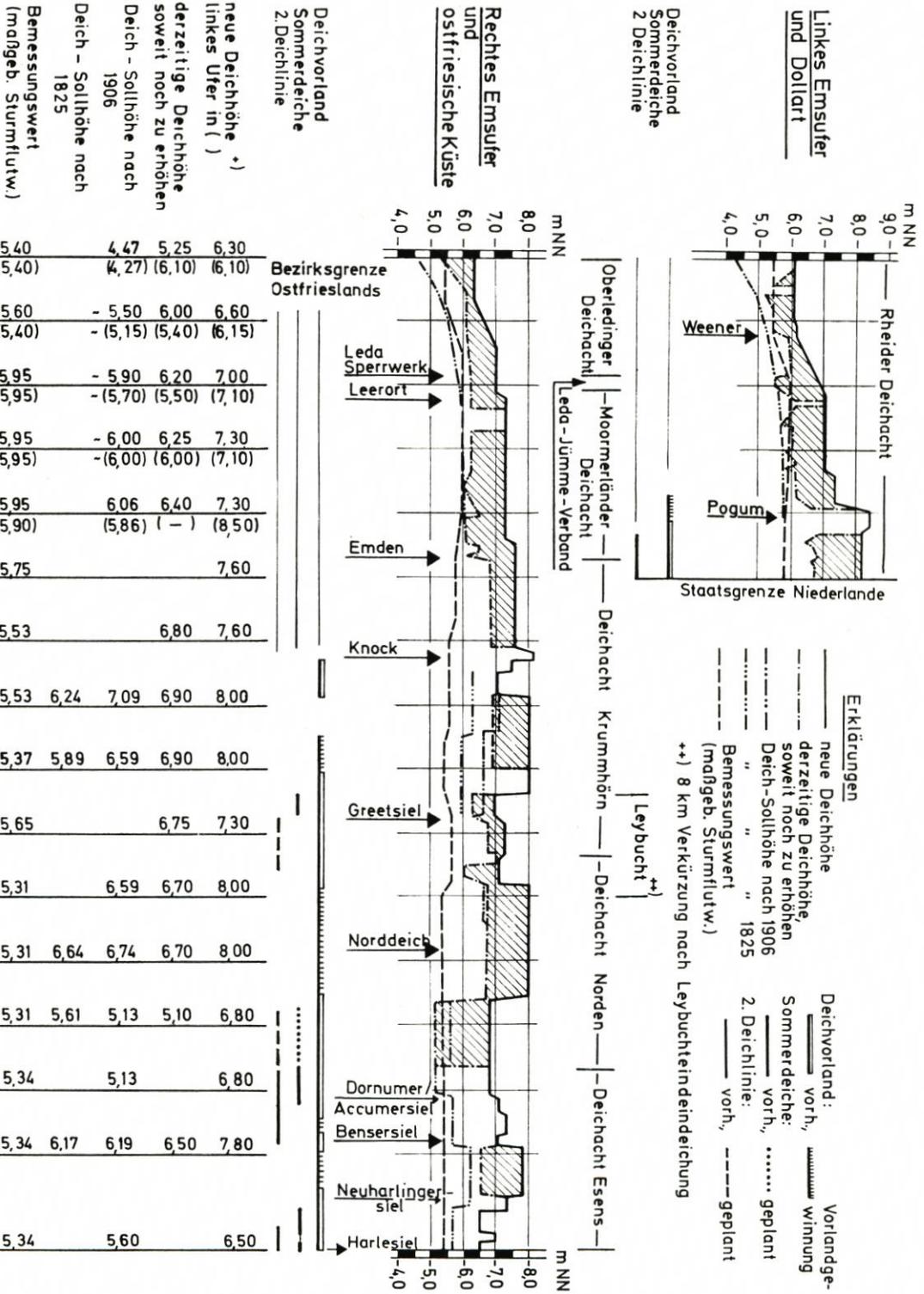


Abb. 13. Deichhöhen und Bemessungswerte der ostfriesischen Hauptdeiche (Längsschnitt) mit Sollhöhe, derzeitiger Höhe, Sollhöhe nach 1906 und 1825 und Angaben zum Deichvorland, zu Sommerdeichen und zur 2. Deichlinie

dahin durchgeführten Deichverstärkungsmaßnahmen sowie durch das 1954 fertiggestellte Leda-Sperrwerk größerer Schaden verhindert werden.

Deicherhöhungen und -verstärkungen wurden an der Küste bisher jedesmal vorgenommen, nachdem das Unglück eingetreten war. Dann zog man rückschauend die „Lehren“ aus der Katastrophe und machte die Deiche so hoch und so stark, wie sie vor diesem Unglück hätten sein müssen, um es zu verhüten. Danach hatte man dann für 100 oder 200 Jahre Ruhe, bis die nächste, noch höhere Sturmflut neues Unheil brachte. Durch das „Niedersächsische Küstenprogramm 1955—1964“ und die vorausgegangenen Einzelmaßnahmen wurde erstmalig in fast 1000jähriger Geschichte unserer Deiche ein neuer Weg eingeschlagen:

„Wir warten nicht ab, bis das Unglück eingetreten ist, sondern versuchen unter Heranziehung all unserer wissenschaftlichen und praktischen Erkenntnisse die im vor uns liegenden Jahrhundert zu erwartenden Orkanfluten ihrer Höhe nach abzuschätzen, schon heute die sich danach ergebenden notwendigen Deichhöhen herzustellen, um somit vorausschauend ein neues Unglück nach menschlichem Ermessen abzuwehren.“

(LÜDERS, 38). Und am Schluß des gleichen Artikels heißt es weiter:

„Die Zeit zu bestimmen, die hierfür — nämlich für die Durchführung der notwendigen Küstenschutzmaßnahmen — nötig ist, liegt in unserer Hand, aber die Zeit, die uns noch verbleibt, bis die nächste Orkanflut die Sicherheit und Standfestigkeit unserer Deiche prüfen wird, bestimmt nicht der Mensch. Möge das Schicksal uns dafür noch die unbedingt notwendige Frist gewähren!“

Diese Frist war kurz. Sie betrug 5 Jahre. Schwere Schäden sind an den Deichen und Küstenschutzwerken entstanden, aber das große Unheil konnte in Ostfriesland abgewendet werden. Durch eine systematische Aufzeichnung und gründliche Untersuchung der Schäden und ihrer Ursachen — hier sei besonders auf den Bericht der Ingenieur-Kommission der niedersächsischen Wasserwirtschaftsverwaltung hingewiesen (35) — hat der Ingenieur wertvolle Erkenntnisse für den künftigen Deichbau und die Unterhaltung der Deiche gewinnen können. Entscheidend für die Entstehung der Schäden waren im allgemeinen unzureichende Deichabmessungen, ungünstige Querschnitte, unsachgemäß hergerichtete bauliche Anlagen am Deich sowie der Unterhaltungszustand der Deiche. Der erste Ansatzpunkt für einen Schaden war häufig eine ungenügend gepflegte Grasnarbe. Auch durch Treibgut aller Art wurden oft schwere Schäden ausgelöst. Der Küstenausschuß Nord- und Ostsee hat auf Grund dieser Beobachtungen und Erfahrungen 1963 die „Empfehlungen für den Deichschutz nach der Februar-Sturmflut von 1962“ (13) erarbeitet, die heute als Richtlinien den Deichbauentwürfen zugrundegelegt werden.

3.4. Neue Deichhöhen

3.4.1. Allgemein

Nach der Sturmflut vom 3./4. 2. 1825 wurden die in Abb. 11 dargestellten Bestickmaße für die ostfriesischen Seedeiche festgesetzt. Diese von der Basis ordinärer Flut ausgehenden Höhen ergeben unter Berücksichtigung des saekularen Meeressanstieges von 23 cm in 100 Jahren (HUNDT, 23) bei dem rd. 31 cm niedrigeren MThw die in Abb. 13 in Form eines vereinfachten Längsschnitts der Seedeiche von Harlesiel bis Emden dargestellten Höhen. Es mag überraschen, daß beispielsweise bei Norddeich bereits damals die heute noch vorhandene Deichhöhe festgesetzt worden ist.

Nach der Sturmflut vom 13. 3. 1906 wurden die Deichhöhen erneut festgesetzt, und zwar mit den ebenfalls in Abb. 13 dargestellten Höhen. Bei der Festsetzung dieser Deichhöhen überrascht insbesondere, daß als maximaler Wellenaufschlag einschließlich Sicherheitszuschlag das

Maß von 2,0 m trotz der äußerst ungünstigen Verhältnisse bei Norddeich mit dem niedrigen Watt zugrundegelegt wurde. Die niedrige Lage des Fußes des 1901 hier errichteten schweren Basalt-Deckwerks läßt vermuten, daß das Watt auch damals schon recht niedrig lag. Heute liegt es am Deichfuß streckenweise unter $NN \pm 0$. Der größte Wert, der für Wellenauflauf einschließlich Sicherheitszuschlag 1906 eingeplant wurde, beträgt 2,13 m, und zwar für die scharliegende Deichstrecke der Niederemsischen Deichacht im Raume Campen. Für den scharliegenden Deich der Greetmer Deichacht südwestlich von Greetziel sind für Wellenauflauf und Sicherheitszuschlag lediglich 1,8 m angesetzt. Noch geringer, und zwar nur 1,42 m, wurden für Wellenauflauf und Sicherheitszuschlag bei dem ebenfalls scharliegenden Deich bei Neuharlingersiel eingeplant.

Die Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 hat an der Nordküste Ostfrieslands etwa 30 cm niedrigere Sturmflutwasserstände gebracht, als sie 1906 aufgezeichnet wurden. Nur an der Ems oberhalb von Leerort wurden die Wasserstände von 1906 überschritten, und zwar bis zu 40 cm (LÜDERS, LIESE, KRAMER, 35). Merklich höher als vermutet und als nach den vorhergehenden Deichhöhenfestsetzungen beschrieben, war der Wellenauflauf. Auf weiten Deichstrecken war der Teek (Treibsel) auf die Deichkrone geschlagen. Dabei war die vorherrschende Windstärke Bft. 9 bis 10 nicht einmal außergewöhnlich hoch. Diese Erkenntnisse führten dazu, daß die Deichhöhen der ostfriesischen Hauptdeiche von den Behörden der niedersächsischen Wasserwirtschaftsverwaltung 1962 neu berechnet wurden.

3.42. Berechnung des Bemessungswertes

Nach der Empfehlung der Arbeitsgruppe „Sturmfluten“ des Küstenausschusses Nord- und Ostsee nach der Sturmflut vom 1. Februar 1953 war in Niedersachsen im allgemeinen das Einzelwert-Verfahren gebräuchlich, mit dem durch Addition des MThw (a), der größtmöglichen Springtideerhöhung (b), des Windstaus (c) und der saekularen Wasserstandshebung (d) der maßgebende Sturmflutwasserstand (im folgenden: Bemessungswert) errechnet wurde (LÜDERS, LEIS, 40). In Ostfriesland wurde dieses Verfahren allerdings nicht angewendet, da hier örtliche Einflüsse, wie wechselnde Vorlandbreite und -höhe, Sommer- und Polderdeiche vor den Hauptdeichen mit unterschiedlichen Zuschlägen, zu berücksichtigen waren, so daß besser unmittelbar vom HHThw ausgegangen werden konnte (METZKES, 45).

Auf Grund der Erfahrungen aus der Sturmflut von 1962 und zwischenzeitlich durchgeführten Modellversuchen für die Ems war es möglich, die verschiedenen o. g. Einflüsse sowohl an der Küste als auch an der Ems einigermaßen zu erfassen und beim Einzelwert-Verfahren zu berücksichtigen. Entsprechend den Empfehlungen der Arbeitsgruppe „Küstenschutzwerke“ vom Herbst 1962 wird nun auch in Ostfriesland der Bemessungswert sowohl nach dem Einzelwert-Verfahren als auch nach dem Vergleichs-Verfahren ermittelt und der größere Wert der Deichhöhenberechnung zugrundegelegt (METZKES, 44; LÜDERS, 40).

An drei Beispielen

- a) für den scharliegenden Seedeich östlich von Bengersiel,
 - b) für den Störtebekerdeich mit Deichvorland bzw. dem Bezugspegel „Leybuchtziel“ in der Leybucht und
 - c) für den scharliegenden Stromdeich bei Leerort an der Ems
- soll hier die 1962 nach dem Einzelwert-Verfahren durchgeführte Berechnung des Bemessungswertes erläutert werden (Tab. 2).

Zum Vergleich wurden 1965 in der niedersächsischen Wasserwirtschaftsverwaltung die Bemessungswerte nach dem Vergleichsverfahren berechnet. Zu dem HHThw, das für Bengersiel

Tabelle 2

Bemessungswert für den Seedeich bei Benersiel und Leybuchtziel sowie den Stromdeich bei Leerort

		Benersiel	Leybuchtziel	Leerort
1. höchste Tidewasserstände				
1906	(m NN)	+ 4,77	—	+ 5,05
1962	(m NN)	+ 4,50	+ 4,84	+ 5,06
2. a: MThw 1951/60	(m NN)	+ 1,30	+ 1,23	+ 1,44
3. b: HHS _p Thw — MThw	(m)	0,49	0,49	0,48
(höchste Springtideerhöhung der Wintermonate*)				
4. c: größter Windstau über dem auf astronomischer Grundlage vorausgerechneten Tidehochwasser = HHThw — Thw (ber.)				
1906	(m)	3,30	—	3,44
Thw (ber.) 1906 = MThw 1906 + 29 cm*				
MThw 1906 = MThw 1951/60 — 12,5 cm***)				
1962	(m)	(3,28)	3,68	(3,65**)
Thw(ber) 1962 = MThw 1951/60 abzügl.: für Benersiel: 8 cm				
für Leybuchtziel: 7 cm				
für Leerort: 3 cm				
(vgl. 56)				
5. d: saekularer Meeresspiegelanstieg in 100 Jahren***)	(m)	0,25	0,25	0,25
6. e: Einflüsse der seit 1906 durchgeführten Regelungsmaßnahmen in der Ems, der Eindeichungen oberhalb Papenburgs und des Ledasperrwerkes (nach Modellversuchen im Franzius-Institut, 20)				
	(m)	—	—	0,35
7. Bemessungswert				
(a + b + c + d u. für Leerort + e)	(m NN)	+ 5,34	+ 5,65	+ 5,96

*) Nach Mitteilungen des Deutschen Hydrographischen Instituts.

**) Der Windstau von 1962 mit 3,65 m ist kleiner als der Windstau 1906 zuzüglich „e“.

***) Abgeschätzt nach dem saekularen Meeresspiegelanstieg für verschiedene Küstenorte in „Die Küste“ 1954 (23).

und Leerort aus dem HThw 1906 einschließlich einer saekularen Hebung von 14 cm bzw. für Leybuchtziel aus dem HThw 1962 besteht, wurde ein Sicherheitszuschlag für saekulare Hebung, atmosphärische, meteorologische und sonstige Einflüsse hinzugerechnet. Für diese 3 Punkte ergibt sich so folgender Bemessungswert:

	HHThw	Sicherheitszuschlag	Bemessungswert
1. Benersiel	NN + 4,91 m	0,50 m	NN + 5,41 m
2. Leybuchtziel	NN + 4,84 m	0,50 m	NN + 5,34 m
3. Leerort	NN + 5,19 m	0,80 m	NN + 5,99 m

In den Fällen 1. und 3. ist der so errechnete Bemessungswert um einige Zentimeter höher als der in Tabelle 2 nach dem Einzelwertverfahren berechnete. Dieser Wert ist folglich der Bemessung der Deichhöhen zugrunde zu legen. Für Leybuchtziel ergibt sich nach dem Einzelwertverfahren ein um 34 cm höherer Wert als nach dem Vergleichsverfahren.

Eine zutreffende Abschätzung des Sicherheitszuschlages erfordert eine umfassende Kenntnis aller diesen Zuschlag beeinflussenden Faktoren. Im Einzelwertverfahren werden die gemessenen Sturmflutwasserstände (HHThw) dagegen nach Springtideeinfluß, Windstau und dgl. analysiert, so daß die einzelnen Faktoren jeder für sich eindeutig berücksichtigt werden können. So wird beispielsweise der unterschiedliche astronomische Einfluß — Spring- oder Nipptide — bei den einzelnen Höchstwasserständen beim Einzelwertverfahren zunächst eliminiert und dann mit der größtmöglichen Springerhöhung (b) wieder berücksichtigt. Dieser Einfluß als Unterschied zwischen dem vorausberechneten Thw und dem MThw betrug 1906 + 29 cm und 1962 — 7 cm für Leybuchtziel. Der Deichbauingenieur bevorzugt aus diesen Gründen das Einzelwertverfahren.

3.43. Wellenauflauf

Die Kronenhöhe des Deiches wird berechnet, indem man zum Bemessungswert den dabei zu erwartenden Wellenauflauf addiert. Wegen der großen Bedeutung dieses Wertes bei der Berechnung der Deichhöhen muß darauf näher eingegangen werden. Die Sturmflut von 1962 hat uns gelehrt, daß die bis dahin für den Wellenauflauf angesetzten Werte offensichtlich zu niedrig lagen (METZKES, 45). Bei den streckenweise erheblich unter dem maßgebenden Sturmflutwasserstand gebliebenen Höchstwasserständen ist vielfach bereits ein Wellenauflauf gemessen worden, der in etwa dem vorausberechneten Wellenauflauf für den Bemessungswert entspricht. Der höhere der Bemessung zugrundeliegende Sturmflutwasserstand (Bemessungswert) und der stärker zu erwartende Orkan — am 16. 2. 1962 betrug die mittlere Windstärke in der Deutschen Bucht 9—10 Bft — würden einen wesentlich höheren Wellenauflauf verursachen (24).

Vielfach konnte auch in Ostfriesland der tatsächliche Wellenauflauf in der Februar-Sturmflut 1962 nicht ermittelt werden, da der Teek (Treibsel) auf die Deichkrone oder sogar über sie hinweg geschlagen worden war. Zur Abschätzung des Wellenaufbaus am Deich seien hier drei mögliche Verfahren genannt (HUNDT, 24):

1. unmittelbare Übernahme der Ergebnisse der Modellversuche des Franzius-Instituts Hannover über Wellenauflauf an Seedeichen (HENSEN, 18, 19). Hierbei handelt es sich um Grundsatzversuche mit windfreier Tiefwasserdünung aus Wassertiefen um 15 m, die über einer 600 m breiten Wattzone bis zum Deich hin umgeformt wird. Die Auflaufwerte des Modells sind Mittelwerte eines Kollektivs, während z. B. Naturbeobachtungen meist Maximalwerte in Form der einnivellierten Teekgrenze liefern. Der Einfluß des Welleneinfallwinkels wurde nicht untersucht. Die Modellergebnisse können daher nur mittelbar mit denen als Teekgrenze beobachteten Naturwerten verglichen werden;
2. proportionale Übernahme der Modellergebnisse des Franzius-Instituts. Es kann angenommen werden, daß die relativen Beziehungen des Modells vom Wellenauflauf zu den Einflußfaktoren Wellenhöhe, Wassertiefe und Periode naturähnlich sind. Sind also an einer Deichstation die Absolutwerte aller Größen für einen bestimmten Naturfall bekannt, so können mit den Verhältniswerten der Modellversuche die einzelnen Faktoren bestimmt werden;

3. verschiedene Formeln zur Berechnung des Wellenaufbaus, wie sie beispielsweise in Holland oder bei anderen Untersuchungen und Berechnungen zugrundegelegt worden sind (HUNDT, 24; FÜHRBÖTER, 14; FRANZIUS, 12).

Voraussetzung aller Verfahren aber ist immer die Kenntnis der zu erwartenden Seegangselemente. Die Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 hat den Mangel an genauen Kenntnissen über den Seegang in der Deutschen Bucht besonders deutlich gemacht. Die Arbeitsgruppe „Sturmfluten“ des Küstenausschusses Nord- und Ostsee ist daher der Auffassung, daß im Bereich der Deutschen Bucht, insbesondere im Gebiet des Überganges zu den Wattengebieten und auf den Watten selbst, eine intensive Seegangsforschung betrieben werden muß. Diese soll umfassende Meßwerte mit selbstschreibenden Wellenmeßgeräten schaffen und, daran anknüpfend, die Ausarbeitung geeigneter Verfahren zur Ermittlung des maßgebenden Seegangs und Wellenaufbaus unter verschiedenen meteorologischen, hydrographischen und morphologischen Verhältnissen ermöglichen. Außerdem sollen damit eingehende hydrodynamische Untersuchungen angestellt werden (HUNDT, 23, 24 und PETERSEN, 53).

Trotz dieses deutlichen Hinweises konnten die Kenntnisse über die maßgebenden Seegangswerte an der deutschen Küste bisher nicht wesentlich verbessert werden (LÜDERS, 34).

In Ostfriesland wurde nach 1962 der Wellenaufbau überprüft und zum Teil neu errechnet, entweder nach dem 1. Verfahren oder, soweit dieses möglich war, nach der eingemessenen Teekgrenze in Verbindung mit den Ergebnissen der Modellversuche nach dem 2. Verfahren.

Für die ostfriesischen Seedeiche von Harlesiel bis zum Dollart war man mangels geeigneter Unterlagen auf die unmittelbare Übernahme der Modellversuchsergebnisse des Franzius-Instituts angewiesen. Dabei wurde die Periode $T = 7$ s zugrunde gelegt. Diese Periode könnte möglicherweise zu hoch angesetzt worden sein, denn 1962 wurden in Büsum eine Stunde lang vor Hochwasser Wellenperioden von 4 bis 5 s beobachtet (HUNDT, 24). Andererseits stimmen die sich bei $T = 7$ s ergebenden Wellenaufbauhöhen bei einzelnen Vergleichen mit den 1962 in Ostfriesland gemessenen Höhen etwa überein. Der Einfluß der Periode ist jedoch erheblich, denn nach den Versuchsergebnissen beträgt der Wellenaufbau an einem Deich hinter einem 600 m breiten Watt bei einem Wasserstand von 5,0 m NN bei der Periode $T = 7$ s 170 % des Wellenaufbaus bei der Periode 5 s (HUNDT, 23).

Bedenklich stimmen zunächst die nach der Sturmflut vom 23. 2. 1967 ermittelten Wellenaufbauhöhen, die an den ostfriesischen Seedeichen zwischen Harlesiel und Campen gemessen und in Abb. 14 in ihrer Abhängigkeit von der Wassertiefe vor dem Deich aufgetragen wurden (52). Läßt man die in geschützter Lage, teilweise in Lee und hinter einem hohen Sommerdeich, ermittelten Werte und ebenfalls alle in der Leybucht mit ihrem breiten Flachwasserbereich gemessenen Höhen außer acht, so liegt die durch die übrigen Meßwerte bestimmte Kurve um 20 bis 35 % über der nach den Modellversuchen für die Periode $T = 7$ s ermittelten. Dabei ist zu beachten, daß die durch Einmessung der Teekgrenze ermittelten Werte Maximalwerte des Wellenaufbaus darstellen, während es sich bei den Versuchsergebnissen um Mittelwerte handelt.

Die Streuung der Wellenaufbauhöhen hat das Franzius-Institut im Modellversuch untersucht (FRANZIUS, 12). Bei glatter Böschungsoberfläche betrug der Streubereich 17 % des Maximalwertes. Der Höchstwert liegt um etwa 11 % über dem Mittelwert, der von 50 % der Wellen erreicht oder überschritten wurde. Nur 25 % der Wellen erreichten bzw. überschritten einen um 3 % über dem Mittelwert liegenden Wellenaufbau. Hierbei handelt es sich jedoch um reine Dünungswellen. Da der Seegang vor unseren Deichen im Sturmflutfall u. a. weitgehend von den jeweiligen Windverhältnissen abhängig ist, dürfte infolge der starken Schwankungen der Windstärke mit zeitweise außerordentlich heftigen Böen für den Naturfall eine wesentlich größere Streuung zu vermuten sein. Dieses wird bestätigt durch Beobachtungen und

Naturmessungen bei Westerland/Sylt (LAMPRECHT, 31). Hier liegen die Maximalwerte der einzelnen Meßreihen um etwa 20 bis 70 % über den Mittelwerten.

Die in Abb. 14 aufgetragenen Wellenauflaufhöhen — eingemessen nach der Teekgrenze — liegen folglich durchaus im Streubereich der in den Versuchen für die Periode $T = 7$ s festgestellten Mittelwerte. Die der Ermittlung des Wellenaufbaus zugrundegelegten Werte aus den Modellversuchen mit $T = 7$ s können daher für diese Wassertiefen als Mittelwerte verwendet werden, solange keine vor den ostfriesischen Seedeichen gemessenen Seegangswerte vorliegen.

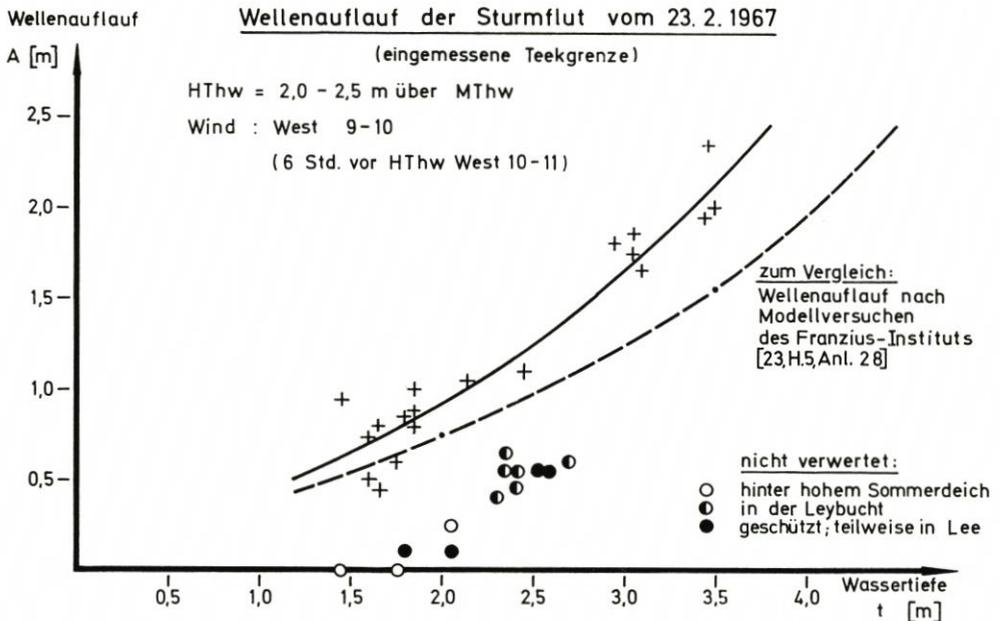


Abb. 14. Wellenauflauf der Sturmflut vom 23. 2. 1967

Diese verschiedenen Versuche zur Abschätzung des maßgebenden Wellenaufbaus lassen erkennen, wie dringend notwendig Naturmessungen der Seegangselemente vor den Deichen sind. Die inzwischen entwickelten Geräte sollten bevorzugt für diese Aufgabe eingesetzt werden.

Um den Einfluß der Böschungsform und -neigung auf den Wellenaufbau abschätzen zu können, sind die Versuche von HENSEN näher zu betrachten (23). HENSEN hat seinen Modellversuchen zur Bestimmung des Wellenaufbaus einen Deich mit konkaver Außenböschung, die am Watt oder Vorland mit flacher Neigung beginnt und allmählich bis zur Neigung 1:2,8 im oberen Bereich ansteigt, zugrundegelegt. In späteren Modellversuchen hat er den Einfluß einer konvex gewölbten Außenböschung mit einer Neigung von 1:4 am Deichfuß und nach oben flacher werdendem Böschungswinkel bis 1:20 im oberen Bereich untersucht und dabei festgestellt, daß der Wellenaufbau bei diesem Profil — Seedeichprofil 3 — nur 56 % des Wellenaufbaus bei dem oben beschriebenen herkömmlichen Profil beträgt.

In Ostfriesland wurde 1962 auf Grund der Erfahrungen aus der jüngsten Sturmflut für scharliegende Seedeiche ebenfalls ein konvexes Profil entwickelt mit folgenden Merkmalen:

Im unteren Bereich bis etwa 1,50 m über MThw erhält der Deich ein Rauheckwerk mit einer Neigung von etwa 1:3. Darüber folgt bis etwa 2,20 m über MThw eine Ausrundung zur

oberhalb gewählten Deckwerksneigung 1:6. Anschließend folgt die bis zur Deichkrone 1:6 geneigte Böschung mit Rasendecke (Abb. 15). Für dieses Deichprofil ist auf Grund der Versuche von HENSEN der Wellenauflauf zu 80 % des Auflaufs am oben beschriebenen herkömmlichen Profil abgeschätzt worden.

Liegt der Deich hinter einem ausreichend hohen Vorland, so erhält er nach wie vor eine konkav geförmte Außenböschung mit einer Neigung 1:6 im oberen Bereich wie in Abb. 15.

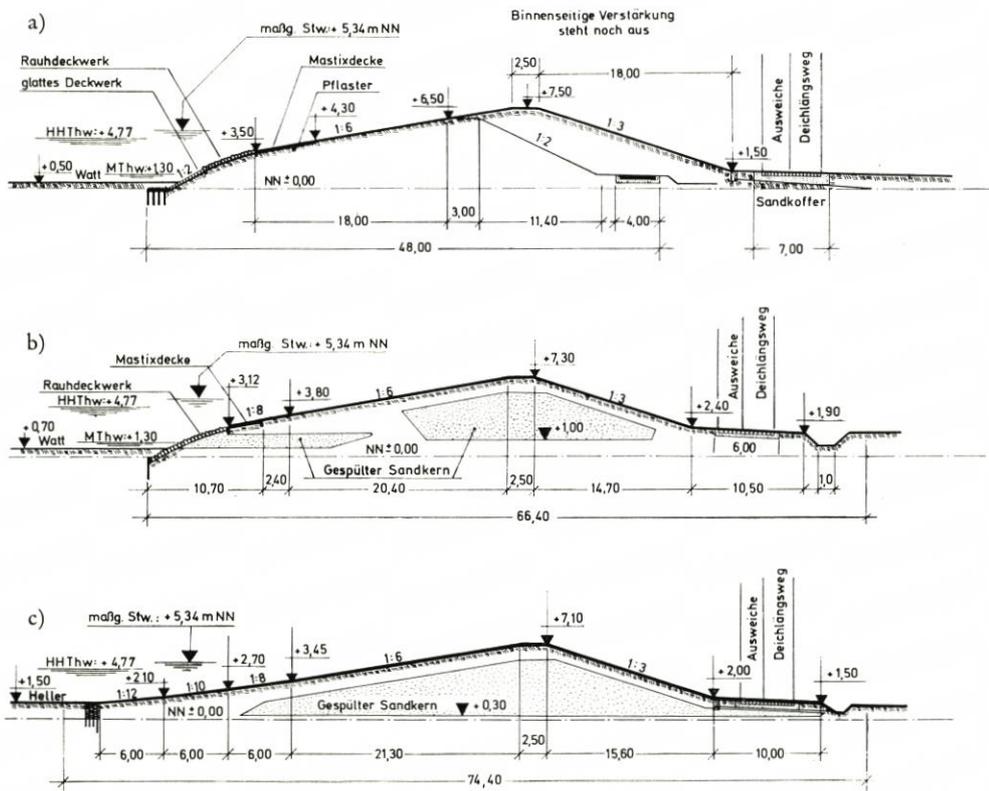


Abb. 15. Neue Deichquerschnitte in der Deichacht Esens

- a) zwischen Neuharlingersiel und Bensorsiel
- b) westlich von Bensorsiel
- c) östlich von Accumersiel

Auch hierfür wurde die Verminderung des Wellenaufbaus infolge der gleichen Böschungseigung im oberen Bereich um 20 % auf 80 % des Wellenaufbaus beim herkömmlichen Profil angenommen.

Wegen der großen Bedeutung einer möglichst zutreffenden Abschätzung des Wellenaufbaus wurde die 1962 angewandte Berechnungsmethode noch einmal nach FRANZIUS (12) überprüft. Nach der dort in Abb. 31 ermittelten Auflaufstrecke auf glatter Böschung in Abhängigkeit von der Wassertiefe vor der Böschung ergibt sich für die Böschungseigung 1:6 bei einer Wassertiefe von 5,5 m umgerechnet ein Wellenaufbau von 2,97 m. Dieser Wellenaufbau hat die 0,77fache Größe des bei der Neigung 1:4 und die 0,67fache des bei der Neigung 1:3 gemessenen Wertes.

Für die 1962 durchgeführte Reduzierung des Wellenaufbaus für die Böschungsneigung 1:6 auf das 0,8fache der Modellversuchswerte (23) liegt danach das Ergebnis auf der sicheren Seite.

Der 1962 nach oben erläuterten Verfahren ermittelte Wellenaufbau liegt für $t = 5,5$ m bei der Neigung 1:6 auf 2,9 m und stimmt somit gut mit dem hier errechneten Wert von 2,97 m überein. Eine gewisse Sicherheit liegt dabei noch in der Verringerung des Aufbaues auf einer natürlichen Grasböschung im Verhältnis zur glatten Versuchsböschung. Das angewandte Verfahren wird dadurch in seiner Richtigkeit bestätigt.

Somit konnte die notwendige Deichhöhe für die ostfriesischen Seedeiche einheitlich durch Addition von Bemessungswert + Wellenaufbau ermittelt werden. Der Wellenaufbau wurde für alle Seedeiche mit neuem Bestick zu 0,8 des sich aus den Modellversuchen in Abhängigkeit von der Wassertiefe vor dem Deich für die Periode $T = 7$ s ergebenden Wellenaufbaus für das herkömmliche Profil errechnet.

Für die Strom- und Flußdeiche an der Ems wurde weitgehend von der eingemessenen Teekgrenze ausgegangen. Der durch die Anhebung des Sturmflutwasserspiegels vom HThw 1962 auf den Bemessungswert bewirkte größere Wellenaufbau wurde in Anlehnung an die Modellversuche für eine Periode $T = 5$ s abgeschätzt. Nach den Modellversuchen beträgt beispielsweise für eine Periode von $T = 5$ s der Anstieg des Wellenaufbaus bei 5 m Wassertiefe etwa 65 cm je m Wassertiefe. Der so gefundene für die relativ steilen Außenböschungen geltende Wellenaufbau konnte je nach dem Grad der Abflachung der Außenböschung bei der durchzuführenden Erhöhung und Verstärkung entsprechend vermindert werden.

Nach diesem Verfahren werden als Beispiel für den scharliegenden Seedeich östlich von Bengersiel, für den Störtebekerdeich an der Leybucht und für den scharliegenden Stromdeich bei Leerort die Deichhöhen errechnet (Tab. 3). Die so ermittelten Deichhöhen der ostfriesischen Deiche sind in einem vereinfachten Längsschnitt (Abb. 13) für die Hauptdeichstrecke

Tabelle 3

Berechnung der erforderlichen Deichhöhen für Bengersiel,
für den Störtebekerdeich und Leerort

		Bensersiel	Störtebekerdeich	Leerort
1. Bemessungswert	(m NN)	+ 5,41	+ 5,65	+ 5,99
2. a) Watt- bzw. Vorlandhöhe	(m NN)	+ 0,40	+ 1,60	
b) Wassertiefe vor dem Deich	(m)	5,01	4,05	
c) Wellenaufbau nach Mod.-Vers. bei Hensen — Profil 1 (18) beim Luvfaktor 1,0	(m)	3,00	2,05	
3. a) HThw 1962	(m NN)			+ 5,06
b) Wellenaufbau bei HThw 1962 (nach Teekgrenze)	(m)			1,10
c) Bemessungswert — HThw 1962	(m)			0,93
d) Δ Wellenaufbau für anteilige Wasserstandshebung nach 3. c) und Modellversuch für $T = 5$ s	(m)			0,60
e) Gesamtwellenaufbau beim Bemessungswert (3. b + 3. d)	(m)			1,70
4. maßgebender Wellenaufbau = 80 % des Wellenaufbaus (nach 3. e)	(m)	2,40	1,64	1,36
5. Erforderliche Deichhöhe bei neuem Profil (Abb. 15)	(m NN)	+ 7,81	+ 7,29	+ 7,35

aufgetragen, ohne daß dabei besondere örtliche Gegebenheiten auf kurzen Strecken, wie beispielsweise Umfassungsdeiche bzw. die Deichmauern einbuchtender Häfen und dergl., berücksichtigt worden sind.

3.5. Grundsätze der Querschnittsgestaltung

3.51. Außenböschung

3.511. Allgemein

Die Sturmflut 1962 hat gelehrt, daß die Deichaußenböschungen im allgemeinen im Bereich des Sturmflutwasserspiegels zu steil sind (55, 68, 35, 46). Nach der Analyse der Sturmflutschäden an den Außenböschungen wurde für die ostfriesischen Seedeiche für den oberen Bereich der Außenböschung im Regelfall eine einheitliche Neigung von durchgehend 1:6 ab 2,0 bis 2,5 m über MThw gewählt, und zwar sowohl für Schardeiche als auch für Deiche mit Vorland (Vorlanddeiche). Voraussetzung dafür waren natürlich normale Untergrundverhältnisse und die Verwendung des im allgemeinen in Ostfriesland vorhandenen guten, bindigen Kleibodens für den Deichbau. Bei stark beschädigten Deichstrecken wurde bereits teilweise bei der Wiederherstellung im Sommer 1962 den Außenböschungen diese einheitliche Neigung 1:6 gegeben, wie beispielsweise auf der Deichstrecke Neuharlingersiel—Bensersiel (Abb. 15).

Der Ingenieur pfl egt bei allen Bauwerksentwürfen zunächst die Belastung der einzelnen Bauteile zu ermitteln, um danach die konstruktiven Einzelheiten festzulegen und die Teile zu bemessen. Maßgebend ist dabei in der Regel die zulässige Spannung bzw. Belastung eines Bauteils. Auch bei der Außenböschung aus Kleiboden mit Grasdecke gilt der Grundsatz, die Festigkeitseigenschaften des Materials nicht bis an die Bruchgrenzen auszunutzen. FÜHRBÖTER hat durch seine umfangreichen Untersuchungen und den daraus resultierenden grundlegenden Erkenntnissen erstmalig einen exakten Beitrag zur Erfassung der am Deich wirkenden Kräfte geleistet (14).

Er unterscheidet zwischen Strömungs- und Druckkräften als Belastung der Außenböschung. Die tangentielle Belastung der Böschung durch die Strömung des Auflaufschalles infolge der Reibung zwischen dem Wasser und der Böschungsoberfläche kann zur Erosion der Deichaußenhaut führen. Die höchste Belastung der Außenböschung durch diese tangentialen Kräfte tritt im Bereich oberhalb des Ruhewasserspiegels auf. Die Wirkungsweise dieser tangentialen Kraftkomponente ist ferner besonders bei überschießenden Wellen auf zu steilen Binnenböschungen zu beobachten. Hier treten so hohe Strömungsgeschwindigkeiten auf, daß die Böschung den Strömungskräften nicht mehr standhalten kann und dadurch rückschreitend erodiert wird.

Neben dieser tangentialen Belastung durch Strömungskräfte hat FÜHRBÖTER örtlich sehr hohe senkrechte Belastungen durch Druckkräfte, durch sog. Druckschläge auf der Höhe des Ruhewasserspiegels und etwas darunter, ermittelt. An der Stelle, wo der überschlagende Kamm der brechenden Welle auf die Böschung trifft, tritt eine sehr hohe örtliche Druckbelastung auf, weil im Augenblick des Aufschlags die kinetische Energie der im steilen Winkel aufschlagenden Wassermasse zunächst teilweise in Druckenergie umgesetzt werden muß, ehe die turbulenten Vermischungsvorgänge und die Bildung des Auflaufschalles beginnen können. Der Druckschlag wirkt unter gewissen Voraussetzungen nach dem Prinzip der hydraulischen Presse. Das Material wird von innen nach außen förmlich auseinander gesprengt. Während die Auswaschungen durch Erosion auf größerer Fläche mit geringerer Tiefe im wesentlichen oberhalb des Ruhewasserspiegels verursacht werden, treten die durch Druckschlagwirkung mit hervorgerufenen Ausschläge auf kleinerer Fläche und mit wesentlich größerer Tiefe auf.

Ein großer Teil der deutschen Seedeiche zeigte nach der Sturmflut vom Februar 1962 die durch Druckschlag mit verursachten Außenböschungsschäden. Kennzeichen dafür sind die durch Druckschlag und Erosion hervorgerufenen Ausschläge, die kurz unterhalb des Sturmflutscheitelstandes

begannen und sich mit nur schwach geneigter unteren Fläche terrassenförmig zur Deichkrone hin in den Kern hineinfraßen.

Die vom Druckschlag verursachten Kräfte sind zwar sehr hoch, aber sie wirken jeweils nur auf einer Breite, die etwa gleich der Stärke der Brecherzunge ist. Ihre Dauer liegt größenordnungsmäßig zwischen 0,01 und 0,1 s. Besonders gefährbringend ist der Druckschlag, wenn die Böschung wassergefüllte Spalten, Risse, Klüfte oder Fugen aufweist. Gerade die örtliche Begrenzung des Druckschlages führt hier zu einer inneren Sprengwirkung, wenn der Druckschlag an einer Stelle wirkt, wo die wassergefüllte Spalte an die Oberfläche tritt.

FÜHRBÖTER weist nach, daß die Durchschlagwirkung durch Sturzbrecher erheblich gedämpft wird, wenn der Aufschlagpunkt der Brecherzunge in einem Wasserpolster liegt. Die Wahrscheinlichkeit für das Aufschlagen des Sturzbrechers auf ein Wasserpolster, das an Böschungen durch das Rücklaufwasser der vorangehenden Welle gebildet wird, ist um so größer:

1. je größer der Auflaufschwall der vorangegangenen Welle war,
2. je kleiner die Periode der vorangegangenen Welle war,
3. je flacher die Böschung ist und
4. je rauher die Böschung ist.

Da sich in der Natur in der Regel ein stark streuendes Wellenspektrum darbietet, muß mit häufigeren Wellenschlägen auf eine wasserfreie Deichböschung gerechnet werden, als dies bei einem Spektrum gleichmäßiger in einem Modellversuch erzeugter windfreier Wellen der Fall ist. Die Gefahr des Aufschlagens von Sturzbrechern auf eine wasserfreie Böschung ist damit entscheidend von der Neigung der Böschung abhängig. Als ungünstigsten Fall nimmt FÜHRBÖTER eine extreme Brecherhöhe mit $h_B = 0,5 H_B$ an ($h_B =$ Wassertiefe vom Ruhewasserspiegel aus gemessen, $H_B =$ Brecherhöhe) und stellt dafür diese Grenze bei der Böschungsneigung 1:6 fest. Hierbei ist die Beanspruchung der Deichaußenböschung durch Druckschläge theoretisch sehr unwahrscheinlich. Daher stellt die 1:6 geneigte Außenböschung die wirtschaftlichste Neigung dar.

Damit ist die Richtigkeit der für den oberen Bereich der Deichaußenböschung gewählten Neigung 1:6 grundlegend erhärtet. Diese Böschungsneigung wird auch oberhalb des Bemessungswertes bis zur Deichkrone gerade durchgeführt mit folgenden Vorteilen:

1. ergibt sich ein geringerer Wellenauflauf als bei steilerer Böschung in diesem Bereich — wie bereits im vorhergehenden Abschnitt begründet —;
2. werden bei einer durchaus möglichen Überschreitung des Bemessungswertes Ausschläge an den dann in Höhe dieses Wasserspiegels zu steilen Böschungen unterhalb der Krone vermieden;
3. sind später evtl. notwendige Verstärkungen einfacher und billiger durchzuführen, da bei der Verstärkung nach binnen die Außenböschung überhaupt nicht mehr angerührt zu werden braucht.

3.512. Vorlanddeich

Für die Gestaltung der Außenböschung im unteren Bereich ist grundsätzlich zu unterscheiden zwischen einem Vorlanddeich und einem Schardeich. Der Vorlanddeich liegt im Normalfall hinter einem etwa 30 bis 80 cm über MThw liegenden Vorland. Die Böschungsneigung beträgt bis auf den unteren Bereich 1:6. Der untere Teil einer solchen Böschung wird bekanntlich durch Brandungskräfte kaum beansprucht. Wenn trotzdem der seit altersher gebräuchliche Übergang auf flachere Böschungsneigungen im unteren Bereich weiterhin beibehalten wird, so hat das folgenden Grund: Der untere Teil der Außenböschung bis etwa MThw + 2,0 m wird alljährlich mehrmals überflutet. Hier wird vielfach der Teek in breiter Fläche abgelagert sowie durch die lange Lagerung der Boden total aufgeweicht und die Grasnarbe stark geschwächt, wenn nicht nahezu zerstört, und durch Wühltiere und dergleichen erheblich beschädigt. Der Teek kann häufig erst nach entsprechender Abtrocknung der Berme im Frühjahr abgefahren werden. Durch die äußerst flache Neigung in diesem Böschungsbereich wird bei einer Sturmflut die Beanspruchung der in diesem Bereich stark geschwächten Deichhaut auf

ein Minimum beschränkt. Durch diese flachen Neigungen wird ferner die maschinelle Teekräumung begünstigt. Unterhalb MThw + 2,0 m wird daher die Außenböschung abgeflacht auf 1:8, dann 1:10 und weiter 1:12, wie in Abb. 15 dargestellt wurde. Auf Deichstrecken mit starker Teekablagerung empfiehlt sich die Befestigung der Außenberme, damit der Teek nach den Sturmfluten jeweils schnell ohne große Beschädigung der Berme und der Böschungen maschinell geräumt und abgefahren werden kann, wie es bei der Deichverstärkung in der Deichacht Krummhörn 1968 ausgeführt wurde (Abb. 16).

Auf die Anlage eines Außendeichgrabens, der gleichzeitig die äußere Grenze der nach altem Deichrecht (51) bereits geforderten etwa 10,0 m breiten Außenberme bildet, kann in den Fällen verzichtet werden, wo ein enges Grüppennetz im Deichvorland mit dem üblichen Abstand von 10 m eine ausreichende Entwässerung des Deichfußes gewährleistet.

Liegt vor dem Hauptdeich ein Sommerdeich, dessen Krone mindestens 2,0 m über MThw liegen soll, so erübrigt sich die hoch hinausgehende Abflachung am Fuß der Außenböschung, da hier im unteren Bereich kein Teek anfällt und leichte Sturmfluten durch den Sommerdeich abgewehrt werden. Hier kann die Böschung mit der Neigung 1:6 bis zur Außenberme durchlaufen, wo der Übergang mit einem Radius von 10,0 m ausgerundet wird.

3.513. Schardeich mit Deckwerk

Schardeiche sind im Laufe der Geschichte des Deichbaues erst entstanden, nachdem das zunächst überall vorhandene, ausreichende Vorland verlorengegangen war. Trotz ernster Mahnungen der Fachleute wurde — wie schon erwähnt — die Erhaltung und Sicherung des Vorlandes vielfach vernachlässigt. Die Sicherung des scharliegenden Deichfußes brachte für den Pflichtigen wesentlich größere Probleme und höhere Aufwendungen mit sich als beim Vorlanddeich. In mehreren Fällen wurden noch im 18. Jahrhundert Schardeiche aufgegeben, zurückverlegt und Siedlungen ausgedeicht, z. B. Bettwehr an der Knock und Itzendorf bei Norddeich 1717—1721. Ende des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts haben die zuständigen Deichachten insgesamt 35 km der gefährdetsten Schardeiche auf den Strecken Bengersiel — Neuharlingersiel, Ostermarsch — Westermarsch bei Norden und Upleward — Knock an der Außenems aus eigenen Mitteln mit einem schweren Deckwerk aus Granit- und Sandsteinblöcken oder Basaltsäulen gesichert. Bei diesen Deckwerken liegt die Oberkante etwa 1,50—2,00 m über MThw und die Böschungsneigung zwischen 1:2 und 1:2,5. Die Blöcke bzw. Säulen wurden in einem weitgehend aus Ziegelschotter bestehenden Schotterbett versetzt. Oberhalb des Deckwerks wurde eine breite Berme angelegt. Diese Deckwerksgestaltung hat sich bestens bewährt.

1962 wurde zwischen Neuharlingersiel und Bengersiel eine Teilstrecke dieser alten Deckwerke im Rahmen der Umgestaltung der Außenböschung auf die Neigung 1:6 im oberen Bereich umgebaut und höher gezogen. Die Oberkante des Rauhideckwerks aus Basaltsäulen liegt 2,20 m über MThw (Abb. 15). Oberhalb schließt eine 3,0 m breite, 1:6 geneigte Mastix-Eingußdecke an, so daß die Befestigung der Außenböschung bis 2,70 m über MThw reicht. Der hintere Anschluß der Mastix-Decke wird von einem etwa 60 cm hohen, satt vergossenen Asphaltsporn gebildet. Die Beobachtung dieses Deiches hat zweierlei gelehrt:

1. Bei dem recht steilen Deckwerk (1:2) hinter dem niedrigen Watt (1,0 bis 1,2 m unter MThw) wird die Grasdecke oberhalb der Mastix-Eingußdecke so häufig von Spritzwasser durchfeuchtet, daß sie sich nicht üppig entwickeln kann und der Boden so stark aufgeweicht wird, daß er bei höher auflaufendem Brandungsschwall immer wieder erodiert wird.
2. Der für die rückwärtige Sicherung des Deckwerks notwendige Sporn behindert die in dem fetten Kleiboden ohnehin sehr mäßige Wasserzügigkeit noch zusätzlich und fördert die Aufweichung des Bodens.

Nach Pflasterung eines 2 m breiten Betonstein-Rauhdeckwerks mit vereinzelten Spezial-Lochsteinen über einer HOS-Filterschicht im Interesse einer guten Entwässerung sind die Nachteile behoben worden. Die Oberkante der Deckwerksbefestigung liegt nunmehr auf NN + 4,3 m und folglich 3 m über MThw (Abb. 17).

1964 hat der Schardeich vor dem Westerburer Polder westlich von Bengersiel das in Abb. 15 dargestellte Deckwerk erhalten. Auf eine 12 cm starke Mastix-Eingußdecke sind

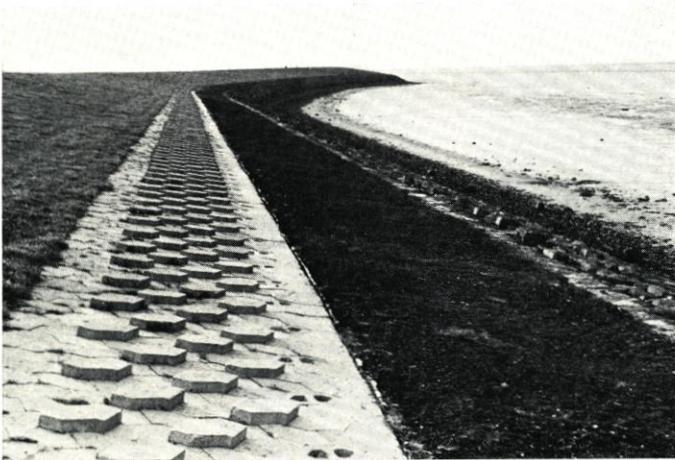


Abb. 17
Deckwerksverbreiterung auf dem Hauptdeich Neuharlinger-siel-Bengersiel



Abb. 18
Rauhdeckwerk mit oberhalb angrenzender Mastix-Eingußdecke auf dem Hauptdeich westlich von Bengersiel

Schüttsteine gesetzt und bis zur halben Höhe mit Bitumen vergossen. Dieses sehr raue Deckwerk mit Neigung 1:3 reicht bis NN + 3,2 m und somit etwa 1,9 m über MThw. Oberhalb schließt eine 3 m breite Mastix-Eingußdecke mit Neigung 1:8 an und darüber die Grasdecke auf Klei, die zunächst noch 1:8 und dann 1:6 geneigt ist. Der obere Sporn der Mastix-Eingußdecke besteht aus Basaltsäulen in einem Schotterbett. Nur die eingeschotterten Köpfe der Basaltsäulen sind vergossen. Der untere Bereich bildet zwar einen sicheren Abschluß des Deckwerks, ist aber durchlässig im Interesse der Entwässerung der Grasdecke. Dieses auf Abb. 18 abgebildete Deckwerk hat sich bewährt.

1965 war an der Knock unmittelbar am tiefen Ufer der Außenems, das am Deichfuß etwa 2,60 m unter MThw liegt, ein vorhandener Sommerdeich mit leichtem Deckwerk umzubauen

in einen Hauptdeich mit entsprechend sicherem Deckwerk. Im unteren Bereich wurde das Rauhdeckwerk wie vor dem Westerburger Polder ausgeführt. Darüber schließt sich ein 8,50 m breiter Streifen teils als vorhandene Betonfahrbahn, teils als Mastix-Eingußdecke an und reicht bis auf NN + 3,62 m und somit etwa 2,45 m über MThw. Wegen des tiefliegenden Deichfußes und der dadurch ermöglichten starken Wellenangriffe wurde hierüber eine grasbedeckte 15 m breite Berme angeordnet, bevor die Böschung auf das übliche Neigungsmaß von 1:6 übergeht (Abb. 16) (11).

Die um die Jahrhundertwende gebauten schweren Deckwerke lagen in der Regel vor einer breiten hohen Außenberme. Diese Gestaltung des unteren Bereichs der Außenböschung und des Deichfußes hat sich auch 1962 bewährt. So wurden bei dem schar und hinter einem niedrigen Watt (MThw — 1,2 m) liegenden Deich bei Norddeich, der gegen Nordwest

Schardeich

Deichfußsicherung mit Berme

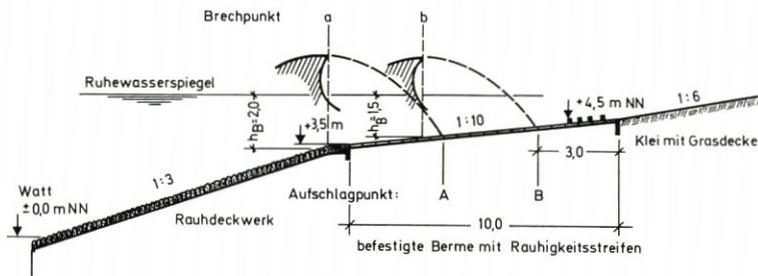


Abb. 19. Deckwerk eines Schardeiches mit befestigter Außenberme und Ermittlung des Brecheraufschlagpunktes

kehrt und folglich in Hauptangriffsrichtung liegt, trotz seiner im oberen Bereich steilen Außenböschung (1:3) nur auf der in etwa 3 m Breite schwach befestigten und im übrigen grünen Berme Ausschläge und Schäden festgestellt (Küste 1962, 13). Es ist zu vermuten, daß nicht nur der fest abgelagerte bindige Kleiboden, der infolge der intensiven Beweidung mit Rindvieh eine dichte Grasnarbe aufweist, sondern auch die Gesamtgestaltung der Außenböschung mit hochliegender Deckwerksoberkante und einer breiten hohen Berme sich günstig ausgewirkt haben. Bestätigt wird dies ebenfalls in dem Bericht aus Schleswig-Holstein (46), in dem es heißt: „Im allgemeinen kann gesagt werden, daß sich hohe und breite Außenbermen sehr vorteilhaft ausgewirkt haben.“ Auch nach HENSEN dürfte sich die flache ansteigende Außenberme günstig auswirken (18).

Die Schäden und Auswaschungen an diesen Bermen zeugen von einer starken Beanspruchung (35, 46). In den vom Küstenausschuß Nord- und Ostsee, Arbeitsgruppe „Küstenschutzwerke“, erarbeiteten „Empfehlungen für den Küstenschutz nach der Februar-Sturmflut 1962“ ist dazu festgestellt:

„Die Februar-Sturmflut 1962 hat erneut erwiesen, daß Schäden an den Deckwerken fast ausnahmslos von der Deichseite her eingeleitet werden, wobei die Deckwerksoberkante durch Auswaschung des Bodens auf der Berme freigelegt wird.“ (Die Küste 10, 1 — 1962, 13.)

Insgesamt läßt sich daraus folgern, daß hohe Außenbermen sich günstig auswirken, daß sie aber zumindest teilweise befestigt werden sollten.

Die nachfolgende Untersuchung des Brechvorgangs am hochgezogenen Deckwerk gibt eine

Erklärung für die starke Beanspruchung der Berme hinter dem Deckwerk. Für dieses Rechenbeispiel kann nach HENSEN und FÜHRBÖTER (18, 14) angenommen werden, daß die Wellenhöhe vor einem Schardeich mit niedrigem Watt 2 m beträgt. Weiter kann angenommen werden, daß das Brechen der Wellen auf der 1:3 geneigten Böschung des Rauhdeckwerks bei einer Wassertiefe, die gleich der Brecherhöhe ist, eintritt. $H_B = h_B$ (H_B = Brecherhöhe, h_B = Wassertiefe im Brechpunkt, vom Ruhewasserspiegel aus gemessen).

In Abb. 19 ist ein Schardeichprofil entwickelt worden, das bis zur Ordinate NN + 3,5 m ein unter 1:3 geneigtes Rauhdeckwerk hat, darüber liegt ein 10 m breiter Streifen 1:10 geneigt und dann schließt die Neigung 1:6 auf der Ordinate NN + 4,5 m nach oben hin an. Bei dem Brechen der Welle im Brechpunkt „a“ bei $H_B = 2,0$ m liegt der Aufschlagpunkt A der Brecherzunge etwa im 1. Drittelspunkt der 1:10 geneigten Berme. Es ist jedoch durchaus denkbar, daß der Brechpunkt bei der gleichen Wellenhöhe in Einzelfällen später liegt. Daher wurde der Brechpunkt „b“ einer Wassertiefe von $h_B = 1,5$ m und einem Verhältnis $H_B = 1,33 h_B$ zugeordnet und der Aufschlagpunkt B dafür 3 m vom hinteren Rand der 1:10 geneigten Berme festgestellt (Abb. 19). Wenn auch der Aufschlag der Brecherzunge mit größter Wahrscheinlichkeit in beiden Fällen auf ein Wasserpulster schlägt, so dürfte doch der Brecherschwall durch die erhebliche Schwallströmung die Deichböschung im Bereich des Aufschlagpunktes und wenig darüber besonders stark beanspruchen. Eine Befestigung dieser Berme erscheint daher notwendig. In den oberen 2 m dieser Berme sollten niedrige Rauhelemente eingebaut werden, um bei entsprechenden Wasserständen die Schwallströmung vor dem Auftreffen auf die Grasböschung zu bremsen.

Das in Abb. 19 dargestellte Profil des Schardeichdeckwerks mit Berme ist für einen stark

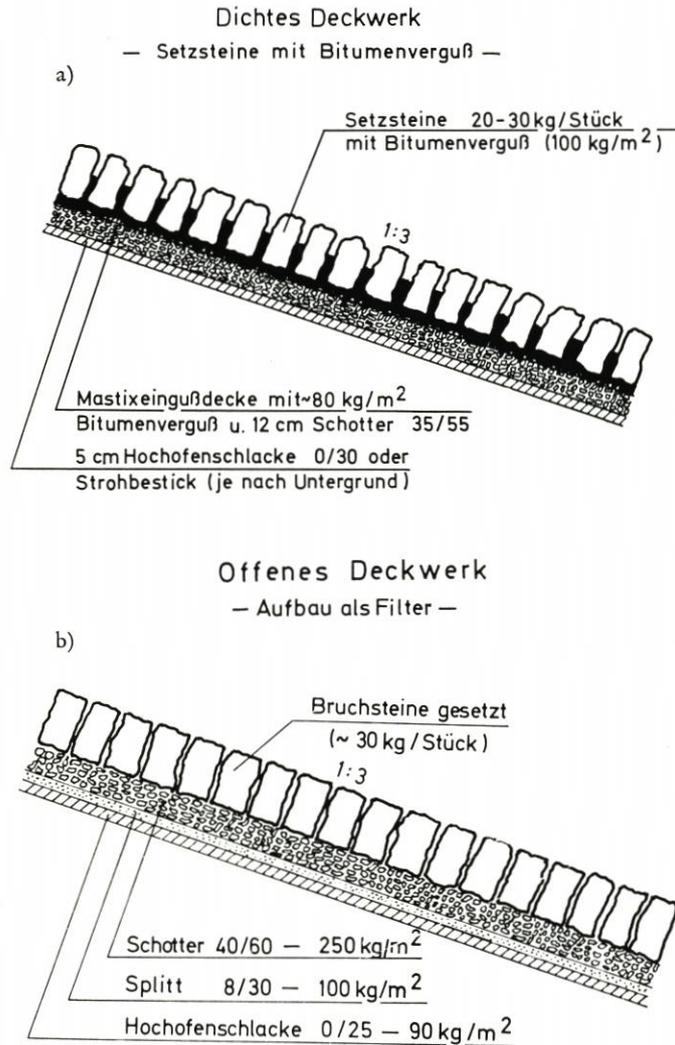


Abb. 20. Deckwerksaufbau, a) geschlossen, b) offen

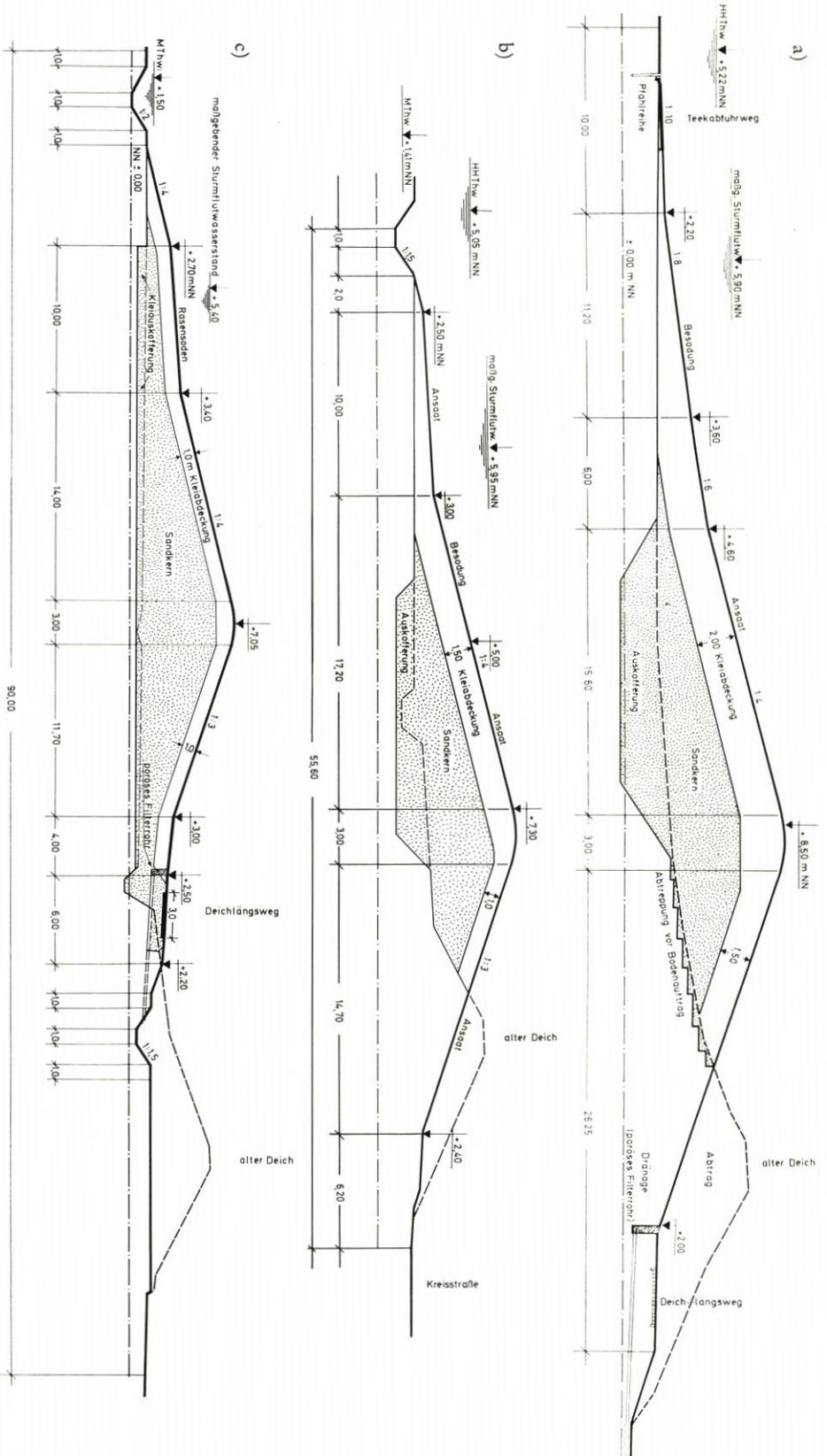


Abb. 21. Neue Deichquerschnitte an der Ems
 a) für den Seedeich in der Rheider Deichacht bei Pogum
 b) für den Stromdeich in der Moorländer Deichacht westlich der Stadt Leer
 c) für den Flußdeich der Rheider Deichacht am linken Emsufer bei Halte

beanspruchten Deich hinter einem niedrigen Watt entwickelt worden. Die Oberkante des Rauhdeckwerks ist dabei auf NN + 3,50 m bzw. 2,30 m über MThw gelegt worden. Sie liegt damit um rd. 30 cm und somit um etwa das Maß der saekularen Wasserstandshebung in 100 Jahren über der Faustzahl von 2,0 m, die RODLOFF (55) begründet, die bereits bei dem Bau der schweren Deckwerke in Ostfriesland um die Jahrhundertwende bei den damaligen Mittelwasserständen etwa eingehalten wurde und die auch in Butjadingen für notwendig gehalten wird (LÜKEN, MEIER, 41). Da bei der Deichbemessung diese saekulare Hebung berücksichtigt wird, sollte sie bei der Deckwerksbemessung ebenfalls eingerechnet werden.

Bei der Bemessung und Konstruktion eines dichten Deckwerks — wie es in Abb. 15 u. 16 dargestellt ist — ist die vielfach erläuterte Gefahr des Wasserdrucks gegen die Unterseite des Deckwerks eingehend zu untersuchen und zu berücksichtigen (BISCHOFF VAN HEEMSKERCK, 3, MEENEN, COUSIN, 42, KLEMP, 26). Äußerst wichtig ist in dieser Hinsicht eine gute Entwässerung des Deichkerns. Um dies zu gewährleisten wurde beispielsweise beim Deichbau an der Knock (Abb. 16), bei dem nach weiterer Aufspülung des Hintergeländes zwischen dem äußeren Deichfuß und dem hinter dem Deich liegenden Gelände ein Höhenunterschied von etwa 7,50 m sein wird, auf i. M. NN \pm 0 ein Porenbetondrän — Durchmesser 150 mm — eingebaut (11). Bei geeignetem Bodenaufbau und einer nicht vergossenen Filterschicht unter dem Deckwerk kann sich der Wasserdruck auch relativ schnell durch den Deckwerksfuß ausgleichen, wenn dieser von einer durchlässigen Pfahlreihe bzw. einer von Pfahlreihen eingefassten Buschkiste und nicht von einer dichten Spundwand gebildet wird. Wesentlich ist ein ausreichendes Eigengewicht der Decke; das in Abb. 20 dargestellte Deckwerk wiegt 600—800 kg/m². Es entspricht damit lediglich einem Überdruck gegen die Unterseite von 60—80 cm Wasserstands Differenz.

Im „Voorlopig rapport 1961“ (61) wird empfohlen, dichte Deichbekleidungen nur oberhalb von Mitteltidehochwasser oder zumindest nicht unter Tidehalbwasser vorzusehen. Bei dem Umbau des auf Abb. 15a.) dargestellten, in ein Schotterbett gesetzten Basaltdeckwerks wurde lediglich der obere Bereich mit Mastix vergossen, der untere Bereich des Deckwerks blieb als offenes Deckwerk erhalten. Auch am Südstrandpolderdeich auf Norderney wurde das in Abb. 20 dargestellte offene Deckwerk mit einem nach dem Prinzip des Filters aufgebauten Unterbau ausgeführt. Der Korndurchmesser des Unterbaus kann dabei bei der üblichen Streuung des Materials von Schicht zu Schicht auf etwa den jeweils dreifachen Durchmesser gesteigert werden (ZEHLE, 67, ERCHINGER, 10).

3.514. Strom- und Flußdeiche

Vor den Strom- und Flußdeichen der Ems und Leda sind die Wellenhöhen wesentlich niedriger und somit auch die Brandungskräfte am Deich weitaus geringer. Hier erhält die Deichaußenböschung daher eine durchgehende Neigung von 1:4 und schließt dann gut ausgerundet an das Vorland an. Die Außenberme, die auch hier etwa 1:15 geneigt sein sollte, erhält ebenfalls eine Breite von rd. 10 m; daran schließt in der Regel der Außendeichgraben an. Ein Aufräumungsufer für den Graben von 1 m Breite begrenzt den Deich außenseitig. Der Außendeichgraben fällt in allen Fällen fort, in denen das Ufer des Flusses auf 30 m oder näher an die äußere Bermenbegrenzung herankommt (Abb. 21).

3.515. Inseldeiche

Besondere Verhältnisse bestehen vielfach bei den Inseldeichen. Alle besiedelten ostfriesischen Inseln haben Hauptdeiche zum Schutz des Ortes bzw. von Ortsteilen. Aus Tabelle 1

sind die auf die einzelnen Inseln entfallenden Deichstrecken zu ersehen. Die Deiche auf den Inseln kehren nach der Wattseite und im großen und ganzen gegen Südwest bis Südost. Sie sind daher bei äußerst hohen Sturmflutwasserständen, die normalerweise bei Sturmrichtung aus West bis Nordwest und allenfalls Nordnordwest auftreten, nicht frontal dem Wellenangriff ausgesetzt. Der Sturm aus Südwest kann allerdings auch durchaus Orkanstärke erreichen. Die

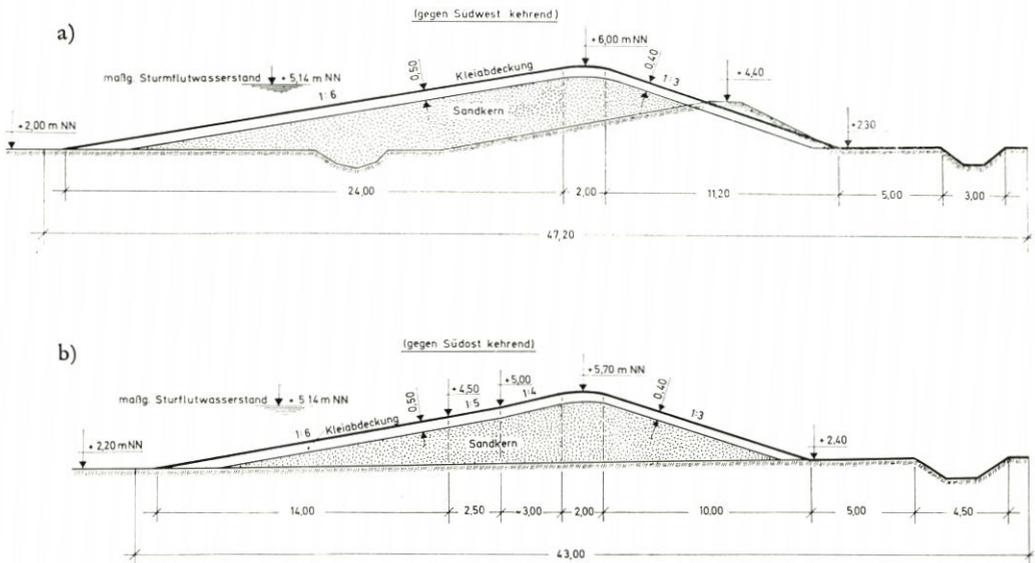


Abb. 22. Neuer Deichquerschnitt des Hauptdeiches auf der Insel Spiekeroog
a) gegen SW kehrend
b) gegen SO kehrend

Wasserstände bleiben dabei aber erfahrungsgemäß etwas niedriger. Ferner ist bei der Bemessung der Inseldeiche zu beachten, daß der Kleiboden dort schwer zu beschaffen ist. Er steht auf den Inselhellern nur auf Teilflächen und dann nur in einer Schichtstärke von 20 bis höchstens 40 cm an. So ergibt es sich, daß die Außenböschung bei allen gegen Südwest kehrenden Deichen und einem Teil der nach Süd kehrenden Deiche durchgehend mit 1:6 festgelegt worden ist und diese Böschung gut ausgerundet an die auf Vorlandhöhe liegende Berme angeschlossen ist. Die nach Südosten kehrenden Deiche sowie Deiche, die hinter einem besonders hohen Heller liegen und u. U. durch einzelne Düngruppen noch einen zusätzlichen Schutz erfahren, haben im oberen Teil der Außenböschung, oberhalb des maßgebenden Sturmflutwasserstandes, die Neigung 1:4, darunter 1:6 bis zum Deichfuß (Abb. 22).

3.52. Deichkrone

1950 erhielt die Krone des Störtebekerdeiches, mit dem die innere Leybucht eingedeicht wurde, nach altem Deichmaß eine Breite von 10 hann. Fuß = 2,92 m (WENHOLT, 60). In Anlehnung hieran ist die Kronenbreite der Hauptdeiche an der See, am Strom und Fluß sowie auf den Inseln im allgemeinen auf 3,0 m festgesetzt worden. Eine Kronenbreite von 2,50 m, wie sie in den zurückliegenden Jahren streckenweise noch ausgeführt worden ist, wird auf Grund

der damit gesammelten Erfahrungen künftig nicht mehr gewählt. Die Krone wird zur guten Wasserabführung einseitig nach außen geneigt oder mit einem Stichmaß von etwa 15 cm gut ausgerundet.

3.53. Binnenböschung

Die Binnenböschung wird bei allen Hauptdeichen 1:3 geneigt, damit sie bei etwa überschießenden Wellen den angreifenden Erosionskräften möglichst widerstehen kann. Ferner hat sich gezeigt, daß selbst bei gegen Nord gerichteten Binnenböschungen der Graswuchs bei dieser Neigung üppiger und so die Grasdecke geschlossener ist als bei einer steileren Böschung. Auch für die Deichpflege durch das Beweiden ist die Böschungsneigung von 1:3 notwendig, um Böschungsschäden zu vermeiden. Eine derart flache Binnenböschung wurde in Ostfriesland erstmals beim Bau des Störtebekerdeiches in der Leybucht 1947/50 vorwiegend aus Gründen der Deichpflege durch Jungviehbeweidung vorgesehen. Sie hat sich als sehr vorteilhaft erwiesen (WENHOLT, 60).

3.54. Binnenberme

Die Sturmflut 1962 hat deutlich gemacht, daß eine wirkungsvolle Deichverteidigung nur durchgeführt werden kann, wenn für schweren Verkehr befestigte Deichverteidigungswege mit ausreichenden Deichzufahrten vom öffentlichen Straßennetz aus vorhanden sind. Soweit die Binnenberme nicht aus Gründen der Standsicherheit des Deiches höher und breiter angelegt werden muß, hat sie an See-, Strom- und Flußdeichen eine Breite von 10 m. Am Fuß der Binnenböschung schließt zunächst eine 5 m breite grüne Berme an. In diesem Streifen liegen auch in regelmäßigen Abständen die Ausweichen für die anschließende 3 m breite befestigte Fahrbahn. Mit einem Randstreifen von 2 m Breite schließt die Berme zum Deichgraben hin ab. Das Quergefälle der gesamten Berme beträgt für den Streifen vom Deichfuß bis einschließlich Fahrbahn einheitlich etwa 1:20 und für den Randstreifen 1:10. Am Deichgraben sollte die Berme noch mindestens 50 cm über MThw liegen, damit auch nach einem Deichbruch der Deichlängsweg jederzeit mit Material und Gerät befahren werden kann.

Unmittelbar am Fußpunkt der Deichbinnenböschung wird heute eine Deichfußdränung eingebaut. Die Längsdränung entwässert über Querdräne im Abstand von 50 m zum Deichgraben — dem Ringschloot —. Nur wenn diese Deichfußdränung so angelegt ist, daß sie auch der Entwässerung des Sandkerns dient und damit gleichzeitig einen Austritt von Sickerwasser aus der Binnenböschung verhindert, erfüllt sie voll ihren Zweck. Der Ringschloot, als Sicherungswerk ebenfalls Bestandteil des Hauptdeiches, dient nur zur Abführung der geringen Wassermengen von der Deichbinnenböschung, der Berme und des Sickerwassers aus dem Deich. Seine Sohlbreite sollte 50 cm allerdings nicht unterschreiten. Ein größerer Vorfluter sollte mindestens 50 m vom inneren Deichfuß entfernt bleiben. Keinesfalls sollte so ein Vorfluter mit dem Ringschloot vereinigt und mit einem großen Grabenprofil unmittelbar am Deichfuß ausgebaut werden. Neben dem Deichgraben wird ein 1 m breiter Streifen zu seiner Räumung angeordnet. Mit dieser landseitigen Grenze schließt der Deich ab (DRINKGERN, 7, PETERSEN, 53; 50).

3.55. Besondere Deichformen, Deichmauern

Ein im Deichbau ungewöhnlicher Querschnitt soll hier beschrieben werden, der für die besonderen Verhältnisse beim Bau des 1,7 km langen Deiches auf dem Rysumer Nacken an der

Knock entwickelt wurde. Technische und wirtschaftliche Erwägungen und Untersuchungen führten dazu, das in Abb. 16 dargestellte Deichprofil zum Bau des Hauptdeiches auf dem im Mittel auf NN + 3,0 m liegenden Spülfeld für die Emsbaggerungen zu entwerfen. Der in der Regel nicht entbehrliche Kleimantel würde hier wegen des weiten Transportes besonders hohe Kosten verursacht haben; andererseits stand für den Deichbau geeigneter Sandboden in ausreichender Menge zur Verfügung, da er ohnehin zur Schaffung eines Mahlbusens und beim Ausbau des Tiefes anfiel. Daher wurde dieser Deich aus dem anstehenden schlickigen Feinsand mit einer Böschungsneigung gebaut, die der Strandneigung ostfriesischer Inseln entspricht. Außen ist der Deich im oberen Bereich 1:40, dann 1:60 und unten 1:80 geböscht. Die Böschungen wurden nach verschiedenen Verfahren der mutterbodenlosen Begrünung mit kurzwüchsigen Gräsern zur Sicherung gegen Erosion durch Wind und Wasser erfolgreich begrünt (ERCHINGER, 11).

Besondere Lösungen sind auch in fast allen Siel- und Hafenorten an der ostfriesischen Küste notwendig. Zur Schaffung eines ausreichenden Sturmflutschutzes wurden Deichmauern gezogen, da in den engen Ortslagen eine Erhöhung des Deiches in Erdbauweise nicht möglich



Abb. 23
Deichmauer am Fischerhafen
Neuharlingersiel

war. Die tragende Wand besteht aus einer Stahlbetonkonstruktion auf einer Spundwand, die gegen Unterläufigkeit schützen soll. Aus architektonischen Gründen wird die Betonwand mit Ziegelmauerwerk verblendet. In Neuharlingersiel (Abb. 23), Bensorsiel, Greetsiel und Ditzum bewährten sich die vor 1962 ausgeführten Mauern. Von den Anwohnern, denen die Sicht auf den Hafen oder das offene Wasser durch die Mauern genommen wurde, wurden diese so lange abgelehnt, bis ihnen die Sturmflut 1962 gezeigt hatte, daß die Wasserstände höher eintreten können, als nach den persönlichen Erfahrungen und nach den Anschauungen der Deichanwohner möglich erschien. Seitdem sind sie unumstritten (KRAMER, 27).

3.6. Baugrund, Boden und Begrünung

3.61. Baugrund

Gelegentliche Grundbrüche während der Durchführung von Deichbaumaßnahmen sowie starke, auf kurzen Strecken recht unterschiedliche Setzungen des Untergrundes während des Deichbaues und noch Jahrzehnte danach spiegeln die starke Veränderlichkeit der Baugrund-

verhältnisse im Küstengebiet wider und zeigen, daß bei den vielfach sehr stark kompressiblen und wenig scherfesten alluvialen Weichschichten eine sorgfältige Untersuchung des Setzungsverhaltens im Hinblick auf Grundbruchsicherheit notwendig ist. Die Grundbruchgefahr besteht häufig während und kurz nach der Bauzeit durch den auftretenden, die Scherfestigkeit erheblich verringernden Porenwasserüberdruck in bindigen Schichten, während der Baugrund im konsolidierten Zustand für die neuen, flachen Deiche ausreichend standfest sein dürfte. Umfangreiche Bodenuntersuchungen und entsprechende Standsicherheitsberechnungen, die auch die veränderlichen Verhältnisse während des Baues berücksichtigen, sind notwendig, um gegebenenfalls geeignete Gegenmaßnahmen treffen zu können. Deichquerschnitt und Bauzeit werden vom Untergrund mitbestimmt. Die in den vorangegangenen Abschnitten beschriebenen Regelquerschnitte konnten bei den jeweiligen Untergrundverhältnissen ausgeführt werden. Bei ungünstigerem Baugrund sind Abweichungen (flachere Böschungen) wie beispielsweise beim Hauke-Haien-Koog in Schleswig-Holstein notwendig.

Mit der elektronischen Datenverarbeitung ist es heute möglich, bei schwierigen Baugrundverhältnissen die umfangreichen Standsicherheitsberechnungen durchzuführen, die ungünstigsten Gleitlinien zu ermitteln und so mit einem vertretbaren Zeitaufwand die Berechnung für eine auch in bodenmechanischer Hinsicht sichere Formgebung des Deichkörpers aufzustellen.

Die Tragfähigkeit eines Bodens wird in erster Linie von seiner geologischen Entwicklung bestimmt (6). Solange die marinen Sedimente wie an der Nordküste Ostfrieslands weitgehend schluffig-feinsandig sind, führt die Auflast der Deiche zwar zu Setzungen, zu Grundbrüchen kommt es jedoch selten. Aber insbesondere an der Außen- und der unteren Ems sind neben fetten und sehr weichen Kleiböden Torf und Darg im Untergrund anzutreffen. Nur eingehende Bodenuntersuchungen können auf solchen Strecken vor folgenschweren Überraschungen schützen helfen.

Um die Größenordnung der in den letzten Jahren bei Deichbauten beobachteten Untergrundsetzungen aufzuzeigen, werden nachfolgend 3 Beispiele wiedergegeben:

1. Bei Dornumer- und Westeraccumersiel wurde im Sommer 1963 ein 2550 m langer neuer Seedeich etwa 900 m vor der alten Deichlinie gebaut (DRINKGERN, 8). In der Deichtrasse stand bis etwa 6 m Tiefe ein sandiger Untergrund und darunter mit Ausnahme einer 300 m langen Strecke eine 1 bis 2 m starke Klei- und Torfschicht. Die im Abstand von

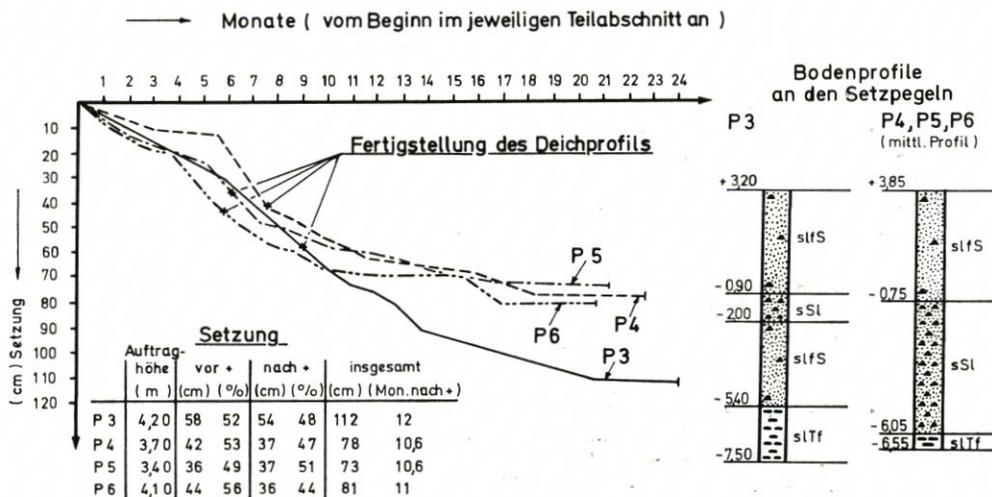


Abb. 24. Zeitsetzungslinien, gemessen in der Achse des in Abb. 16 c) dargestellten Deiches an der Knock

50 m eingebauten Setzpegel ergaben eine sehr unterschiedliche Setzung dieses Untergrundes. Die nach Abnahme der Kleidecke — etwa 7 Monate nach Baubeginn — gemessene geringste Setzung von 23 cm ist auf der Deichstrecke ohne Klei- und Torfschicht eingetreten, während die Maximalsetzung von 97 cm sich in der gleichen Zeit über der Klei- und Torfschicht einstellte und somit den großen Anteil der nur 1 bis 2 m starken Klei- und Torfschicht an der Gesamtsetzung klar erkennen läßt. Da die bindigen und torfigen Schichten auch nach diesem relativ kurzen Zeitraum noch weitere Setzungen verursacht haben werden, ist das errechnete Sack- und Setzmaß von 1,0 m keineswegs zu hoch angesetzt worden.

- Beim Deichbau an der K n o c k im Sommer 1964 wurde ebenfalls das Setzen und Sacken des neuen Deiches gemessen. Vor Beginn der Aufspülung des sehr flachen neuen Seedeiches, der unter 3.55. beschrieben worden ist, wurden Setzpegel mit 1 m² Grundrißfläche aufgestellt (11). In Abb. 24 sind die Zeitsetzungslinien von 4 Setzpegeln P 3 bis P 6 aufgetragen. Dabei geben P 4 bis P 6 etwa eine gleichmäßige Setzung an, während bei P 3 erheblich größere Setzungen gemessen wurden.

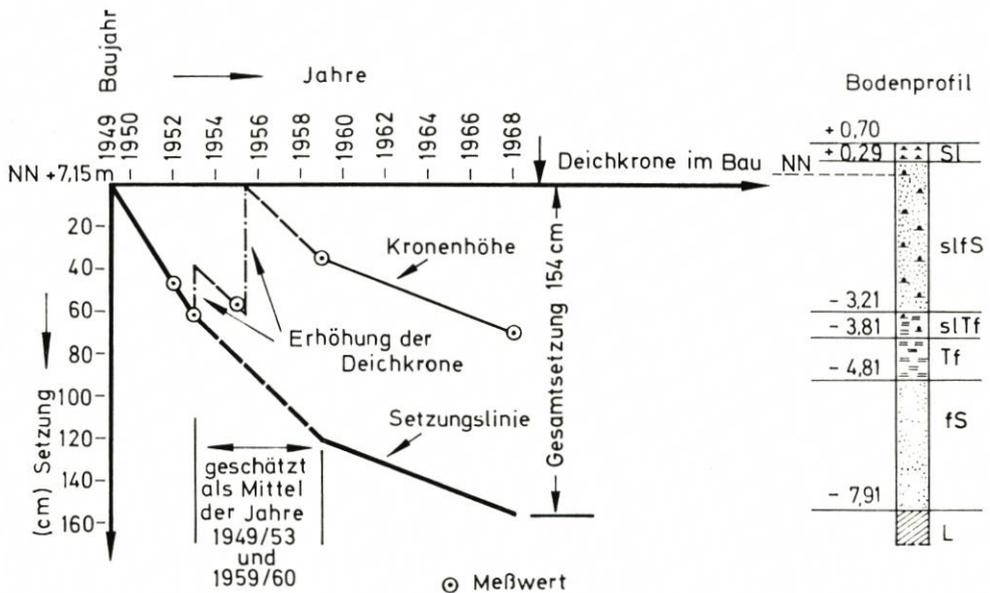


Abb. 25. Zeitsetzungslinie Störtebekerdeich in Station 1,0 (km)

Während der Bauzeit von etwa 6 bis 9 Monaten verliefen die Setzungen entsprechend den ungleichmäßigen Belastungszunahmen unregelmäßig. Zum Zeitpunkt der Fertigstellung des Deiches wurde etwa die Hälfte des Gesamtsetzmaßes an allen Pegeln erreicht (49 bis 56 %). Die Setzungen klangen dann allmählich ab und erreichten den Maximalwert i. M. 11 Monate später. Bei P 4 bis P 6 wurden bei Auftragshöhen von 3,4 bis 4,1 m Endsetzungen von i. M. 77 cm gemessen. Bei P 3 betrug die Aufspülhöhe 4,2 m und die Endsetzung 21 Monate nach Beginn der Aufspülung 112 cm, ein überraschend großer Wert bei dem relativ geringen Bodenauftrag. Die Ursache dafür liegt wahrscheinlich in der stärkeren und höher liegenden Torfschicht bei P 3, wie die dargestellten Bodenprofile erkennen lassen.

- 1947 bis 1950 ist der 4750 m lange Störtebekerdeich mit einer Kronenhöhe von NN + 7,15 m gebaut und damit die rd. 1000 ha große innere Leybucht eingedeicht worden (WENHOLT, 60). Bei den in regelmäßigen Zeitabständen durchgeführten Höhenmessungen der Deichkrone ergaben sich sehr unterschiedliche Setzungen und Sackungen. Am größten waren die Setzungen im Bereich der ehemaligen Störtebeker Riede. Hier mußte die Deichkrone sogar mehrere Male erhöht werden. Die Störtebeker Riede war bei der Bedeichung der größte zu durchdämmende Priel. Wahrscheinlich hat es sich bei dieser Riede einmal um eine bedeutende Balje gehandelt, die vor 5 bis 6 Jahrhunderten mit dem bei Marienhafte noch heute so bezeichneten Störtebeker Tief das durchgehende Fahrwasser bis dort gebildet hat. Seit Fertigstellung des

Deiches beträgt das Gesamtsetz- und -sackmaß an dieser Stelle etwa 154 cm (Abb. 25). Auf den sich stark setzenden Strecken sind mehrfach Erhöhungen der Krone durchgeführt worden. Dadurch mußte für die Zeit von 1953 bis 1959 der Setzungsverlauf in Anlehnung an die Setzungen von 1949 bis 1953 und von 1959 bis 1968 durch Interpolation abgeschätzt werden (gestrichelt dargestellt). Der Hauptanteil entfällt auf die Setzung, denn das Eigensackmaß des eingespülten Sandkerns wird sehr gering sein, und auch die Sackung des Kleimantels von 80 cm Stärke wird sich in der Größenordnung um einen Dezimeter halten.

3.62. Deichboden

In Verbindung mit der Querschnittsgestaltung ist die Frage nach dem Deichboden und der Beschaffenheit sowie dem Zustand der Deichhaut von entscheidender Wichtigkeit für die Deichsicherheit.

Im Gegensatz zu früheren Bauweisen des reinen Kleideiches, die der mit seiner Scholle verwachsene Marschbauer nach jahrhundertelanger Tradition und Erfahrung mit Spaten, Wüppe und Karre baute, werden heute aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und der Zeitersparnis und wegen des Mangels an wirklich geeignetem Kleiboden fast nur noch Deiche aus einem Sandstützkörper und einer Dichtungsdecke, die in Ostfriesland in allen Fällen bisher aus Klei besteht, gebaut. Der Fortschritt in der Entwicklung des Deichbaues mit seinem technischen Großeinsatz, dessen Leistung nach bewegter Bodenmenge und Bauzeit den Verfahren früherer Jahrhunderte überlegen ist, erfordert aber gründliche hydrodynamische, geologische, bodenkundliche und biologische Untersuchungen und Überlegungen, ohne die kein guter und sicherer Deich entstehen kann (DITTMER, 6). Wissenschaftliche Untersuchungen und theoretische Überlegungen müssen daher bei der Planung und der Durchführung der Deichbauten heute wesentlich stärker in den Vordergrund treten.

Der Vorteil der Bauweise mit Sandkern liegt in der schnellen Eigenstabilität des Sandes sowie in seiner guten Scherfestigkeit und seinem sehr geringen Eigensackmaß. Voraussetzung für dieses Verhalten des Sandes ist natürlich, daß er nicht zu viel Feinsand und insbesondere möglichst wenig Schluff enthält.

Während unmittelbar südlich der ostfriesischen Inseln fast immer ein guter Spülsand angetroffen wird, bereitet das Aufspüren einer geeigneten Sandentnahmestelle im Watt vor der Festlandküste vielfach erhebliche Schwierigkeiten. Große Spüllängen von mehreren Kilometern und teilweise erheblichen Entnahmetiefen bei 3—6 m starken, unbrauchbaren Deckschichten müssen hier in Kauf genommen werden. Noch ungünstiger sind die Verhältnisse an der Außenems, wo streckenweise auf dem bis zu 5 km breiten Watt- und Uferstreifen zwischen der Fahrrinne und dem Deich nur stark schluffige Feinsande anzutreffen sind. Bei bindigen Deckschichten oder bindigem Liegenden besteht darüber hinaus die Gefahr, daß ein Teil des mitgelösten Feinstkorns dieser Schichten im Spülfeld und somit im Deichkern verbleibt und sich hier auf die weitere Bearbeitbarkeit und Profilierung sowie ggf. sogar auf die spätere Standfestigkeit des Deiches sehr nachteilig auswirken kann.

In der unteren Ems und im Dollart steht der Sand auf langen Strecken nur unter derart starken Deckschichten an, daß die Entnahme unwirtschaftlich ist. Beim Deichbau in Pogum an der Nordostecke des Dollarts wurde daher der Sand für den Kern des rd. 3 km langen Deiches aus der Außenems entnommen, 15 und mehr Kilometer mit Schuten emsaufwärts transportiert und dann von einem Spüler in die Deichtrasse gespült. Bei den derzeit im Bau befindlichen Deichstrecken bei Großsoltborg und Hohegaste an der Ems wird der Sand von vereinzelt in der Ems anzutreffenden Sandplatten von Schutensaugern aufgenommen, zur Baustelle transportiert und in die Deichtrasse gespült. Zum Teil weisen die Platten aber nur eine sehr dünne obere

Sandschicht auf und bestehen im übrigen aus Klei, so daß sie unbrauchbar für die Sandentnahme sind.

Zur Ermittlung eines geeigneten, günstig gelegenen Sandentnahmefeldes sind daher Aufschlußbohrungen und Bodenuntersuchungen notwendig. Aufschlußbohrungen mit einem Ventilbohrer haben den Nachteil, daß die entnommene Probe infolge einer gewissen Ent- oder Vermischung ein falsches Bild über den tatsächlichen Kernaufbau gibt. Bewährt hat sich dagegen der Einsatz eines Kernbohrgerätes.

Von den bodenmechanischen Eigenschaften des Deichkerns hängt auch die Wahl der Stärke der Kleidecke ab, denn bei Durchnässung eines feinsandigen oder schluffigen Kernmaterials können unter der dynamischen Wirkung des Wellenschlages Fließerscheinungen auftreten (WOHLENBERG, 63). Ferner ist es wichtig, daß die Kleischicht so stark ist, daß die ortsständige Pflanzengemeinschaft nicht beeinträchtigt wird (14). Entscheidend für den Bestand des Deiches ist aber, daß die Kleidecke jederzeit funktionsfähig ist und ihre Aufgabe als Dichtungsdecke und als feste, gegen mechanische und hydrodynamische Beanspruchungen widerstandsfähige Deichhaut jederzeit voll erfüllen kann. Die Stärke der Kleischicht hängt daher u. a. von der Qualität des Deichbodens ab. Ist der Klei infolge eines relativ hohen Sandanteils weniger geeignet, so kann die mangelnde Dichtigkeit bis zu einem gewissen Grad durch eine größere Schichtstärke ausgeglichen werden. Der geringeren Widerstandsfähigkeit dieses Kleies muß durch Abflachung der Böschungsneigungen Rechnung getragen werden.

Die unterschiedliche Kleiqualität auf den verschiedenen Deichstrecken zeigen die auf Abb. 26 dargestellten Körnungskurven. Kleiprobe von 6 Deichstrecken wurden von der Forschungsstelle Norderney analysiert; auf einer dieser Deichstrecken, nämlich auf der der Körnungskurve 1 zuzuordnenden, muß die Kleiqualität nach dem Augenschein als kaum ausreichend bezeichnet werden. Der Tongehalt dieses Bodens beträgt nur 12 %, der Anteil an Sandkorn liegt bei 43 % und überschreitet damit den bei Hamburger Deichbauten festgelegten Grenzwert von 40 % (MEENEN, COUSIN, 42, 43). Bei einem Sandkornanteil um 30 % oder darunter ist der Kleiboden als gut für den Deichbau zu bezeichnen, insbesondere, wenn er gleichzeitig einen Tonanteil zwischen 20 und 30 % aufweist. Der in Probe 2 festgestellte große Anteil von 36 % an bindigen Bestandteilen mit einem Korndurchmesser unter 0,002 mm erschwert die Verarbeitung und Verdichtung dieses Bodens; auch waren hier im trockenen Sommer 1959 starke Risse bis 12 cm oberer Breite und 1,5 m Tiefe zu beobachten.

Im Rahmen der Planung und Vorbereitung des 1967 durchgeführten Deichbaues auf der Insel Spiekeroog wurde durch die Forschungsstelle Norderney eine eingehende bodenphysikalische Untersuchung des auf dem Heller anstehenden Kleibodens durchgeführt. Nicht nur die Körnungskurve, sondern auch alle im folgenden noch zu erläuternden Faktoren und Eigenschaften, die für die Eignung eines Kleibodens für den Deichbau kennzeichnend sind, wurden dabei ermittelt.

Der Glühverlust, der den Anteil an organischer Substanz wiedergibt, wurde mit 8,5 bis 10,2 % ermittelt. Er lag damit relativ hoch, konnte aber noch hingenommen werden, da er sich im Rahmen der empfohlenen Grenze von 10 %, äußerstenfalls 15 % hielt (42, 43).

Die Plastizität des Spiekerooger Kleis konnte als besonders gut bezeichnet werden und entsprach dem von hochplastischem Ton. Die Plastizität wurde zu i. M. 55 % ermittelt. Der Boden war dadurch für den Deichbau besonders gut geeignet, denn bei ausreichender Verdichtung würde er weniger empfindlich gegen Wassergehaltsänderungen sein. Auf Grund dieser hohen Plastizitätszahl konnte auch mit einer relativ großen Haftfestigkeit (Kohäsion) von über 0,1 kg/cm² gerechnet werden.

Bei einem spezifischen Gewicht von 2,67 g/cm³ ergab das an ungestörten Bodenproben ermittelte Trockenraumgewicht $\gamma_t = 1,06$ g/cm³ einen Porenanteil von 0,6. Dieser

Porenanteil lag zu hoch. Durch Verdichtung mußte er soweit verringert werden, daß das Trockenraumgewicht einen Wert von mindestens $\gamma_t = 1,25 \text{ g/cm}^3$ aufwies, so daß sich der Porenanteil dann zu etwa 0,53 ergeben würde. Als brauchbarer Vergleichswert hierzu kann der aus verschiedenen, auf den Seedeichen an der ostfriesischen Nordküste gezogenen Proben festgestellte Mittelwert des Trockenraumgewichts von rd. $\gamma_t = 1,4 \text{ g/cm}^3$ gelten. Dieser Mittelwert ergibt einen Porenanteil von 0,47. Erstrebenswert ist bei derartigen Böden folglich ein Porenanteil kleiner als 0,5.

Als Schrumpfmaß wird die Volumenverminderung einer Bodenprobe, bezogen auf den Rauminhalt vor dem Schrumpfen, bezeichnet. Das Schrumpfmaß des Kleis auf dem Spie-

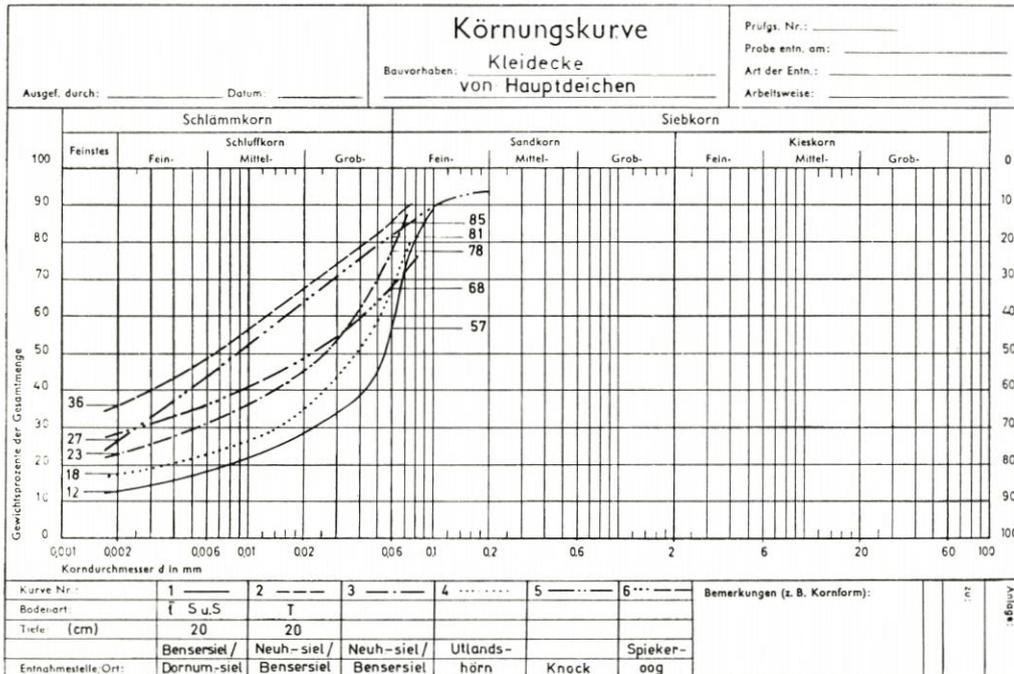


Abb. 26. Körnungskurven der Kleidecken von Hauptdeichen

kerooger Heller wurde zu 38 % ermittelt; das bedeutet, daß in der Kleiabdeckung bei Austrocknung überdurchschnittlich starke Rißbildungen auftreten können, wenn keine ausreichende Verdichtung erzielt worden ist.

Die Untersuchungen hatten gezeigt, daß die an sich wenig konsolidierten Kleiablagerungen auf dem Spiekerrooger Heller für den Deichbau gut geeignet waren. Gleichzeitig wurde aber erkannt, daß in ganz besonderem Maße auf die Verdichtung dieses Bodens zu achten sei, damit das Trockenraumgewicht heraufgesetzt und gleichzeitig durch eine mehrfach zu wiederholende Verdichtung des Bodens nach dem Einbau auf dem Deich und der dadurch eingeleiteten Austrocknung einer zu starken Rißbildung entgegengewirkt würde.

Die Verdichtung eines bindigen Kleibodens ist bekanntlich aus gerätetechnischen Gründen mit Schwierigkeiten verbunden. Statische Walzen, Vibrationswalzen oder auch Schaffußwalzen scheiden auf Grund der Schwierigkeiten, die sich bei der Durchführung ergeben haben, aus. Zwei Verdichtungsverfahren werden in Ostfriesland heute mit Erfolg angewandt. Das sind

1. die Verdichtung durch Stampfen mit dem gefüllten Baggerkorb und
2. die Verdichtung durch Befahren der Oberfläche mit schweren Raupen.

Der Einbau erfolgt zudem in Schichtstärken von 30 bis 50 cm. Durch ausreichenden Geräteeinsatz und eine ununterbrochene Überwachung des Kleieinbaus durch die örtliche Bauleitung ist die für die Festigkeit und Dichtigkeit der Kleidecke so entscheidende Verdichtung sicherzustellen. Durch geeignete Sondiergeräte sollte die erzielte Dichtigkeit stichprobenweise überprüft werden.

Beim Bau und bei der Erhöhung und Verstärkung von Seedeichen in Ostfriesland stand im allgemeinen ein ausreichend guter Klei für die Deichdecke zur Verfügung. Er hat in der Regel an der Außenböschung eine Stärke von 1,30 m bis 1,50 m und an der Binnenböschung eine Stärke von 1,0 m erhalten (Abb. 15, 16). Bei Pogum betrug sie bei der oberhalb des Bemessungswasserstandes 1:4 geneigten Böschung 2,0 m (Abb. 21). Bei den Stromdeichen an der Ems wird die Kleidecke außen mit 1,50 m und binnen mit 1,00 m Stärke und bei den Flußdeichen außen und binnen 1,00 m stark ausgeführt (Abb. 21).

Die Stärke der Kleischicht wurde beim Deichbau auf der Insel Spiekeroog wie auch bei anderen Inseldeichen auf Grund des Kleimangels an der Außenböschung auf 50 cm beschränkt. In Anbetracht der zu erwartenden relativ geringen Beanspruchung dieses Deiches, der nach Südwest, Süd bzw. Südost kehrt, hinter einem breiten, hohen Heller liegt und, wie unter 3.515. beschrieben, auf der gegen Südwest kehrenden Strecke durchgehend eine Böschungsneigung von 1:6 erhalten hat, dürfte diese Kleischichtstärke hier ausreichen.

An der Ems oberhalb von Weener findet sich entweder nur eine dünne oder gar keine Kleideckschicht im Gelände. Hier mußte daher der Klei für den Deichbau bei Halte von den nahezu 20 km weiter emsabwärts liegenden Pütten per Schiff herangebracht werden.

3.63. Begrünung

Die Abwehrkraft des Seedeiches ist nach WOHLBERG (64) in hohem Maße eine Funktion seiner Pflanzendecke. Die Grasnarbe ist aber nur dann abwehrbereit, wenn sie

1. sowohl bei einer Ansaat als auch bei einer Besodung die den extremen Standortverhältnissen entsprechenden Grasarten enthält und
2. diese Gräser planmäßig durch Beweiden kurzgehalten werden, wodurch eine dichte Narbe gewährleistet wird.

Bei Deichneubauten oder Deicherhöhungen und -verstärkungen bildet die Begrünung bzw. Besodung die letzte Bauleistung, die in der Regel erst im Spätsommer bzw. im frühen Herbst ausgeführt werden kann. Von der Ausführungszeit ist es abhängig, wie weit die Deichhaut besodet und wie weit sie angesät wird; auch die Stärke der Soden wird durch den Zeitpunkt des Einbaues bestimmt (37). Im allgemeinen wird bei Deichbauten im ostfriesischen Raum die Außenböschung unterhalb NN + 5,0 m, das sind wenige Dezimeter über HHThw, mit Soden angedeckt.

Die standortgerechte Besodung (WOHLBERG, 64) ist beim Deichbau äußerst wichtig. Liegen beispielsweise der untere Bereich der Außenböschung und die Außenberme hinter einem jungen niedrigen Heller noch recht niedrig, so werden hier bis höchstens 50 cm über MThw *Andelsoden* (*Puccinellia maritima*) angedeckt, die in der Nähe auf dem jungen Heller gewonnen werden können. Daran schließen sich im mittleren Bereich der Böschung Rotschwingelsoden (*Festuca rubra*) an, die etwa bis zur Ordinate MHThw, das ist für die Nordküste Ostfrieslands NN + 3,13 m (Pegel Benersiel), hinaufreichen. Diese Soden werden im älteren höheren Deichvorland gewonnen. Darüber folgen dann Soden aus Süßgräsern, die

auf hinter dem Deich liegenden Dauerweiden gewonnen werden können. Wichtig ist, daß ihre Pflanzengesellschaft Deutsches Weidelgras (*Lolium perenne*) und Wiesenrispengras (*Poa pratensis*) enthält, da diese beiden Süßgräser eine große ökologische Breite besitzen und einen gewissen Salzgehalt im Boden vertragen können (WOHLENBERG, 64). Bei einer Deichhaut aus weniger bindigem Kleiboden bzw. bei der relativ dünnen Kleischicht der Inseldeiche wird die Besodung möglichst bis über die Deichkrone hochgezogen.

Die Stärke der Soden schwankt zwischen 3 u. 10 cm. Solange es aus jahreszeitlichen Gründen und auf Grund der örtlichen Gegebenheiten zulässig erscheint, sollte eine dünne 5 bis 6 cm starke Sode gewählt und auf eine besonders vorbereitete gute Mutterbodenschicht verlegt werden, damit die Sode schnell fest mit dem Untergrund verwachsen kann. Das gleiche gilt für die in den letzten 10 Jahren in zunehmendem Maße eingesetzten Rollsoden von etwa 3 cm Stärke, die in arbeitstechnischer Hinsicht und wegen ihres geringen Transportgewichts wesentliche Vorteile bieten. Dabei müssen diese Soden je nach Höhenlage an der Böschung von den oben beschriebenen Standorten entnommen werden und dürfen keinesfalls auf Torfsubstrat o. ä. gezogen sein (WOHLENBERG, 64).

Die Rollsoedentechnik ist nicht erst eine Erfindung unserer Zeit. Sie wurde bereits von HINRICHS (1931) in einer Beschreibung über einen 1911 erbauten Seedeich erwähnt (22).

Können die Soden erst im Herbst eingebaut werden, so werden sie mit einer Dicke von etwa 10 cm geschnitten. Diese dickeren Soden werden nicht so rasch vom Wasser herausgeschlagen (LÜDERS, 37). Im unteren Bereich der Außenböschung empfiehlt sich eine zusätzliche Sicherung durch Besticken mit Stroh (s. a. 5.4.) (Abb. 32). Durch Stahlhaken verankertes Drahtgeflecht hat sich für diesen Zweck nicht bewährt.

Auf ein sauberes und dichtes Verlegen der Soden, ein Abkrümeln mit Mutterboden und ein Abrütteln bzw. Klopfen ist in jedem Falle Wert zu legen.

Auch bei der Ansaat von Deichböschungen ist darauf zu achten, daß standortgerechte Gräser gewählt werden, die eine dichte, nicht aus einzelnen Horsten bestehende, nicht zu stark wüchsige, tief verwurzelte Grasdecke bilden. Folgende Grassamenmischungen haben sich bewährt (Angaben in Gewichts-%):

	Rezept I	Rezept II
Deutsches Weidelgras (<i>Lolium perenne</i>), spätschossende Weidesorten	35 %	41 %
Rotschwingel, echte Ausläufer treibend (<i>Festuca rubra genuina</i>)	30 %	35 %
Wiesenrispengras (<i>Poa pratensis</i>)	20 %	20 %
Kammgras (<i>Cynosurus cristatus</i>)	10 %	—
Weißklee, Original Morsoe (<i>Trifolium repens</i>)	5 %	4 %

Vom Deutschen Weidelgras sollten spätschossende Weidesorten bevorzugt werden. Wiesen-schwingel hat an Seedeichen im allgemeinen nicht Fuß gefaßt. Kammgras bewährt sich vor allem bei starker Trift. Die Grassamenmenge sollte etwa 30 g/m² gewählt werden (HILLER, 21).

Das Rezept I ist in der Artenzusammensetzung von WOHLBERG entwickelt (64) und nach umfangreichen Untersuchungen nach biologisch deichpflegerischen Gesichtspunkten erprobt worden. Als Standardgräser für Deichbegrünungen ergeben sich aus dieser Zusammenstellung das Deutsche Weidelgras, der ausläufertreibende Rotschwengel und Wiesenrispengras.

Mit Ausnahme des unter 3.55 beschriebenen reinen Sanddeiches an der Knock mit äußerst flachen Böschungen sind im übrigen vor 1968 an den Deichen mit Kleidecke besondere Begrünungsverfahren unter Verwendung von speziellen Emulsionen und dergl. nicht erprobt worden. Wie weit es möglich sein wird, die Begrünung der Deiche durch derartige Saathilfsverfahren noch zu verbessern bzw. eine Besodung im unteren Bereich der Außenböschung durch eine Ansaat unter gleichzeitiger Festigung der oberen Kleischicht durch geeignete Zusätze zu ersetzen, bleibt der Zukunft überlassen. Ein erster Versuch dieser Art wurde im Herbst 1968 auf dem im gleichen Jahr erhöhten und verstärkten Münsterpolderdeich durchgeführt. Außenböschung, Krone und Binnenböschung dieses hinter einem hohen Sommerdeich gelegenen künftigen Hauptdeiches wurde mit Samen besonders kurzwüchsiger Gräser angesät. Die Saat wurde dabei zusammen mit gelöstem Dünger und einer die Oberfläche festigenden Emulsion versprüht. Ein Urteil über die Bewährung dieser Verfahren kann zur Zeit noch nicht abgegeben werden.

3.7. Bauwerke im Deich

Bei allen Bauten im „Goldenen Ring“ ist stets zu bedenken, daß das gesamte Bauwerk nur so stark ist wie sein schwächster Teil. Zu den besonderen Anlagen und Bauten im Deich zählen die Siele und Schöpfwerke für die Entwässerung, die Schleusen für den Schiffsverkehr, die Deichgats, -rampen und -treppen für den Fahrzeug- und Personenverkehr. Die größeren

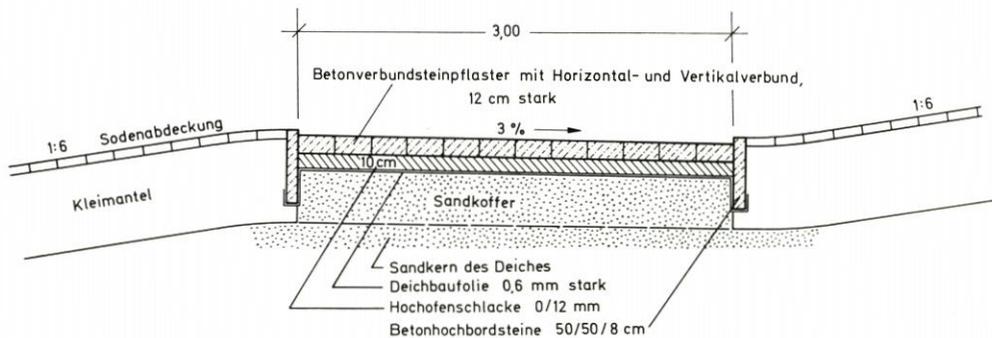


Abb. 27. Deichrampe auf der Außenböschung des Hauptdeiches auf der Insel Spiekeroog

konstruktiven Bauwerke sollen hier nicht behandelt werden. Eine gute Verbindung mit dem Deich und ausreichende Sicherheitsmaßnahmen gegen Um- und Unterströmung dürften bei ihnen eine Selbstverständlichkeit sein.

Im folgenden werden die Rampen behandelt, aber auch auf die für die Deichpflege durch Beweidung notwendigen Viehtriften und Zäune soll hier näher eingegangen werden.

Deichrampen sind notwendig für den Transport der Geräte und Baustoffe für die Unterhaltung der Deichaußenböschung und der Deckwerke, für den Bau und die Unterhaltung der Schutzwerke vor dem Deich, für die Nutzung und Pflege des Deichvorlandes sowie für den

Abtransport des Teeks. Ihre Anzahl sollte auf das notwendige Maß beschränkt bleiben; ein Abstand von 2 bis 3 km ist jedoch anzustreben, um zu große Längstransporte auf den in der Regel unbefestigten Außenbermen zu vermeiden. Die Rampen sollten stets befestigt werden, und zwar so, daß sie dem zu erwartenden Verkehr gewachsen sind. Eine Herabsetzung der Wehrhaftigkeit des Deiches oder gar ein Einschneiden in den Deichkörper muß auf jeden Fall vermieden werden.

Um keine Unebenheit in der Außenböschung zu erhalten, sind bei dem Umbau der Außenböschung des Deiches Neuharlingersiel/Bensersiel im Jahre 1962 bei der Böschungsneigung 1:6 die Rampen als Schwarzdeckenstreifen bündig in diese Böschung gelegt worden. Es hat sich gezeigt, daß derartige Rampen zwar für den PKW-Verkehr noch geeignet sind, aber keinen LKW-Verkehr und andere kopflastige Fahrzeuge und Geräte passieren lassen. Eine sachgerecht angelegte geringfügige Verbreiterung des Deichkörpers im Bereich der Rampe bildet keinen



Abb. 28
Pflasterstreifen am Weidezaun
auf dem Deich zur Vermeidung
von Trittschäden

Ansatzpunkt für Deichzerstörungen. In Abb. 27 ist eine 1967 auf der Insel Spiekeroog ausgeführte Deichrampe dargestellt. Wie schon früher im Deichbau üblich, ist das Quergefälle zum Deichkörper gerichtet, so daß das Niederschlagswasser an dem niedrigen Hochbord entlang auf dem Pflaster abgeführt wird und am Deichfuß durch eine gepflasterte Rinne zum Ringschloot geleitet werden kann. Der äußere Hochbord war in diesem Fall zweckmäßig, um ein Begegnen der Gespanne in den verkehrsreichen Saisonmonaten auf der Rampe von vornherein zu verhindern und das Warten auf der Verbreiterung auf der Deichkrone oder vor dem Deich zu erzwingen.

Befestigte Viehtriften werden angelegt, wo Deichvorland und Binnendeichflächen zusammen mit dem Deich beweidet werden. Wie später noch eingehend zu erläutern ist, werden die Hauptdeichstrecken Ostfrieslands in überwiegendem Maße mit Rindvieh beweidet. Ist dem Deich ein Vorland vorgelagert, so läßt sich die gemeinsame Beweidung in einer Wechselwirtschaft besonders günstig durchführen. Bei leichten Sturmfluten muß das Vieh den Heller verlassen; es wird auf binnendeichs liegende Stützpunktfächen getrieben. Bei größeren Hellern mit entsprechend starkem Viehbesatz empfiehlt es sich, auf dem Deich Viehtriften zu befestigen, um Beschädigungen der Grasnarbe auszuschließen. Bewährt hat sich hierfür die Verwendung von Betonpflaster, das in die Kleidecke gelegt wird. Bei dem Einbau von Streifenrauigkeiten durch um 2 cm stärkere Streifen in regelmäßigen Abständen wird ein sicheres Begehen dieser Viehtriften auch bei einer gewissen Verschmutzung mit Klei erzielt.

Bei einer Pflege und Nutzung des Deiches durch Beweiden sind Zäune unerlässlich. Entlang des Zaunes wird die Grasnarbe besonders stark vom Vieh begangen und so leicht beschädigt. Ein 2,5 m breiter Pflasterstreifen an jeder Zaunseite mit den bei den Triften beschriebenen Rauigkeiten hat sich in Ostfriesland sehr gut bewährt (Abb. 28).

3.8. Linienführung, zweite Deichlinie, Schutzlinie in den Dünen

Bei den Baumaßnahmen zur Schaffung eines ausreichenden Sturmflutschutzes werden in überwiegenderem Maße vorhandene Hauptdeiche erhöht und verstärkt. Dabei sollte bei der Planung stets geprüft werden, ob hier und da eine Korrektur der Linienführung zu Verbesserungen oder Vorteilen in technischer oder wirtschaftlicher Hinsicht führt. Es ist allerdings zu bedenken, daß kleinere Ausbuchtungen vielfach ehemalige Umfassungseiche eines beim Deichbruch entstandenen Kolkes darstellen. Man verläßt bei solchen Begradigungen dann den konsolidierten Baugrund unterhalb des alten Hauptdeiches und nimmt u. U. das Risiko einer größeren Grundbruchgefahr und größerer Setzungen auf sich. In solchen Fällen sollten besonders eingehende Baugrunduntersuchungen vorausgehen.

An der Nordküste Ostfrieslands bietet sich eine Vorverlegung des Hauptdeiches zwischen Bengersiel und Ostermarsch geradezu zwingend an. Auf der ganzen rd. 23 km langen Strecke sind dem alten Hauptdeich winterbedeichte und z. T. besiedelte Polder mit Ausnahme kleiner Lücken an den jeweiligen Sielorten vorgelagert. Diesen Polderdeichen, die etwa die Höhe und das Bestick der Hauptdeiche haben, ist überall ein breites grünes Vorland, das teilweise sogar von Sommerdeichen umgeben ist, vorgelagert. Durch die Vorverlegung der Hauptdeichlinie werden nicht nur die in den Poldern vorhandenen Siedlungen und die wertvollen landwirtschaftlichen Flächen vor Sturmfluten wirksam geschützt; es wird darüber hinaus eine Verkürzung der Deichlinie um rd. 1 km erzielt. In der Deichacht Esens ist die rd. 10 km lange Vordeichung zwischen Bengersiel und Dornumergrode bereits fertiggestellt; in der westlich angrenzenden Deichacht Norden wird sie grundsätzlich ebenfalls angestrebt.

Eine wesentliche Verkürzung der Hauptdeichlinie würde die Bedeichung der äußeren Leybucht mit sich bringen (Abb. 29). Die die Leybucht umgebende rd. 16 km lange Hauptdeichstrecke, die größtenteils noch wesentlich erhöht werden müßte, kann durch die Neueindeichung auf 8 km verkürzt werden. Das ist eine erstrebenswerte Verkürzung, denn jeder Kilometer Deich bedeutet auch einen Kilometer Risiko. Durch diesen Deichbau, der in seiner Dringlichkeit hinter den anderen Deicherhöhungs- und -verstärkungsmaßnahmen rangiert, so daß noch geraume Zeit bis zu seiner Verwirklichung vergehen dürfte, wird:

1. eine erhebliche Deichverkürzung von 8 km und ein dadurch verringertes Risiko geschaffen und
2. der Sielzug für ein Entwässerungsgebiet von rd. 35 000 ha im Norder Entwässerungsverband und für eine Teilfläche des I. Entwässerungsverbandes Emden wesentlich verbessert bzw. für Greetsiel erst wieder geschaffen und gleichzeitig eine für den Pumpbetrieb sehr wertvolle Hochwasserspeicherung gewonnen;
3. wieder günstige Fahrwasserverhältnisse für den bedeutenden Fischerhafen Greetsiel geschaffen und
4. die dringende Agrarstrukturfrage im Raume der Leybucht einer Regelung zugeführt (58).

Auch an der Ems sind einige Deichbegradigungen geplant oder bereits in den letzten Jahren ausgeführt worden. Hier handelt es sich fast immer um eine zweckmäßige Folgemaßnahme einer früheren Emsbegradigung infolge Durchstechens von Flußschleifen.

Bei den beschriebenen Vordeichungen wird aber nicht nur die Deichlinie verkürzt, sondern der Deichschutz wird auch dadurch verbessert, daß durch die Vorverlegung von Hauptdeichen die alten Hauptdeiche als zweite Deichlinie erhalten bleiben. An der Nord-

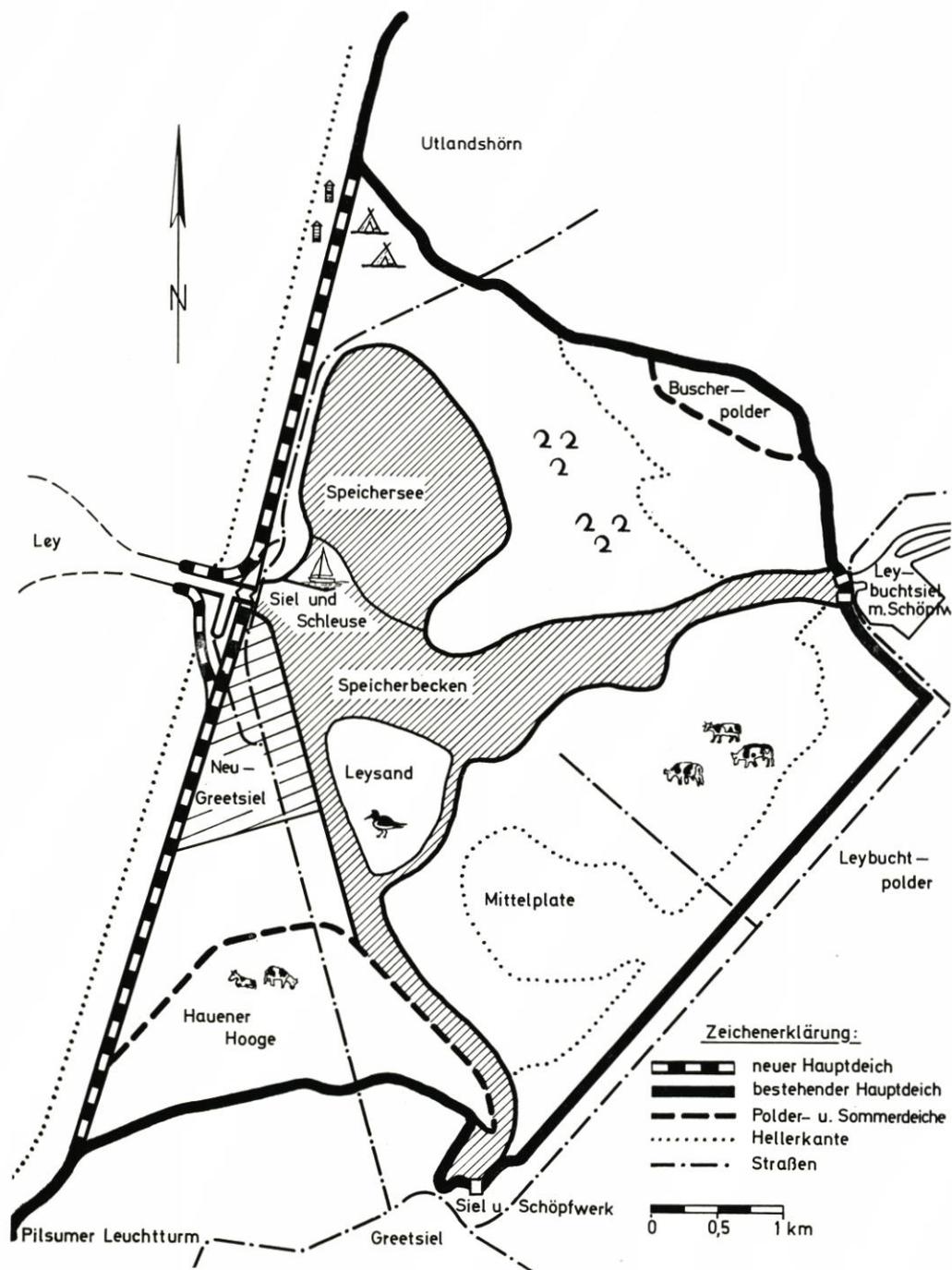


Abb. 29. Geplante Eindeichung der Leybucht

küste wird also auf einer Länge von 23 km eine zweite Deichlinie geschaffen, die im Abstand von 500 bis 1000 m hinter der neuen Hauptdeichlinie eine zusätzliche Sturmflutsicherung darstellt. Auch nach der Eindeichung der rd. 2700 ha großen äußeren Leybucht wird die jetzige Deichlinie als zweite Deichlinie in diesem Raum erhalten bleiben. Eine gleiche finden wir in Ostfriesland nur noch am Dollart. Dort ist auf einer Länge von rd. 7,5 km nördlich der Grenze gegen die Niederlande nach dem Bau des Kanalpolderdeiches der Heinitzpolderdeich als zweite Deichlinie erhalten geblieben bzw. durch Bau der Anschlußdeiche eingerichtet worden.

Auf den Inseln bilden die Hauptdeiche fast immer den Schutz des besiedelten Gebietes und der landwirtschaftlichen Flächen von der Wattseite, während an der West- und Nordseite die hohen Dünen, z. T. durch Deckwerke gesichert, die Insel schützen. An beiden Enden schließt der Deich jeweils an die vorhandenen Dünen an und bildet mit diesen zusammen den schützenden „Ring“. Besonderer Sorgfalt bedarf die Feststellung und Festlegung dieser entscheidenden Schutzlinie in den Dünen. Da im Innern der Insel an den Südseiten der Dünen vielfach die durchgehenden Dünenketten fehlen, bereitet die Feststellung der Sturmflutsicherheit hier erhebliche Mühe. Auf der Insel Spiekeroog konnte erst nach einer Höhenaufnahme durch Luftbildvermessung die günstigste Schutzlinie festgelegt werden. Auch sie wies noch einige unscheinbare kleine Dünenmulden auf, die verfüllt werden mußten, um den Sturmflutschutz voll herzustellen.

3.9. Stand des Ausbaues der Deiche Ende 1968

Der Stand des Ausbaues der See-, Strom- und Flußdeiche ist aus Tabelle 1 zu entnehmen (Abb. 1).

An den Seedeichen ist die Verstärkung der Hauptdeiche in der Deichacht Esens zwischen Harlesiel und Neuharlingersiel bis auf eine kurze Strecke und vom Ostheller Bengersiel bis Dornumergröde auf rd. 20 km abgeschlossen; auf der Strecke Neuharlingersiel—Bengersiel wurden das Deckwerk und die Außenböschung 1962 umgebaut. Eine Erhöhung und binnenseitige Verstärkung und Böschungsabflachung stehen hier noch aus.

In der Deichacht Norden ist die genannte Hauptdeichstrecke im Ostteil durch Deichvorverlegung und im Westteil durch eine Erhöhung und Verstärkung, die in Kürze in Angriff genommen werden soll, noch auf das vorgeschriebene Bestick zu bringen. Für die etwa 7 km lange Strecke entlang der Leybucht erübrigt sich die Erhöhung im Hinblick auf die geplante Bedeichung der äußeren Leybucht.

In der Deichacht Krummhörn fallen die nördlichsten 9 km in den Schutz des späteren Leybucht-Abschlußdeiches und werden dann als 2. Deichlinie eingestuft. Südlich anschließend wurde im Jahre 1968 mit den Deicherhöhungs- und -verstärkungsmaßnahmen begonnen; rd. 2,5 km werden bis zum Jahresende fertiggestellt sein. Die südlich anschließenden rd. 13 km bis Rysum sollen in den nächsten Jahren ausgebaut werden. Hier schließt das Aufspülgelände „Rysumer Nacken“ an, auf dem die Baggermassen aus dem Emsfahrwasser untergebracht werden. Im Bereich der Knock wurden rd. 3,3 km Hauptdeiche im Zusammenhang mit den Baumaßnahmen des I. Entwässerungsverbandes Emden „Neubau des Sieles und Schöpfwerkes Knock“ gebaut (ERCHINGER, 11). Der sog. „Staatliche Seedeich“ von der Knock bis Emden, der in den Jahren 1912 bis 1923 gebaut wurde, hat ein recht günstiges Profil; er muß jedoch noch erhöht werden. Im Bereich des Hafens Emden sind die Deiche auf rd. 2,5 km bereits auf das neue Bestick gebracht; die verbleibenden rd. 2,5 km bis zur Deichachtsgrenze am Siel und Schöpfwerk Borßum werden in Kürze erhöht und verstärkt.

In der Rheider Deichacht ist die 1962 sehr schwer beschädigte Deichstrecke bei Pogum an der Nordostecke des Dollarts auf einer Länge von rd. 3,5 km erhöht und verstärkt worden. Die südlich anschließende Strecke bis zur niederländischen Grenze liegt hinter einem breiten, hohen Vorland und hat ein relativ günstiges Profil; die Deichstrecke muß aber noch auf das vorgeschriebene Bestick gebracht werden.

An Stromdeichen und Flußdeichen sind in der Rheider Deichacht rd. 2 km bei Großsoltborg und Halte erhöht und verstärkt worden. Die verbleibende Strecke von rd. 38 km ist noch auszubauen.

In der Moormerländer Deichacht sind von den Stromdeichen zwischen Emden-Borßum und Leer die Anschlußdeiche an das neugebaute Siel und Schöpfwerk Sauteler Siel fertiggestellt sowie eine rd. 3,5 km lange Strecke von Leer emsabwärts in Bau.

In der Oberledinger Deichacht bedürfen die rd. 18 km langen Flußdeiche am rechten Emsufer noch der Erhöhung und Verstärkung.

Von den drei letztgenannten Emsdeichachten sind ferner mit erheblichen Aufwendungen Ufersicherungen an der Ems gegen die zunehmenden Abbrüche infolge der Schifffahrt als Deichfußsicherungen durchgeführt worden.

Insgesamt kann festgestellt werden, daß in den letzten Jahren viel zur Schaffung eines sicheren Sturmflutschutzes durch den Ausbau der Hauptdeiche geleistet worden ist. Es bedarf aber noch großer Anstrengungen, um dieses Werk zum Schutze von rd. 220 000 ha in Ostfriesland und weiteren rd. 40 000 ha großen Flächen, die im Verwaltungsbezirk Oldenburg liegen und mit zu dem von diesen Deichen geschützten Gebiet und somit zum Leda-Jümme-Verband gehören, fertigzustellen.

4. Sommerdeiche

Dem Sommerdeich kommt neben seinem Zweck zum Schutz und zur Sicherung der Nutzung der Polderflächen vor Sommersturmfluten eine wichtige Aufgabe als Anlage des aktiven Küstenschutzes zu, denn auch er verringert die den Hauptdeich angreifenden Kräfte.

Die Heller vor den Hauptdeichen des Festlandes und auf den Inseln sind teilweise von Sommerdeichen umgeben. Ein Teil dieser Sommerdeiche wird als „Umwallation“ bezeichnet, denn sie sind so niedrig, daß sie auch von höheren Sommerfluten noch überströmt werden. Damit sie als Küstenschutzwerk wirksam werden, muß die Sommerdeichkrone mindestens etwa 1 m über der Hellerfläche und somit rd. 1,50 m über MThw liegen. Nur die als Küstenschutzwerk wirksamen Sommerdeiche sollen hier behandelt werden, sie sind auf Abb. 1 wiedergegeben.

1957 ist die rd. 275 ha große Hellerfläche Hauener Hooge bei Greetsiel mit einem Sommerdeich umgeben worden. Die Deichkrone wurde mit NN + 3,0 m etwa 1,80 m über MThw gelegt. In seinem Hauptabschnitt liegt der Sommerdeich bis zu 1100 m vor dem Hauptdeich. Wie in den „Empfehlungen für den Deichschutz nach der Februarsturmflut 1962“ (13) allgemein festgestellt wird, hat sich auch dieser Sommerdeich in dieser schweren Sturmflut bewährt und den Wellenangriff und Wellenauflauf am Hauptdeich verringert. Die aus gutem Klei hergestellten Böschungen haben eine Neigung von 1:7 auf beiden Seiten. Die Krone ist 1 m breit. Diese Querschnittsgestaltung kann empfohlen werden, denn der Sommerdeich der Hauener Hooge weist auch nach mehrfachen Überflutungen im Winter jeweils kaum Schäden auf (49).

In den letzten Jahren sind Sommerdeiche vor dem Iherings-Sommergroden und dem Münster-Sommerpolder westlich von Carolinensiel bzw. von Dornumersiel nach denselben Grundsätzen gestaltet worden; ihre Deichkrone wurde jedoch auf NN + 3,5 m und somit

2,20 m über MThw gelegt. Die Breite des Sommerpolders beträgt hier 400 bis 500 bzw. 200 bis 400 m.

Neben der günstigen Wirkung des Sommerdeiches auf den Wellenauflauf und den Wellenangriff am Hauptdeich bietet ein Sommerdeich noch weitere sich günstig auf die Deichsicherheit und die Deicherhaltung auswirkende Vorteile. Der an den ostfriesischen Hauptdeichen streckenweise in erheblichen Mengen anfallende Teek (Treibsel), der aus den unter 5. noch näher zu erläuternden Gründen für den Deich sehr schädlich ist und dessen Beseitigung umfangreiche Kosten verursacht, bleibt in den meisten Fällen schon vor einem ausreichend hohen Sommerdeich liegen. Die Grasnarbe des Hauptdeiches wird somit nicht geschädigt, und die Außenböschung vermag bei einer den Sommerdeich überschreitenden schweren Sturmflut den Kräften ungeschwächt Widerstand zu leisten. Da aus dem gleichen Grunde in einem Sommerpolder der Außenringschloot des Hauptdeiches kaum verschlickt und durch Teekablagerungen verstopfen kann, ist die Entwässerung des Deichfußes in einem Sommerpolder in der Regel in einem besseren Zustand als bei einem nicht sommerbedeichten Vorland, so daß der untere Böschungsbereich und die Außenberme fester und besser bewachsen sind.

Auf die Deicherhöhungs- und -verstärkungsmaßnahmen wirkt sich ein ausreichend hoher Sommerdeich ebenfalls vorteilhaft aus, wie sich 1968 bei der Erhöhung und Verstärkung des Münsterpolderdeiches gezeigt hat. Da der untere Bereich der Außenböschung nur selten und dann nur bei Wasserständen, die oberhalb der Sommerdeichkrone liegen, angegriffen wird, braucht die Böschung im unteren Bereich nicht abgeflacht zu werden, sondern sie kann mit der Neigung 1:6 bis auf Geländehöhe durchlaufen, wo sie gut ausgerundet mit einem Radius von 10 m angeschlossen wird (s. 3.512.). Da der Sommerdeich wie eine Art „Wellenbrecher“ wirkt, kann auch die Deichhöhe etwas niedriger gehalten werden. Auf eine Besodung der Außenböschung kann in der Regel ebenfalls verzichtet werden, da

1. die Wahrscheinlichkeit, daß der Hauptdeich dem Wellenangriff ausgesetzt wird, wesentlich geringer ist — die Deichkrone des Münster-Sommerpolderdeiches von NN + 3,5 m wird dreimal in 10 Jahren erreicht bzw. überschritten — und
2. die den Deich angreifenden Kräfte dann merklich geringer sind, so daß bei einer einigermaßen festen Kleidecke eine Ansaat der ganzen Außenböschung ausreichen dürfte.

Bei der Bemessung des Sommerdeichsieses ist davon auszugehen, daß der Sommerpolder nach der Überflutung nach 1 bis 2 Tagen wieder entleert werden kann.

5. Erhaltung und Pflege des Deiches

5.1. Allgemeines

Die Deicherhaltung obliegt in der Regel den Deichverbänden — in Ostfriesland Deichachten genannt. Durch das Nieders. Deichgesetz vom 1. März 1963 (LÜDERS, LEIS, 40) sind die derzeitig bestehenden Deichachten gegründet bzw. auf das geschützte Gebiet ausgedehnt oder unverändert bestätigt worden. Neu gegründet worden sind durch Zusammenfassung mehrerer bestehender Deichachten und deren Erweiterung auf das geschützte Gebiet, das nach dem maßgebenden Sturmflutwasserstand vereinfachend durch die obere Grenze auf NN + 5,0 m begrenzt wurde, die Deichacht Esens, die Deichacht Norden, die Deichacht Krummhörn, die Rheider Deichacht und die Moormerländer Deichacht. Auf das geschützte Gebiet ausgedehnt wurde die Oberledinger Deichacht und völlig unverändert blieb der Leda-Jümme-Verband, der neben der Hauptdeichunterhaltung von 2 km im wesentlichen die Aufgaben des Hochwasserschutzes an Leda und Jümme und deren Zuflüssen sowie der Hauptentwässerung in

dem Verbandsgebiet übernommen hat. Die Gebietsgröße der einzelnen Verbände sowie ihre Deichstrecken sind aus Tabelle 1 zu ersehen.

Soweit der Staat bei Inkrafttreten des Deichgesetzes zur Deicherhaltung verpflichtet war, ist ihm diese Unterhaltungspflicht verblieben. Für zahlreiche Deichstrecken auf dem Festland und den Inseln liegt daher die Unterhaltungspflicht beim Land Niedersachsen — Wasserwirtschaftsverwaltung, Domänenverwaltung oder Häfen- und Schifffahrtsverwaltung. Deichverbände sind auf den Inseln nicht gegründet worden. Soweit nicht das Land die Unterhaltungspflicht hat, obliegt sie den Inselgemeinden.

Selbstverständlich gilt auch für den Deichbau der bei allen Ingenieurbauten geltende Grundsatz, das Bauwerk wirtschaftlich, d. h. so zu erstellen, daß es später ein Minimum an Unterhaltungsaufwand verursacht. Trotzdem werden immer wieder Schäden auftreten. Das Ausmaß der Schäden wird dabei weitgehend von dem Pflegezustand der Grasnarbe und der oberen Bodenschicht der Kleidecke abhängen.

5.2. Pflege der Grasnarbe

5.21. Deichbeweidung

Die wichtigste Pflegemaßnahme für alle Hauptdeiche ist ihre Beweidung. Bereits in der Deich- und Sielordnung für Ostfriesland vom 12. 6. 1853 (51) war die Deichbeweidung eindeutig geregelt und dazu festgelegt: „Verboten ist das Weiden von Vieh

- a) an allen Deichen vor dem 10. Mai und nach dem 15. Oktober j. J. vorbehaltlich etwaiger von der Deichaufsicht zu gestattender Ausnahmen;
- b) an den Deichen, die aus loser sandiger Erde bestehen oder steife Dossierungen (steile Böschungen) haben oder an denen sich Strohbestickungen befinden;
- c) an frischbesodeten Deichstellen;
- d) an Schutzwerken;
- e) das Weiden von Schweinen und Gänsen.“

Die Deiche werden in überwiegendem Maße mit Rindvieh beweidet, allerdings nicht überall wie angestrebt mit Jungvieh, sondern stellenweise noch mit älteren schweren Tieren. In der Deichacht Esens und der Deichacht Krummhörn sowie auf den Inseln Spiekeroog, Norderney und Juist wird auf insgesamt etwa 10 bis 15 % der Gesamthauptdeichstrecke Ostfrieslands eine Beweidung mit Schafen durchgeführt. Pferde dürfen grundsätzlich nicht auf die Deiche.

Feste Kleidecken mit guter Grasnarbe können ohne Bedenken mit Jungvieh bis etwa 225 kg Gewicht beweidet werden. Es ist allerdings dafür zu sorgen, daß die Tiere vom Deich getrieben und diesem ferngehalten werden, solange die Kleidecke nach starken Regenfällen oder nach einer Sommersturmflut durchnäßt und zu weich ist. Eine Kombination der Deichpflege und der Vorlandnutzung durch Jungvieh wird in Ostfriesland in mehreren staatlichen Weidebetrieben mit Pensionsvieh und auch von privaten Pächtervereinigungen mit gutem Erfolg praktiziert. Durch eine Koppelwirtschaft muß dafür gesorgt werden, daß die Tiere die einzelnen Deichstrecken nur zeitweise und dann intensiv beweidet, damit hier die bei ständigem Aufenthalt auf der Deichkrone stets auftretenden „Wanderwege“ vermieden werden (LÜKEN, MEIER, 41). Ferner muß binnendeichs eine ausreichend große sog. „Stützpunktfläche“ vorhanden sein, so daß bei einer Hellerüberflutung und einem gleichzeitig durch starke Regenfälle aufgeweichten Deich die Tiere binnendeichs in Sicherheit gebracht werden können und so Trittschäden am Hauptdeich vermieden werden. Die Hauptviehtriften vom Vorland zum Stützpunkt werden zweckmäßigerweise wie unter 3.7. beschrieben gepflastert. Die ungünstigen Er-

fahrungen, die LAFRENZ über die Rindviehbeweidung von Deichen und Vorland in Schleswig-Holstein mitteilt (30): „Eine wirksame Hütung der Rinder am Seedeich ist während der gewöhnlichen Weidezeiten der Jahre nicht zufriedenstellend durchzuführen, denn die Tiere gieren zu sehr nach der Vorlandweide, wo sie nicht freiweidend geduidet werden können“, können für Ostfriesland nicht geteilt werden. Die Beweidung großer Vorlandflächen wird hier ohne Schaden für die Tiere und das Vorland durchgeführt, und auch die Deiche lassen sich bei dieser intensiven Beweidung durch Koppelwirtschaft zusammen mit dem Vorland sehr günstig pflegen.

Die für die Deichpflege ebenfalls günstige Beweidung mit Schafen hat vor allem bei stark sandigen Kleidecken und bei Nässe Vorteile gegenüber der Rindviehbeweidung.

Eine ausreichende Versorgung des Rindviehs und der Schafe auf den Seedeichen und den Hellern mit gutem Tränkwasser ist äußerst wichtig. Die Tränkebecken werden niemals am Deich oder zu nahe am Deichfuß aufgestellt; sowohl auf dem Heller als auch auf der Stützpunktfläche werden sie von einem Steinpflaster umgeben (Abb. 30). In der Leybucht und bei Westeraccumersiel steht in 50 bis 60 m bzw. in 30 m Tiefe geeignetes Grundwasser für Tränkezwecke an. Es wird aus Tiefbrunnen mit einem Antrieb über Dieselmotor, Elektromotor oder Windmotor gefördert. In Gebieten, in denen das öffentliche Wasserversorgungsnetz bis in Deichnähe geführt ist, kann hieraus auch außendeichs brauchbares Tränkwasser gezapft werden. Tränkebecken mit selbststeuernder Schwimmerregelung geben hier stets frisches Tränkewasser frei. Auf Vorlandflächen, auf denen diese beiden Möglichkeiten zur Tränkewasserversorgung fehlen, werden wie auf dem Weidegebiet zwischen Hilgenriedersiel und Neßmersiel sturmflutfrei umdeichte Kühlen, sog. „Ringdeichtränken“, angelegt.

Bei der Beweidung durch Schafe wie bei der durch Rinder ist eine gute Organisation des Weidebetriebes sowie eine strenge Beachtung des Grundsatzes, daß die Beweidung des Hauptdeiches in erster Linie eine Pflegemaßnahme und nicht eine Nutzung zur Erwirtschaftung eines Ertrages ist, die Voraussetzung für eine deichgerechte Beweidung. Sowohl bei den staatlichen Weidebetrieben als auch bei den deichachtseigenen und privaten Schäfereien ist stets ein Viehwart bzw. Schäfer bei der Herde, der für das Wohl der Tiere sorgt und gleichzeitig die deichgerechte Beweidung lenkt.

Wie auch aus der o. g. Deich- und Sielordnung hervorgeht, sind steile Böschungen besonders empfindlich gegen Trittschäden des Viehs. An den 1:2 und vielfach sogar an den 1:1 geneigten Binnenböschungen sind diese Schäden kaum zu vermeiden (ZUNKER, 70). Starke Umformungen der Binnenböschung mit treppenförmiger, unregelmäßiger Oberfläche werden hier durch die Beweidung hervorgerufen. Der Störtebekerdeich erhielt aus Gründen der Deichpflege durch Beweiden 1947/50 eine Binnenböschung mit der Neigung 1:3. Es hat sich gezeigt, daß derartige Böschungen sehr gut beweidet werden können.

5.22. Teekräumung und Unkrautbekämpfung

Der in jeder Sturmflut an einigen Deichstrecken Ostfrieslands in erheblichen Mengen abgelagerte Teek (Treibsel, Spülsaum) muß stets umgehend von der Deichböschung entfernt werden. Unter der dichten Teekdecke wird die Grasnarbe geschädigt, weil sie praktisch erstickt. Der Teek führt zur Verunkrautung der Grasnarbe und dient den Wühlmäusen, Ratten und dergl. als Unterschlupf und dadurch als Ausgangspunkt der böschungszerstörenden Wühlarbeit dieser Schädlinge.

Zwischen Beweidung, Teekablagerung und Teekräumung sowie der Widerstandsfähigkeit der Grasnarbe und der Festigkeit der Deichhaut bestehen bekanntlich biologische und technisch-

mechanische Kausalzusammenhänge (WOHLENBERG, 64; FÜHRBÖTER, 14). Die Forderung nach einer umgehenden Abräumung des Teeks kann nur erfüllt werden, wenn eine befestigte Fahrspur auf der Außenberme jederzeit die Teekabfuhr ermöglicht. Bei großen Teekmengen sind außerdem für das Zusammenbringen und das Aufladen des Teeks Maschinen einzusetzen. Bei unbefestigten Bermen muß nach den Wintersturmluten oft monatelang gewartet werden, bis die Berme soweit abgetrocknet ist, daß der Maschinen- und Fahrzeugeinsatz keine nennenswerten Schäden mehr hinterläßt, denn es ist widersinnig, bei der Säuberung des Deiches von Teek und Treibgut diesen zunächst zu beschädigen und später durch mühsame Ausbesserung und Aussodung der Radspuren wiederherzustellen.

Eine weitere regelmäßig durchzuführende Pflegemaßnahme ist die Bekämpfung und Vernichtung von Unkräutern, die die dichte Grasnarbe schädigen. Breitblättrige Pflanzen, wie Pestwurz und hochwüchsige horstbildende Distel- und Brennesselbestände bringen das Gras

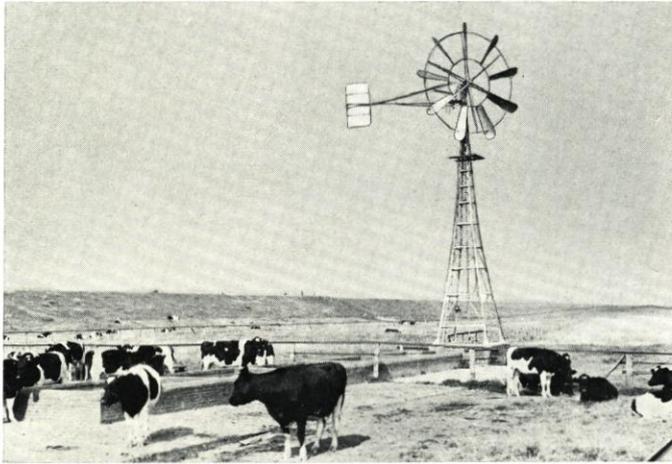


Abb. 30
Viehtränke mit windbetrie-
bener Pumpenanlage; Süß-
wasserentnahme aus rd. 50 m
Tiefe

zum Absterben und rufen eine höchst unerwünschte Schattengare hervor, die dem Wasser wenig Widerstand entgegensetzt. Ähnlich wirken sich die vom Vieh gemiedenen Geilstellen aus. Geilstellen und vereinzelt auftretende Unkrauthorste können durch Mähen beseitigt werden. Bei starkem Unkrautbefall ist eine direkte Bekämpfung durch eine Bespritzung mit chemischen Mitteln notwendig und erfolgversprechend.

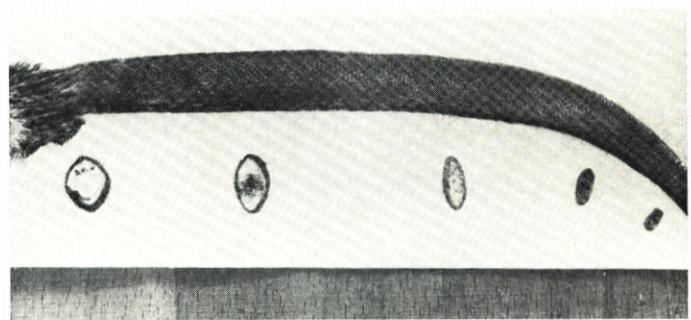
Dieselbe Erscheinung, die nach obiger Beschreibung durch Unkräuter hervorgerufen wird, kann auch auf Deichen beobachtet werden, die nicht beweidet, sondern gemäht werden, und zwar vor allem, wenn das Mähen zu spät erfolgt und das gemähte Gras wegen schlechten Wetters zu lange auf dem Deich liegenbleiben muß (BLASZYK, 4).

5.3. Tierische Schädlinge

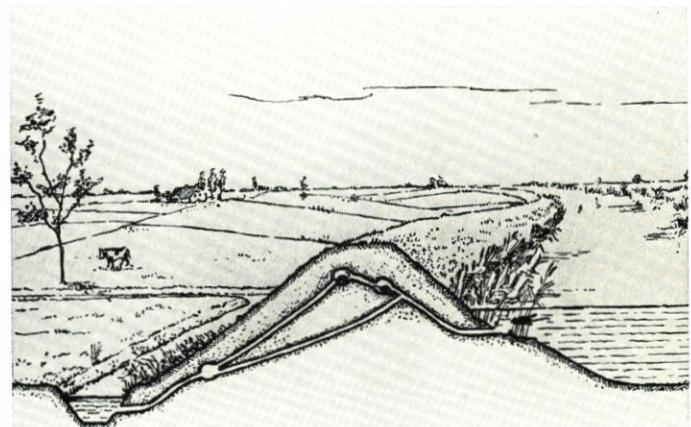
Ein weiterer Nachteil zu hoher Grasbestände sowie der Distel- und Unkrauthorste ist die gute Deckung, die diese den Mäusen gegen Greifvögel und Eulen bieten, so daß auch diese tierischen Schädlinge hier bevorzugt Fuß fassen. Neben der Feldmaus und der großen Wühlmaus ist der Maulwurf der Hauptschädling am Deich. Der Maulwurf und die große Wühlmaus, die mehrere Meter lange tiefgehende Gänge in den Deich wühlen, sind noch gefährlicher als die Feldmaus, die zwar sehr viele, aber nur kurze Gänge in die Deichdecke scharrt (BLASZYK, 4). Am Störtebekerdeich wurde dem starken Auftreten der Maulwürfe durch in die Gänge



Abb. 31
a) Der Bisam



b) Schwanz mit Vertikal-
schnitten



c) Gangsystem des Bisams
(entnommen aus „De Mus-
kusrat“, Ministerie van
Landbouw en Visserij,
Wageningen)

geschüttete, Phosphorwasserstoff entwickelnde Mittel, die auch gegen Wühlmäuse wirken, ein Ende gesetzt. Die Bekämpfung der tierischen Schädlinge gestaltet sich jedoch wesentlich schwieriger als die Unkrautbekämpfung.

Im Jahre 1968 ist auch die gefürchtete Bisamratte bis nach Ostfriesland vorgedrungen. An den Strom- und Flußdeichen im Ems-Leda-Jümme-Gebiet wird sie mit erhöhter Aufmerksamkeit gejagt, um sie möglichst kurz zu halten. Diese etwa 30 cm lange Wühlmausart ist ein



Abb. 32
Besticken von Rasensoden;
spät angedeckte, bis zum Winter nicht mehr verwurzelnde Soden werden mit aus Stroh gedrehtem Strick auf dem Untergrund festgenäht (besticken)



Abb. 33
Herstellung des Strohbesticks;
die nicht begrünte Deichböschung wird flächenhaft mit Stroh bedeckt (Strohdach) und mit aus Stroh gedrehtem Strick auf dem Boden festgenäht (besticken)

ausgesprochenes Dämmertier, so daß es nur selten gesehen wird. Daher ist die Jagd mit der Waffe nicht sehr erfolgversprechend. Auch chemische und biologische Mittel zur Bisambekämpfung sind bisher noch nicht entwickelt worden. So bleibt das Fallenstellen als einzig wirksames Mittel gegen diese Wühler (Abb. 31).

Der Bekämpfung der Wühltiere muß stets das Verfüllen und dichte Schließen der von ihnen gewühlten Löcher folgen. Wie unter 3.511. beschrieben, führt der Druckschlag beim Auftreten auf Risse, Spalten und Löcher zu der sich in den Untergrund fortsetzenden Sprengwirkung, die dann den Ausgangspunkt zu rasch größer werdenden Ausschlägen bildet. Ein dichtes Verschließen der Löcher ist daher äußerst wichtig, wenn auch sehr mühevoll. Als wertvolle Hilfe kann dabei der Viehtritt angesehen werden.

5.4. Beseitigung von Deichschäden

Bei der Ausbesserung von Böschungsschäden ist stets auf eine in biologischer Hinsicht standortgerechte Auswahl der Soden zu achten (WOHLENBERG, 64). Die für den unte-

ren Böschungsbereich notwendigen salzwasserfesten Soden können nur im Deichvorland gewonnen werden. Es ist daher wichtig, daß für die Gewinnung von Soden und auch für die Beschaffung von gutem Kleiboden für die Deicherhaltungsarbeiten geeignete Flächen im Deichvorland erhalten werden. Bereits das alte Deichrecht (51) sah hierfür die Sicherung der „gesetzlichen Außendeichserde“ vor, das als Grünland zu erhalten war und in dem das Ab- und Ausgraben von Soden und Erde für andere Zwecke verboten war. Auch das Niedersächsische Deichgesetz sieht die Sicherung solcher Flächen vor, aus denen Boden und Soden für die Unterhaltung der Hauptdeiche entnommen werden können, und legt dem Eigentümer oder Nutzungsberechtigten entsprechende Einschränkungen auf (40). Hierin wird, wie oben bereits erwähnt, der Vorteil eines Deichvorlandes für die Deichunterhaltung deutlich.

Die Ausbesserung von Ausschlägen und Grasnarbenschäden gehört nach jedem Winter zu den ersten Arbeiten am Deich. Besodungen sollen möglichst im Mai, spätestens aber bis Sommeranfang mit Rücksicht auf die große Gefahr der Austrocknung abgeschlossen werden. Müssen ausnahmsweise noch Besodungsarbeiten im Spätsommer oder im frühen Herbst durchgeführt werden, so empfiehlt es sich, dickere, etwa 10 cm starke Soden zu verwenden. Bei besonders stark beanspruchten Deichen sind diese dann durch Besticken mit Stroh zu sichern (Abb. 32, 33).

In regenarmen Sommern werden alle Kleidecken durch Schrumpfung des Bodens Trockenrisse erhalten, die um so größer sind, je bindiger der Boden ist. 1959 wurden in einem Kleideich Trockenrisse bis zu 12 cm oberer Breite und 1,5 m Tiefe festgestellt (s. 3.62). Derartige Risse, die man schon als Spalten bezeichnen muß, schließen sich auch nach Einsetzen der feuchten Witterung nicht wieder. Sie sind daher sorgfältig mit Kleiboden zu verfüllen und fest einzustampfen, denn infolge der Sprengwirkung des Druckschlages kann durch solche Spalten und Risse leicht ein größerer Schaden verursacht werden (FÜHRBÖTER, 14).

6. Zusammenfassung

Deichbau und Vorlandgewinnung stellen in Ostfriesland die beiden Hauptmaßnahmen zur Sicherung und zum Schutz der Küste dar. Die Bedeutung und der Umfang der Arbeiten zur Schaffung eines Deichvorlandes vor den Hauptdeichen, das Wellenauflauf und Wellenangriff verringert und sich auf die Deicherhaltung günstig auswirkt, werden beschrieben. Dabei wird besonders auf die neueren Bauweisen beim Bau schwerer Lahnungen unter Verwendung von Verhüttungsrückständen als Lahnungskern, von Dichtungsfolien und von Betonsteinen mit horizontalem und vertikalem Verbund eingegangen. Die Begrüppung der Anwachsflächen konnte im letzten Jahrzehnt weitgehend mechanisiert werden. Neben der natürlichen Auflandung wird in Sonderfällen, u. a. im Zusammenhang mit Deichbauten, eine Aufspülung des schützenden Vorlandes vorgenommen.

Der überwiegende Teil der ostfriesischen Seedeiche auf dem Festland und den Inseln sowie der Strom- und Flußdeiche an der Ems und Leda muß nach den Erkenntnissen aus der Februarsturmflut 1962 erhöht und verstärkt werden. Diese Erfahrungen führten zur Neuberechnung der Deichhöhen und bestimmten neben neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen die Querschnittsgestaltung der Deiche. Die angreifenden Kräfte bedingen die Form der Außenböschung, die beim Vorlanddeich zweckmäßig konkav und beim Schardeich mit Deckwerk konvex ausgeführt wird. Ferner werden die Bauweisen der Binnenböschung sowie der außen- und binnendeichs notwendigen Sicherungswerke beschrieben. Neben diesen Merkmalen des Besticks sind Baugrund, Boden und Begrüppung und deren Beurteilung nach wissenschaftlicher Untersuchung für einen wehrhaften Deich von großer Bedeutung.

Der Wert der Sommerdeiche für den Küstenschutz sowie die Bedeutung richtiger Deicherhaltungs- und -pflegemaßnahmen für die Landessicherheit werden abschließend eingehend behandelt.

Schriftenverzeichnis

- (1) ARENDS, F.: Gemälde der Sturmfluthen vom 3. bis 5. Februar 1825. Bremen 1826.
- (2) BARDELMEIER, E.: Verwendung von Kunststoffen bei der Landgewinnung und im Dünenschutz. Wasser und Boden 1963.
- (3) BISCHOFF VAN HEEMSKERCK, W. C.: Wasserspannungen unter Asphaltdeckwerken von Deichen. Wasser und Boden 1963.
- (4) BLASZYK, P.: Zur Vermeidung von Deichschäden durch Tiere und Unkräuter bei Sturmfluten. Wasser und Boden 1962.
- (4a) BOTHMANN, W.: Die Bedeutung der Landgewinnungsarbeiten für den Küstenschutz an der Nordsee. Dt. Wasserwirtschaft, 1941.
- (5) BRAHMS, A.: Anfangsgründe der Deich- und Wasser-Baukunst. Aurich 1754.
- (6) DITTMER, E.: Deichverstärkung und Baugrund. Die Küste 1955.
- (7) DRINGKERN, G.: Die Binnenberme mit dem Ringschloot bei Hauptdeichen. Wasser und Boden 1963.
- (8) DRINGKERN, G.: Seedeichbau in Ostfriesland — bei Dornumer- und Westeraccumersiel. Wasser und Boden 1964.
- (9) ERCHINGER, H. F.: Küstenschutz durch Vorlandgewinnung — Neue Baustoffe und Bauverfahren. Wasser und Boden 1967.
- (9a) ERCHINGER, H. F.: Verhüttungsrückstände im Lahnungsbau bei Ostermarsch. Anlagebericht III zu „Deichsicherung durch Verhüttungsrückstände“, hrsg. v. Küstenausschuß Nord- und Ostsee, Technisch-Wissenschaftlicher Beirat, Obmann: Dr.-Ing. K. LÜDERS.
- (10) ERCHINGER, H. F.: Landgewinnung — Küstenschutz — 5. Lehrgangsbericht des BWK Niedersachsen, Berlin und Bremen 1967.
- (11) ERCHINGER, H. F.: Deichbau an der Knock. Wasser und Boden 1969.
- (12) FRANZIUS, L.: Wirkung und Wirtschaftlichkeit von Rauheckwerken im Hinblick auf den Wellenauflauf. Mittlg. d. Franzius-Inst., H. 25, 1965.
- (13) FREISTADT, KRAMER, LORENZEN, LÜDERS, RODLOFF, TRAEGER: Empfehlungen für den Deichschutz nach der Februarsturmflut 62. Die Küste 1962, H. 1.
- (14) FÜHRBÖTER, A.: Der Druckschlag durch Brecher auf Deichböschungen. Mittlg. d. Franzius-Inst., H. 28, 1967.
- (15) HAARNAGEL, W.: Meer, Küste und Mensch. Wilhelmshaven 1958.
- (16) HAUCKE, M.: Deichsicherung mit Verhüttungsrückständen. Helgoländer wiss. Meeresunters. 1968.
- (17) HEISER: Landerhaltung und Landgewinnung an der deutschen Nordseeküste. Die Bautechnik 1933.
- (18) HENSEN, W.: Modellversuche über den Wellenauflauf an Seedeichen im Wattengebiet. Mitteil. d. Franzius-Inst., H. 5, 1954.
- (19) HENSEN, W.: Modellversuche zur Bestimmung des Einflusses der Form eines Seedeiches auf die Höhe des Wellenauflaufes. Mitteilg. d. Franzius-Inst., H. 7, 1955.
- (20) HENSEN, W.: Modellversuche für die untere Ems. Mitteilg. d. Franzius-Inst., H. 6a, 6b, 1954, H. 6c, 1956.
- (21) HILLER, H.: Problematik der Deichsicherung durch biologische Maßnahmen. Zeitschrift für Kulturtechnik u. Flurbereinigung, H. 3, 1969.
- (22) HINRICHS, W.: Nordsee-Deiche, Küstenschutz und Landgewinnung. Husum 1931.
- (23) HUNDT, C.: Maßgebende Sturmfluthöhen für das Deichbestick der schleswig-holsteinischen Westküste. Die Küste 1955.
- (24) HUNDT, C.: Der maßgebende Sturmflutseegang und Wellenauflauf für das Deichbestick der deutschen Nordseeküste auf Grund der Sturmflut vom 16. Febr. 1962. Die Küste 1962, H. 2.
- (25) HUNDRICH, J. W. A.: Practische Anleitung zum Deich-, Syl- und Schlingenbau, I. u. II. Teil. Bremen 1770/71.
- (26) KLEMP, W.: Wasserstandsbeobachtungen in Deichen. Wasser und Boden 1966.

- (27) KRAMER, J.: Sturmflut 1962, Sturmfluten und Küstenschutz zwischen Ems und Weser. Norden 1967.
- (28) KRAMER, J.: Der Küstenschutz nach der Februarflut 1962 — Erkenntnisse und Folgerungen — aus: Veröffentlichungen d. Naturforschenden Gesellschaft Emden, Emden 1965.
- (29) KRAUSE, G.: Die Wasserwirtschaft in Ostfriesland. Aurich 1959.
- (30) LAFRENZ, P.: Über die Pflege und Nutzung des Anwachsens und der Deiche an der Dithmarscher Küste. Die Küste 1957, H. 2.
- (31) LAMPRECHT, H. O.: Brandung und Uferveränderungen an der Westküste von Sylt. Mitteilg. d. Franzius-Inst., H. 8, 1955.
- (32) LORENZEN, J. M.: Gedanken zur Generalplanung im nordfriesischen Wattenmeer. Die Küste 1956.
- (32a) LORENZEN, J. M.: Hundert Jahre Küstenschutz an der Nordsee. Die Küste 1954, H. 1 u. 2.
- (33) LÜDERS, K.: Kleines Küstenlexikon. Hildesheim 1967.
- (34) LÜDERS, K.: Bericht der Arbeitsgruppe „Küstenschutzwerke“. Die Küste 1966, H. 1.
- (35) LÜDERS, LIESE, KRAMER: Die Sturmflut vom 16./17. Febr. 1962 im niedersächsischen Küstengebiet. Die Küste 1962, H. 1.
- (36) LÜDERS, K.: „Passive“ oder „aktive“ Deichsicherung? Wasser und Boden 1957.
- (37) LÜDERS, K.: Wie dick sollen Rasensoden sein? Wasser und Boden 1959.
- (38) LÜDERS, K.: Wiederherstellung der Deichsicherheit an der deutschen Nordseeküste von der holländischen Grenze bis zur Elbe. Wasser und Boden 1957.
- (39) LÜDERS, K.: Von „Achterdeich“ bis „Zwistdeich“. Neues Archiv für Nieders., Bd. 12, Göttingen 1963.
- (40) LÜDERS, K., LEIS, G.: Nieders. Deichgesetz vom 1. 3. 1963. Kommentar. Hamburg 1964.
- (41) LÜKEN, H., MEIER, R.: Unterhaltung der Deiche im Tidegebiet. Wasser und Boden 1960.
- (42) MEENEN, K., COUSIN, B.: Untersuchungen über die Profilstgestaltung der neuen Hamburger Deiche. Wasser und Boden 1964.
- (43) MEENEN, K.: Bodenmechanische Probleme des Deichbaues — 5. Lehrgangsbericht des BWK Niedersachsen, Berlin u. Bremen 1967.
- (44) METZKES, E.: Welche Folgerungen zieht das Land Niedersachsen aus den Erfahrungen mit der Sturmflut 1962 für seinen Hochwasserschutz. Wasser und Boden 1962.
- (45) METZKES, E.: Bericht über den Deichbau und den Küstenschutz in Niedersachsen nach der Sturmflut vom 16./17. 2. 1962. Die Küste 1966, H. 1.
- (46) Min. für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Schleswig-Holstein: Die Sturmflut vom 16./17. Febr. an der schleswig-holsteinischen Westküste. Die Küste 1962, H. 1.
- (47) MÜLLER, W.: Beschreibung der Sturmfluthen an den Ufern der Nordsee und der sich darin ergießenden Ströme und Flüsse am 3. und 4. Febr. 1825. Hannover 1825.
- (48) MÜNNICH, A. G. v.: Oldenburgischer Deich-Band, das ist: Eine ausführliche Beschreibung von allen Deichen, Sielen, Abbrüchen und Anwachsen. Leipzig 1767.
- (49) Nieders. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft u. Forsten: Sommerbedeichung Haue-ner Hooge. Wasser und Boden 1958.
- (50) N. N.: Verordnung über die vorläufige Festsetzung von Deichbesticken an der Ems, Leda und Dollart. Amtsbl. Aurich vom 21. 2. 1968.
- (51) N. N.: Deich- und Sielordnung für Ostfriesland vom 12. Juni 1853.
- (52) N. N.: Wellenauflaufhöhen und Tidehochwasserstände der Sturmflut vom 23. 2. 1967. Bauamt für Küstenschutz Norden 1967 (unveröffentlicht).
- (53) PETERSEN, M.: Über die Grundlagen zur Bemessung der schleswig-holsteinischen Landes-schutzdeiche. Die Küste 1955.
- (54) PETERSEN, M.: Die zweite Deichlinie im Schutzsystem der deutschen Nordseeküste. Die Küste 1966.
- (55) RODLOFF, W.: Über die Form von Seedeichen mit Grasdecke. Wasser und Boden 1963.
- (56) SCHULZ, H.: Verlauf der Sturmflut vom Februar 1962 im deutschen Küsten- und Tidegebiet der Nordsee. Die Küste 1962, H. 1.
- (57) SEGGERN, F. v.: Der Bau des Wangerdeiches. Wasser und Boden 1967.
- (57a) TETENS, J. N.: Reisen in die Marschländer an der Nordsee zur Beobachtung des Deichbaus. Leipzig 1788.
- (57b) TRAEGER, G.: Planung und Ausführung von Deicherhöhungen und Flußabdämmungen im Lande Bremen. Die Küste 1960.
- (58) WENHOLT, K.: Neu-Greetsiel — ein Zukunftsbild. Ostfreesland-Kalender 1961.

- (59) WENHOLT, K.: Küstenschutz durch Vorlandgewinnung. Ostfreesland-Kalender 1964.
- (60) WENHOLT, K.: Deichbauten in Ostfriesland. Wasser und Boden 1951.
- (61) WERKGRÖEP: „Gesloten Dijkbekledingen“. Voorlopig Rapport, 1961.
- (62) WICHT, M. VON: Das ostfriesische Land-Recht nebst dem Deich- und Syhlrechte. Aurich 1746.
- (63) WOHLBERG, E.: Der Deichbruch des Ülvesbüller Kooges in der Februarflut 1962, Versalzung — Übersandung — Rekultivierung. Die Küste 1963.
- (64) WOHLBERG, E.: Deichbau und Deichpflege auf biologischer Grundlage. Die Küste 1965.
- (65) SNUIS, H., WOHLBERG, E.: Anwachs, Landgewinnung und Deichbau in Nordfriesland. Schriften des Nissenhauses in Husum Nr. 3, 1955.
- (66) WOLTER, R.: Der Kampf gegen die Naturgewalten — Wasserwirtschaft und Küstenschutz — in: Wirtschaftsraum Ostfriesland und Papenburg, Herausg. G. Stalling, Oldenburg 1968.
- (67) ZEHLE: Uferdeckwerke an der Küste. Staatl. Ing.-Schule, Suderburg, Jahreshft 1961.
- (68) ZITSCHER, FR. F.: Analyse zur Bemessung von Außenböschungen scharliegender See-Deiche gegen Wellenbeanspruchung. Wasser und Boden 1962.
- (69) ZITSCHER, FR. F.: Kunststoffe für den Wasserbau. Die Bautechnik 1967.
- (70) ZUNKER, H.: Gefährdung der Deiche durch unsachgemäßes Beweiden. Wasser und Boden 1957.

Neuregelung der Wasserwirtschaft in Ostfriesland

Von Gustav Krause und Rudolf Wolter

Summary

Eastfrisia corresponds with the governmental district of Aurich of Lower Saxonia. Eastfrisia is bounded in the north by the North Sea, in the west by the Netherlands, in the south and in the east by the governmental districts of Osnabrück and Oldenburg respectively. Its water management depends upon the water levels of the North Sea. The western part of Eastfrisia is flown through by the river Ems into which the river Leda, coming with its main tributary the river Jümme from eastern direction, discharges itself. The land, partly below mean sea level, is diked against the North Sea and these rivers. Its drainage is therefore particularly difficult. Drainage only by sluices is nowhere anylonger possible. They have to be supported or replaced by pumping stations. The present paper covers these circumstances in general and describes them for each catchment area in particular, also taking into account administrative developments in these areas and legal aspects.

Inhalt

A. Einleitung	187
B. Aufgaben der Wasserwirtschaft in Ostfriesland	188
C. Träger der wasserwirtschaftlichen Gemeinschaftsaufgaben	
a. Deichachten und Sielachten	188
b. Gesetzliche Grundlagen und Organisation der Deich- und Sielachten	189
c. Jetzige Organisation der Deich- und Sielverbände und ihre Aufgaben	189
D. Die besonderen wasserwirtschaftlichen Aufgaben Ostfrieslands	
a. Aufgaben	192
b. Gegenstand dieses Beitrages	192
E. Besondere wasserwirtschaftliche Maßnahmen	
a. Unterhaltungsverband Rheiderland und Sielachten im Rheiderland	195
1. Allgemeines	195
2. Großsoltborger Sielacht	195
3. Kombinierte Wymeerer Sielacht	196
4. Ditzum-Bunder Sielacht und Coldeburger Sielacht	196
5. Weener-Stapelmoorer-Süderhammricks Sielacht	198
6. Dieler Sielacht	198
b. Muhder Sielacht	198
c. Leda-Jümme-Verband und Unterhaltungsverband Altes Amt Stickhausen	199
d. Moormerländer Sielacht	202
e. Entwässerungsverband Oldersum	202
f. I. Entwässerungsverband Emden	205
g. Entwässerungsverband Norden	207
h. Sielacht Dornum-Westeraccum	208
i. Sielacht Esens	208
k. Sielacht Wittmund	209
F. Zusammenfassung	211

A. Einleitung

Die Betrachtung der Wasserwirtschaft eines bestimmten Gebietes kann davon ausgehen, daß es dort Besonderheiten gibt, die der Wasserwirtschaft in anderen Gegenden nicht oder wenigstens nicht im gleichen Maße begegnen. Sie kann andererseits dort, wo gleichartige Verhältnisse vorliegen, zu Vergleichen anregen, wie die Aufgaben in verschiedener Weise zu lösen sind. Beide Gründe rechtfertigen es, die Wasserwirtschaft Ostfrieslands für sich darzustellen. Im Einfluß der Tiden der Nordsee weist Ostfriesland Eigenarten auf, die ihm mit dem gesamten übrigen Küstengebiet von den Niederlanden bis nach Dänemark gemeinsam sind, die im Binnenlande aber nicht auftreten.

Ostfriesland hat eine verhältnismäßig lange selbständige Geschichte hinter sich, daher ist sein Name in geographischen und organisatorischen Begriffen noch lebendig, obwohl er seit



Abb. 1
Marschlandschaft im
Rheiderland. In der
Mitte das neue Schöpf-
werk Bunderneuland
am ausgebauten
Wymeerer Sieltief

einem Jahrhundert keine verwaltungsmäßige Bezeichnung mehr bedeutet. Als Verwaltungsbezirk ist Ostfriesland jetzt der Regierungsbezirk Aurich. Nicht nur im Volksmund, sondern auch in amtlichen Äußerungen ist aber weiter überwiegend von „Ostfriesland“ die Rede. Diese Bezeichnung wird auch in diesem Beitrag immer wieder angewendet werden. Zu den ostfriesischen Inseln pflegt im allgemeinen auch die am weitesten ostwärts gelegene Insel Wangerooge zu zählen, die aber zum Landkreis Friesland des niedersächsischen Verwaltungsbezirks Oldenburg gehört.

Ostfriesland ist ein ausgesprochenes Niederungsgebiet mit geringen Höhenunterschieden. Seine höchsten Erhebungen erreichen nur etwa NN + 18,5 m. Das MThw an der Nordseeküste und in der Mündungstrecke der Ems liegt zwischen NN + 1,0 m und + 1,4 m, das MTnw liegt zwischen NN - 1,6 m und - 0,7 m. Die höchsten Sturmfluten haben beinahe NN + 5,0 m erreicht und sind in der Emsmündung noch darüber aufgelaufen. Demgegenüber liegt die Marsch hinter den Deichen nur auf etwa NN + 1,5 m. Landeinwärts fällt das Gelände in der Marsch und in einigen flachen Flußtälern mit Niederungsböden noch weiter ab, stellenweise bis zu NN - 2,0 m. Erst der anschließende, von NW nach SO verlaufende Geestrücken und die Hochmoore steigen allmählich an. Der Übergang von der Marsch zur Geest ist in Ostfries-

land fast überall so flach, daß man ihn bei flüchtiger Durchfahrt nur an der Änderung der natürlichen oder von Menschenhand beeinflussten Vegetation wahrnimmt (Abb. 1). Auffällig ist auf der Geest der stärkere Bewuchs mit Bäumen und Büschen, besonders die Einfassung vieler Grundstücke durch Wallhecken.

B. Aufgaben der Wasserwirtschaft in Ostfriesland

Die Lage Ostfrieslands an der Nordsee zeigt zusammen mit den genannten Geländehöhen und Wasserständen, daß die wichtigste Aufgabe der Schutz des Landes gegen die Sturmfluten ist. Er ist Vorbedingung für alle wasserwirtschaftlichen Arbeiten. Der ganze Marschstreifen Ostfrieslands ist durch Deiche geschützt, da nirgends höhere Erhebungen von der Geest bis zur Küste vorstoßen. An der Ems ziehen sich die Deiche auf beiden Seiten stromauf bis über Grenzen Ostfrieslands hinaus. Ebenso sind der einzige offene Nebenfluß der Ems auf ostfriesischem Gebiet, die Leda, und die in sie einmündende Jümme über die Grenze des Bezirks bis weit in das oldenburgische Gebiet bedeiht.

Das Land hinter den Deichen kann nicht frei entwässert werden. Es ist auf Durchlässe in den Deichen, die Siele, angewiesen.

Das küstennahe Tiefland ist durch die natürliche Bodengestaltung kaum in festumgrenzte Niederschlagsgebiete gegliedert. Zwar suchen die kleinen Küstenflüsse je für sich den Weg zur Nordsee (Ems und Jade) und münden durch die Siele aus, aber die Stelle des Sieles ist nicht überall von der Natur für alle Zeiten festgelegt. Querverbindungen zwischen den Zubringern mehrerer Siele sind möglich und oft auch vorhanden. Die jeweilige Belastung des einen oder des anderen Vorflutweges hängt dann von verschiedenen Einflüssen ab, unter denen das Abflußvermögen der Außentiefe eine wichtige Rolle spielt. Die Lage der Entwässerungssysteme hat sich im Laufe der Zeit geändert und wird zu keiner Zeit als endgültig anzusehen sein. Noch in den letzten Jahrzehnten sind einige Siele fortgefallen, weil entweder ihre Außentiefe zu stark verlandet waren und sich nicht mehr offen halten ließen, so das Hilgenrieder Siel und das Neßmer Siel, oder weil sich die Entwässerung auf ein neueres und leistungsfähigeres Siel konzentriert hatte, wie es z. B. an der Ems für das Bentumer Siel und das Heisfelder Siel zutrifft, die in den letzten Jahren beseitigt worden sind.

C. Träger der wasserwirtschaftlichen Gemeinschaftsaufgaben

a. Deichachten und Sielachten

Die Sorge für die Deiche an der Nordsee und an den Tideflüssen liegt den Deichachten ob, alten Selbstverwaltungen, die sich in jahrhundertelanger Geschichte zu ihrer heutigen Gestalt entwickelt haben.

Bau und Unterhaltung der Siele und aller wichtigen, damit zusammenhängenden Entwässerungsanlagen sind ebenfalls Sache von Verbänden, den Sielachten und gleichgearteten Entwässerungsverbänden.

Deich- und Sielachten werden immer wieder genannt werden. Vorweg ist daher etwas über ihre rechtlichen Grundlagen und ihre Organisation zu sagen.

b. Gesetzliche Grundlagen und Organisation der Deich- und Sielachten

Die Deich- und Sielachten haben sich nach alten Rechtsgrundlagen in Ostfriesland selbständig entwickelt und sind daher im allgemeinen auf den Regierungsbezirk Aurich beschränkt, der aus dem ursprünglichen Fürstentum Ostfriesland — so auch noch zur Zeit seiner Zugehörigkeit zum Königreich Hannover genannt — entstanden ist. Erst nach dem II. Weltkrieg haben an einigen Stellen Verbandsgrenzen die Verwaltungsgrenzen überschritten (vgl. die Karten der Deichachten und Unterhaltungsverbände und des Leda-Jümme-Verbandes, Abb. 2 und 3).

In Ostfriesland galt die Deich- und Sielordnung für Ostfriesland vom 12. 6. 1853 ohne Einschränkung bis zum Inkrafttreten der Ersten Wasserverbandsverordnung vom 3. 9. 1937. Sie beruhte auf älteren, von den ostfriesischen Fürsten immer wieder neu erlassenen Ordnungen. Die Wasserverbandsverordnung von 1937 war dann für die Verfassung der alten bestehenden Verbände maßgebend, berührte aber das materielle Deich- und Sielrecht noch nicht. Erst das Niedersächsische Wassergesetz vom 7. 7. 1960 (im folgenden NWG genannt) setzte die Deich- und Sielordnung im ganzen außer Kraft, obwohl es noch keine Bestimmungen an die Stelle des alten Deichrechts zu setzen hatte. Das holte das Niedersächsische Deichgesetz vom 1. 3. 1963 (im folgenden NDG genannt) nach.

c. Jetzige Organisation der Deich- und Sielverbände und ihre Aufgaben

Die Änderungen, die das NDG gebracht hat, sind u. a. deshalb bemerkenswert, weil sie eine Ausdehnung des deichpflichtigen Gebiets ermöglicht haben. Über ein Jahrhundert lang war die Grenze der Deichpflicht für das geschützte Land durch die Deich- und Sielordnung für Ostfriesland auf 6 Fuß = 1,7 m über der gewöhnlichen täglichen Fluthöhe, umgerechnet auf i. M. NN + 3,1 m, festgelegt. Das NDG überträgt es der oberen Deichbehörde, die Grenze unter Berücksichtigung des „maßgebenden Sturmflutwasserstandes“ festzusetzen. Nach den Faktoren, die hierzu den heutigen Erkenntnissen entsprechend berücksichtigt werden müssen, hat daher der Regierungspräsident in Aurich die Höhengrenze auf NN + 5 m, örtlich je nach den topographischen Verhältnissen in geringem Maße davon abweichend, festgesetzt.

Das NWG bestimmt, daß die Gewässer II. Ordnung (Abkürzung: G.II.O.) von Unterhaltungsverbänden zu unterhalten sind und daß jeweils das ganze Niederschlagsgebiet zu diesen Unterhaltungsverbänden zu gehören hat. Da der Gesetzgeber besonders kleine Verbände vermeiden wollte, so wie auch umgekehrt sehr große Niederschlagsgebiete von Gewässern II. Ordnung auf mehrere Unterhaltungsverbände aufgeteilt worden sind, mußten in Ostfriesland verschiedentlich mehrere kleine, voneinander unabhängige Niederschlagsgebiete, deren Hauptvorfluter — die Sieltiefe — unmittelbar in ein offenes Tidegewässer münden, zu einem Unterhaltungsverband zusammengelegt werden. So entstand ein etwas uneinheitliches Bild der ostfriesischen Unterhaltungsverbände (Abb. 2).

In sich geschlossene Entwässerungsgebiete umfassen die Unterhaltungsverbände Muhder Sielacht, Entwässerungsverband Oldersum, I. Entwässerungsverband Emden, Entwässerungsverband Norden, Sielacht Dornum-Westeraccum, Sielacht Esens und Sielacht Wittmund.

Aus mehreren Verbänden, die in ihrer Entwässerung voneinander unabhängig sind, bestand bis vor kurzem der Unterhaltungsverband Nüttermoor-Neermoor, jetzt Unterhaltungsverband Moormerland, in den die bisherigen 3 Unterverbände verschmolzen sind. Ebenso wollen sich die 6 Sielachten zusammenschließen, die jetzt noch als Unterverbände des Unter-

haltungsverbandes Rheiderland eine gewisse Selbständigkeit haben. Aus 25 Unterverbänden und einem unmittelbar beitragspflichtigen Gebiet besteht der Unterhaltungsverband Altes Amt Stickhausen.

Der Entwässerungsverband Aurich liegt außerhalb des früheren Geltungsbereichs der Deich- und Sielordnung und ist daher nicht auf der Grundlage eines älteren Sielverbandes entstanden. Das Gebiet des Entwässerungsverbandes Friedeburg gehört, da seine Entwässerung zum Jadebusen gerichtet ist, jetzt zu dem oldenburgischen Unterhaltungsverband Dangaster Entwässerungsverband.

Auch die Aufgabenstellung ist in den Satzungen der Unterhaltungsverbände nicht gleichmäßig geregelt. Das NWG bestimmt, daß Gewässer II. O. und die in ihnen bestehenden Anlagen von den Unterhaltungsverbänden zu unterhalten und zu betreiben sind. Die alten Sielachten und Entwässerungsverbände erstrecken ihre Tätigkeit aber auch auf den Ausbau und die Verbesserung ihrer Anlagen, und zwar ohne einen Unterschied nach der gesetzlichen Ein-

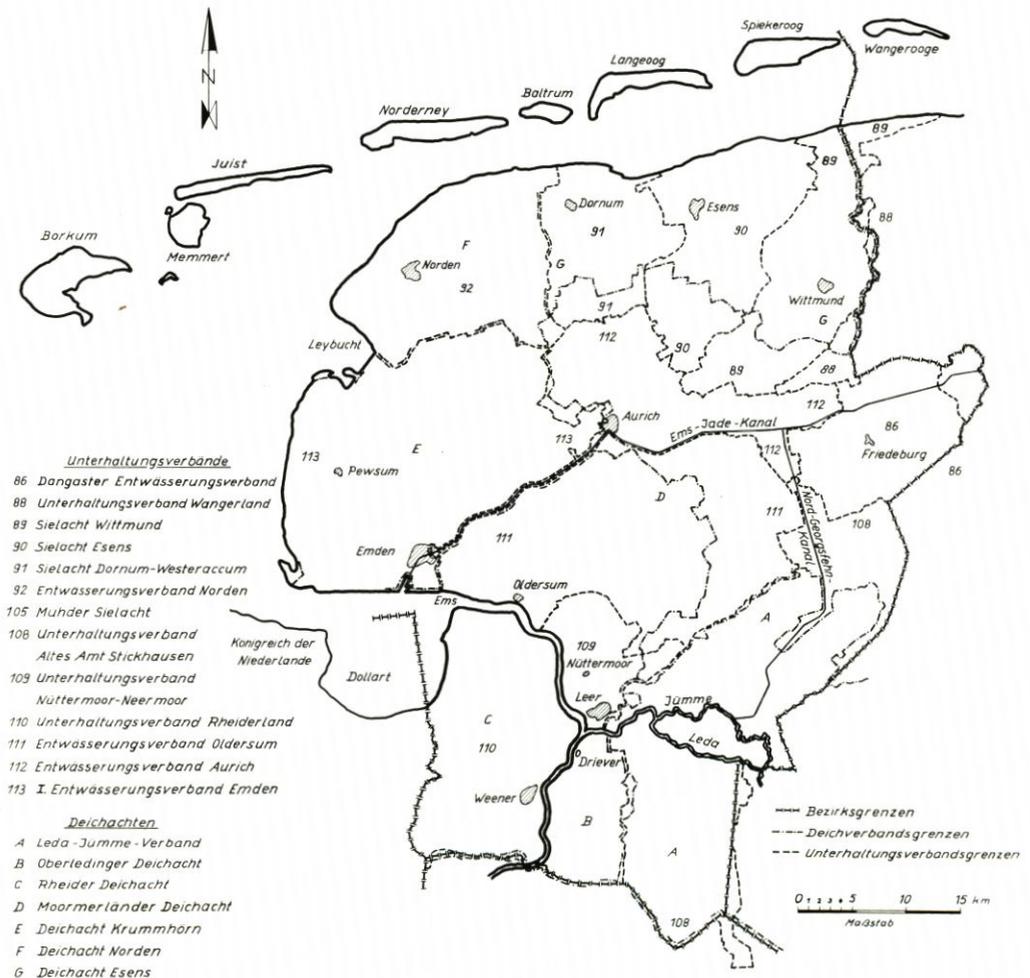


Abb. 2. Karte der Deichachten und Unterhaltungsverbände in Ostfriesland

stufung der Gewässer. Einige Unterhaltungsverbände haben diese weitergehenden Aufgaben durch freiwilligen Beschluß übernommen. Sie sind damit in jeder Beziehung an die Stelle der alten Verbände getreten. In anderen Unterhaltungsverbänden bestehen dagegen die alten Verbände weiter und haben die Aufgaben behalten, die nicht durch das Gesetz den Unterhaltungsverbänden zugewiesen worden sind. Für alle Verbände liegen hierin Möglichkeiten für eine weitere Entwicklung.

Leda - Jümme - Verband

Verbandsgebiet 75.400 ha

Niederschlagsgebiet 202.700 ha

Unterverbände des Leda - Jümme Verbandes:

A. Ostfriesischer Bezirk

1. Leerer-Osterhammricks Sielacht
2. Lager Sielacht
3. Nortmoor - Terwischer Sielacht
4. Holländer Sielacht
5. Filsumer Sielacht
6. Ammersumer Sielacht
7. Wa - u. Ba - V. Hollener Ehe
8. Wa - u. Ba - V. Südgeorgfehn
9. Wa - u. Ba - V. Detern - Bokel
10. Velder Sielacht
11. Pieper Sielacht
12. Barger Sielacht
13. Wa - u. Ba - V. Deterner Hamrlich u. Übertielland
14. Wa - u. Ba - V. Scharrel
15. Breinermoorer Sielacht
16. Schatteburger Sielacht
17. Halter Sielacht
18. Wa - u. Ba - V. Westrhauerfehn
19. Wa - u. Ba - V. Burlage - Langholt
20. Wa - u. Ba - V. Ostrhauerfehn
21. Wa - u. Ba - V. Haltermoor - Idofehn
22. Patshouser Sielacht

B. Oldenburger Bezirk

23. Ammerländer Wasseracht (teilweise)
24. Friesoyther Wasseracht (teilweise)

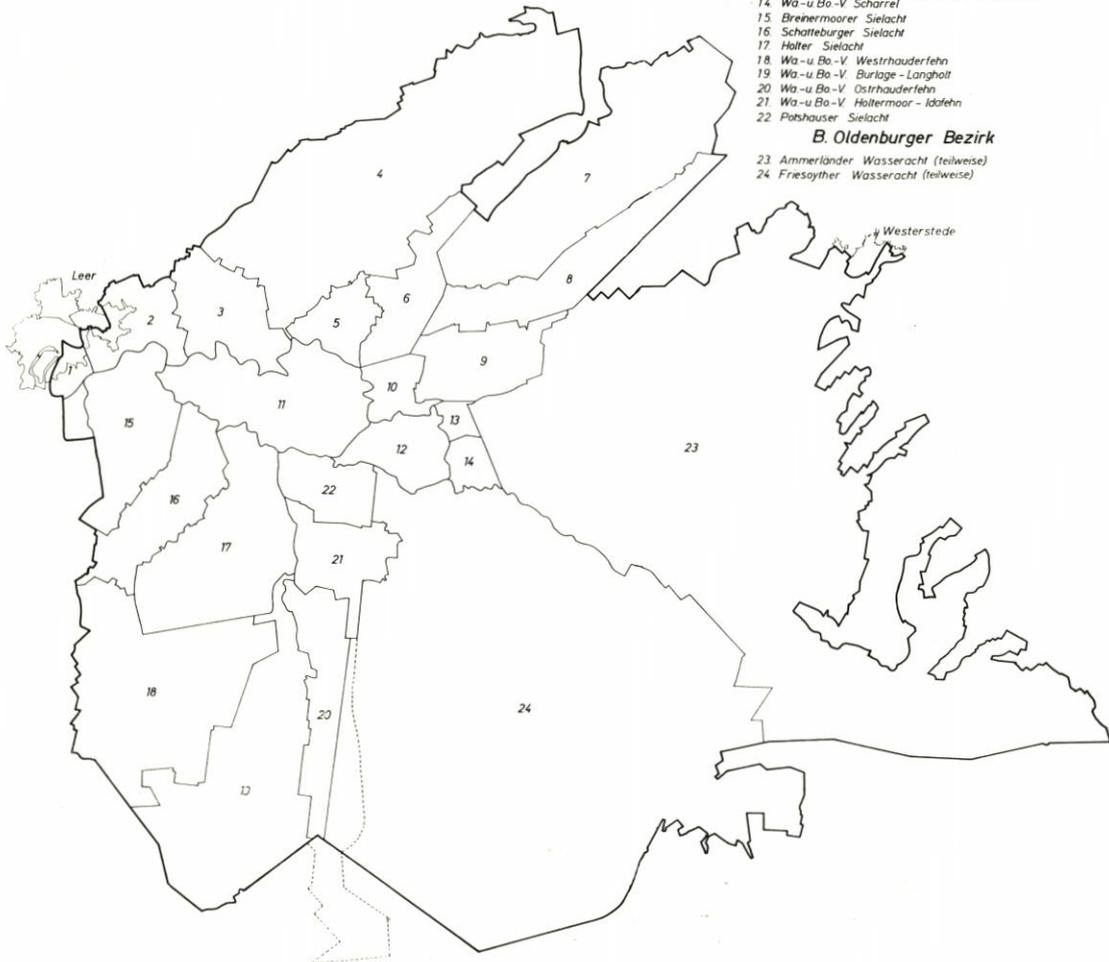


Abb. 3. Karte des Leda-Jümme-Verbandes

Eine besondere Stellung nehmen noch die Verbände im Leda-Jümme-Gebiet (Abb. 3) ein, wo zum großen Teil auf gleichem Gebiet 3 Verbände tätig sind: der Leda-Jümme-Verband selbst, seine Unterverbände und der Unterhaltungsverband Altes Amt Stickhausen. Die wichtigste eigene Aufgabe des Leda-Jümme-Verbandes ist der Hochwasserschutz, d. h. Bau und Unterhaltung der Hauptdeiche unterhalb des Leda-Sperrwerkes bei Leer und der Hochwasserdeiche oberhalb des Sperrwerks. Der Leda-Jümme-Verband führt außerdem für seine Unterverbände Entwässerungs- und Folgemaßnahmen aus. Die Unterverbände gehören zugleich auch dem Unterhaltungsverband an, dem die an den Gewässern II. O. anfallenden gesetzlichen Unterhaltungspflichten obliegen. Für den Rest ihrer früheren Aufgaben bestehen die Unterverbände weiter. Auch diese reichlich verwickelte Organisation dürfte die Möglichkeit späterer Reformen in sich tragen. Vorerst erschien sie aber zweckmäßig, um möglichst wenig Störungen in den Ablauf vieler Maßnahmen zu bringen, die im Leda-Jümme-Gebiet im Gange sind. Ein enges Zusammenarbeiten ist dadurch angestrebt worden, daß nach der Satzung des Unterhaltungsverbandes zu dessen Vorsteher möglichst der Vorsteher des Leda-Jümme-Verbandes gewählt werden soll und daß der Leda-Jümme-Verband seine Verwaltung auch dem Unterhaltungsverband zur Verfügung stellt.

D. Die besonderen wasserwirtschaftlichen Aufgaben Ostfrieslands

a. Aufgaben

Die eine Hauptaufgabe der Wasserwirtschaft in Ostfriesland ist der Küstenschutz. Dazu gehören Bau und Unterhaltung der Deiche und etwaiger dazu notwendiger Schutzwerke, auch die Erhaltung eines Vorlandes, soweit es vorhanden ist, gegebenenfalls die Schaffung eines Vorlandstreifens und nicht zuletzt auch die Erhaltung der der Küste vorgelagerten Inseln. Wichtige Teile dieser Aufgaben sind Sache des Landes Niedersachsen.

Die zweite Hauptaufgabe ist die Entwässerung des Landes hinter den Deichen.

Die Siedlungswasserwirtschaft hat natürlich auch in Ostfriesland große Bedeutung. Darauf soll in diesem Zusammenhang nicht eingegangen werden, weil keine besonderen Eigenheiten gegenüber dem Binnenland bestehen, es sei denn, daß, zunächst vielleicht für einige der ostfriesischen Inseln, an eine Entsalzung von Meerwasser gedacht würde. Dazu ist es bisher aber noch nicht gekommen. Eine Bewässerung könnte nur ausnahmsweise in extrem trockenen Jahren von Interesse sein. Sie spielt in dem feuchten Seeklima keine Rolle. Die Ausnutzung von Wasserkraften entfällt hier ganz.

b. Gegenstand dieses Beitrages

Über Deich- und Küstenschutz unterrichten besondere Beiträge dieser Reihe. Ebenso sind schon Einzelheiten der Entwässerung in einem Beitrag über neuere Siele und Schöpfwerke behandelt (*Die Küste* 18, S. 47—74). Im vorliegenden Aufsatz soll daher nur die Lage in einzelnen Entwässerungsgebieten in großen Zügen beschrieben werden. Dabei lassen sich besondere Schwerpunkte für die Wasserwirtschaft in Ostfriesland kaum angeben. Die gleichen Probleme sind im ganzen Gebiet gegeben. Ihre Lösung bietet allerdings unterschiedliche Schwierigkeiten.

Die Aufgaben haben sich im Laufe der Zeit verlagert. Lange beschränkten sich wasserwirtschaftliche Arbeiten in nennenswertem Umfange auf die küstennahe Marsch. Hier war der

wertvollste Boden vor den Schäden des Wassers aus beiden Richtungen zu bewahren, von See und von dem abfließenden Niederschlagswasser. Dann leitete die Erschließung der Hochmoore, die gegen Ende des 17. Jahrhunderts begann, eine weitere Entwicklung ein. Die Periode ist jetzt annähernd abgeschlossen. Unkultivierte Hochmoore sind kaum noch vorhanden. Die jetzt abgetorften Hochmoore haben durch die Eigenart ihrer Erschließung der Landschaft und der Nutzungsweise in ihrem Bereich ein besonderes Bild gegeben (Abb. 4). Ihr Wert für die Landwirtschaft hat im Zeitalter des Kunstdüngers und der Maschinenarbeit bedeutend zugenommen. Auch das wirtschaftliche Übergewicht der Marsch gegenüber der Geest ist längst überwunden.



Abb. 4
Alter Fehnkanal, die
Rajenwieke in
Westrhauerfehn

Mit der intensiveren Bewirtschaftung der beiden früher als landwirtschaftlich weniger wertvoll (Geest) oder geradezu geringwertig (Moor) geltenden Gebietsteile ist hier auch das Bedürfnis nach besserer wasserwirtschaftlicher Betreuung gestiegen.

Allgemein ist die Aufgabe, das Niederschlagswasser ohne Schäden abzuführen, immer dringender geworden. Die mit den früher beschränkten technischen Mitteln, wenn auch mit hohem handwerklichem Können gebauten Siele gewährleisteten fast ausnahmslos keine ausreichende Entwässerung mehr. Zeitweilige Überschwemmungen und zu hohe Grundwasserstände können nicht mehr in Kauf genommen werden. In immer größerem Ausmaß werden jetzt Schöpfwerke gebaut, die in einigen Fällen die Sielentwässerung voll ersetzen, sie mindestens aber weitgehend ergänzen müssen.

Die ersten Schöpfwerke entstanden, abgesehen von kleinen windgetriebenen Wassermühlen, um die Jahrhundertwende an der Ems und im Leda-Jümme-Gebiet, zunächst mit Dampftrieb. Einige von diesen haben noch bis nach dem II. Weltkrieg ihren Dienst getan.

An der Nordseeküste und an der unteren Ems bildete sich das Bedürfnis, die Entwässerung durch Schöpfwerke zu verbessern, erst später aus. Das erste große Schöpfwerk für den I. Entwässerungsverband Emden, der damals schon ein Einzugsgebiet von über 40 000 ha hatte, wurde 1929 gebaut. Bemerkenswert ist weiter das 1934—35 gebaute Schöpfwerk Moormerland des Entwässerungsverbandes Oldersum. Es fördert für ein Einzugsgebiet von 46 700 ha zwischen 12 m³/s auf 6,0 m Förderhöhe und 48 m³/s auf 0,5 m Förderhöhe. Nach 1930 bis zum II. Weltkriege entstanden mehrere Schöpfwerke bis zu 8 m³/s Förderstrom an der Ems

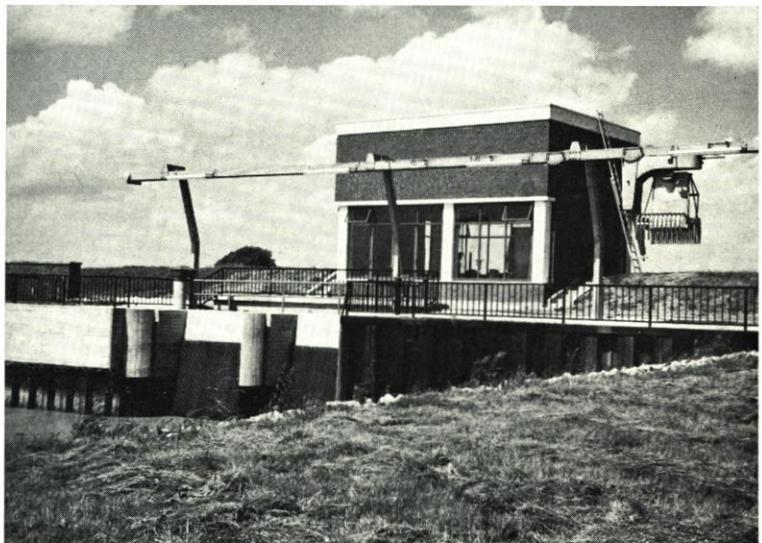
und im Leda-Jümme-Gebiet. Damals hielt man es für ausreichend, wenn auf MThw gepumpt werden konnte.

Während des II. Weltkrieges und danach waren größere wasserwirtschaftliche Arbeiten jahrelang ganz unterblieben. Auch in den ersten Jahren nach der Währungsreform standen nur bescheidene Beträge an öffentlichen Mitteln zur Verfügung. Etwa von 1950 an wurden aber im

Abb. 5
Altes Schöpfwerk
Buddenburg der Pieper
Sielacht an der Jümme
mit Ausmündung in
eine Druckkammer.
Erbaut etwa 1900 als
Dampfschöpfwerk.
Umgebaut 1928 auf
Dieselantrieb. Förder-
strom $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$, Förder-
höhe $1,5 \text{ m}$.
Abgebrochen 1966



Abb. 6
Neues Schöpfwerk
Buddenburg pumpt
unmittelbar in die
Jümme. 2 Pumpen:
Förderstrom $1,85 \text{ m}^3/\text{s}$
 $+ 0,80 \text{ m}^3/\text{s}$. Förder-
höhen $2,5 \text{ m}$ und $2,9 \text{ m}$.
Erbaut 1966



verstärkten Maße Schöpfwerke gefordert und gebaut. Die Landwirtschaft machte große Anstrengungen, ihre Betriebe zu intensivieren. Die neueren Schöpfwerke sollen — von außergewöhnlichen Katastrophenfällen abgesehen — jegliche Überschwemmung verhindern und darüber hinaus den Wasserstand nicht nur im Frühjahr frühzeitig absenken, um eine frühere Bewirtschaftung zu ermöglichen, sondern ihn das ganze Jahr hindurch niedrig halten, im Winter im allgemeinen etwa $0,2 \text{ m}$ tiefer als im Sommer und nach Möglichkeit so tief, daß sämtliche

ihrem Boden nach dränwürdigen Flächen auch gedränt werden können. Die Notwendigkeit, stärker zu intensivieren, führte dazu, daß die Sielachten und Entwässerungsverbände an der Küste, die früher nur für den höheren Marschstreifen am Deich eine genügende freie Entwässerung gehabt hatten, nunmehr auch für die niedriger gelegene alte Marsch und für die Niederungsmoorgebiete, die sogenannten Hammriche und Meeden, ausreichende Entwässerungsanlagen schaffen mußten. Viele vor etwa 30 Jahren erbaute Schöpfwerke leisteten hinsichtlich ihrer Förderströme und Förderhöhen jetzt nicht mehr genug. Die notwendigen größeren Neubauten wurden von Diesel- auf Elektroantrieb umgestellt. Die Entwicklung zeichnet sich in allen Teilen Ostfrieslands ab, wie die folgende Darstellung der wichtigsten Wasser- und Bodenverbände zeigt (Abb. 5 und 6).

E. Besondere wasserwirtschaftliche Maßnahmen

Es können hier nicht alle Leistungen auf wasserwirtschaftlichem Gebiet dargestellt werden. Als Beispiel sollen einige besondere bemerkenswerte Objekte ausführlicher beschrieben werden. Um einen anschaulichen Überblick über das ganze Gebiet zu geben, sind die folgenden Ausführungen auf die maßgebenden Wasser- und Bodenverbände bezogen, wobei Verbände mit auffallenden Besonderheiten ausführlicher behandelt werden sollen. Daraus darf nicht geschlossen werden, daß Verbesserungen für die anderen weniger wichtig wären.

a. Unterhaltungsverband Rheiderland und Sielachten im Rheiderland

1. Allgemeines

Ein wasserwirtschaftlich interessantes und schwieriges Gebiet ist das zwischen der Ems, dem Dollart und der niederländischen Grenze gelegene Rheiderland. Im Westen ziehen sich mehrere hintereinanderliegende Polder mehr als 8 km von der jetzigen Südgrenze des Dollarts aus ins Land hinein. Seitdem der Dollart seine größte Ausdehnung nach schweren Sturmfluten im 15. und zu Anfang des 16. Jahrhunderts erreicht hatte, sind diese Polder in verschiedenen Stadien der natürlichen Verlandung eingedeicht worden. Ihre Oberflächen liegen in verschiedenen Höhen und bieten z. T. erhebliche Schwierigkeiten für die Entwässerung. Im übrigen weisen sie wertvollen Kleiboden auf. Aus gutem Kleiboden besteht auch der Emsrand, der noch eine günstige Höhenlage für die Entwässerung hat. Dahinter liegt eine breite Niederung mit Niederungsmoorboden, der von der Ems her mit einer landeinwärts an Stärke abnehmenden und ganz auslaufenden Kleischicht überdeckt ist. Dort finden sich auch Stellen mit einer Höhenlage bis zu NN — 1,75 m, die zu den tiefsten Ostfrieslands gehören. Vom Süden her erstreckt sich eine schmale Geestzunge und Hochmoor — größtenteils abgetorft — in das Gebiet hinein (Abb. 7).

Das NWG hat das ganze Rheiderland — das ist das ostfriesische Gebiet links der Ems — zu einem Unterhaltungsverband zusammengefaßt. Jede der alten Sielachten bedarf jedoch einer gesonderten Behandlung ihrer Entwässerung.

2. Großsoltborger Sielacht

Ein Zusammenschluß mehrerer Sielachten zu einer größeren ist in der jetzigen Großsoltborger Sielacht schon etwa um 1930 vor sich gegangen, als die Entwässerung zusammengefaßt,

ein neues Schöpfwerk gebaut und einige kleine Siele beseitigt wurden, wodurch für die damalige Zeit beachtliche Fortschritte erreicht worden sind. Danach stockte der weitere Ausbau wieder, weil inzwischen andere Verbände berücksichtigt werden mußten, die noch weiter in der Entwicklung zurückgeblieben waren. Erst nach 1960 hat die Großsoltborger Sielacht mit Hilfe von Zuschüssen von Bund und Land zu ihrem 1934 erbauten Schöpfwerk mit 8 m³/s Förderstrom bei 3 m Förderhöhe und einem älteren mehrfach umgebauten Schöpfwerk, das 7 m³/s auf 1,5 m fördert, stromaufwärts bei Weener ein Mündungsschöpfwerk an der Ems mit 3,3 m³/s Förderstrom bei 3 m Förderhöhe und ein etwas kleineres Binnenschöpfwerk gebaut. Sie hat auch begonnen, ihre Vorfluter weiter auszubauen.

3. Kombinierte Wymeerer Sielacht

In einem besonderen Blickpunkt steht noch der am weitesten westlich gelegene Verband des Rheiderlandes, die Kombinierte Wymeerer Sielacht.

Der südliche Teil dieser Sielacht um die Orte Wymeer und Boen herum besteht aus tiefliegendem Niederungs- und teilweise aus Hochmoor. Die Entwässerung dieses Gebietes und der nördlich vorgelagerten Polder ging früher durch ein mit dem angrenzenden niederländischen Gebiet gemeinsames Außentief in den Dollart. Durch den Ausbau des Vorfluters und die Verlegung des Deiches und des niederländischen Sieles ging diese Entwässerung für die deutsche Seite verloren. Jetzt verlaufen längs der Grenze zwei Gewässer. Der Wasserspiegel des niederländischen Wasserlaufs liegt i. M. 1,5 m, zeitweise aber auch über 2,0 m höher als der des deutschen. Neue Pläne für eine Erweiterung und Begradigung des niederländischen Grenzgewässers, der Westerwoldschen Aa, bedingen auch eine streckenweise Verlegung des jetzt noch reichlich gewundenen deutschen Vorfluters, des Wymeerer Sieltiefs. In einen umfassenden Plan zur Verbesserung der Entwässerung in der Wymeerer Sielacht sind diese Änderungen mit einbezogen worden.

Nach dem Fortfall der Entwässerung zum Dollart war das Wymeerer Sieltief als Kanal durch fremdes Sielachtsgebiet bis zur Ems bei Pogum um 13,5 km verlängert worden. Das Pogumer Siel liegt fast 20 km vom Schwerpunkt der Sielacht entfernt. Nur zwei kleine Teilgebiete mit zusammen rd. 730 ha der ganzen, rd. 5600 ha großen Wymeerer Sielacht haben freie Vorflut in das Sieltief, der überwiegende Teil, der aus 3 getrennten Kluften besteht, ist wegen seiner tiefen Lage ausschließlich auf künstliche Entwässerung angewiesen. Die Entwässerung der 3 Schöpfwerksgebiete unterlag der Beschränkung, daß bei einem bestimmten Wasserstand im Sieltief das Pumpen eingestellt werden mußte, weil dessen Speicherraum nicht ausreichte und Gefahr für Überflutung anderer Ländereien bestand. Zur Abhilfe dieses Mißstandes ist an der Mündung in die Ems bei Pogum ein Schöpfwerk für 10 m³/s Förderstrom gebaut worden. Die Entwässerungsverhältnisse in den beiden größeren der 3 Teilschöpfgebiete mußten auch verbessert werden. Deshalb haben die Kluften Wymeer und Bunderneuland neue Schöpfwerke mit 7 m³/s und 1,8 m³/s Förderstrom erhalten, die in ihrer Leistung gegenüber den alten bedeutend gesteigert und an zweckmäßigere Stellen gelegt worden sind.

4. Ditzum-Bunder Sielacht und Coldeborger Sielacht

In zwei weiteren Sielachten im nördlichen Rheiderland liegen die Verhältnisse einfacher. Jedoch auch hier, in der Ditzum-Bunder Sielacht und in der Coldeborger Sielacht, genügte auf die Dauer die alte Entwässerung nur durch die Siele nicht. Die Ditzum-Bunder Sielacht hat

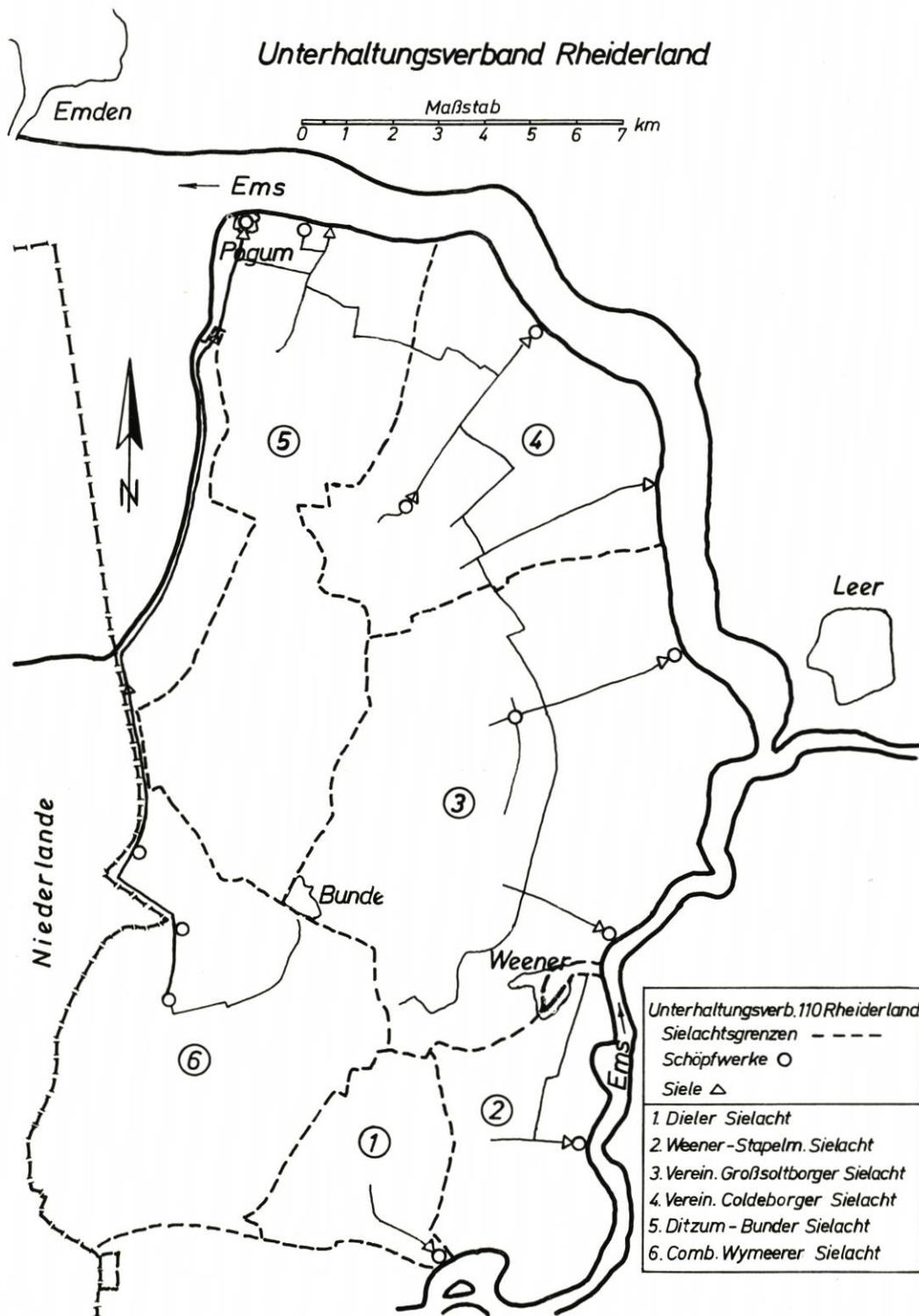


Abb. 7. Karte des Unterhaltungsverbandes Rheiderland

1954 ein Schöpfwerk für i. M. 8 m³/s, die Coldeborger 1950 eins für i. M. 6 m³/s gebaut. Für das Schöpfwerk Coldeborg war unter den Schwierigkeiten kurz vor dem Kriege und in dem Bestreben, möglichst sparsam zu bauen, nur eine Pumpe vorgesehen und schon 1939 bestellt worden. Wenn diese Pumpe einmal ausfällt, ist für die künstliche Entwässerung keine Reserve vorhanden. Die Sielacht bemüht sich, diese Unsicherheit durch Einbau einer zweiten Pumpe oder den Bau eines zweiten Schöpfwerkes zu beheben.

5. Weener-Stapelmoorer-Süderhammricks Sielacht

Im südlichen Rheiderland ist die Weener-Stapelmoorer-Süderhammricks Sielacht mit einem Schöpfwerk für 3,8 m³/s ausgestattet, das 1956/57 an die Stelle eines kleineren, nahezu sechs Jahrzehnte alten Dampfschöpfwerkes, eines der ersten im ganzen Bezirk, getreten ist. Die Sielacht hat außerdem ihre Vorfluter ausgebaut.

6. Dieler Sielacht

Weit im Rückstand ist noch die nach Süden anschließende Dieler Sielacht. In ihrem Bereich sind die Wasserstände der Ems schon weitgehend vom Oberwasser beeinflusst. Obwohl der normale Tidehub noch etwa 1,7 m beträgt, kann ein starker Oberwasserzufluß die Wasserstände hier schon für längere Zeit erhöhen. Hier sind also die Möglichkeiten, durch das Siel in die Ems zu entwässern, häufig lange gestört. Ein Schöpfwerk war notwendig und ist 1963 gebaut worden. Es fehlen aber noch dringliche Arbeiten zum Anschluß und zur Erweiterung des Entwässerungsnetzes.

b. Muhder Sielacht

Die Muhder Sielacht liegt rechts der Ems zwischen der südlichen Bezirksgrenze und der unteren Leda. Sie zieht sich von der hohen Flußmarsch über die überschlickte und durchschlickte Moormarsch und reines Niedermoor bis zur Geest und ins Hochmoor hinauf, zeigt also ziemlich alle in Ostfriesland vorkommenden Bodenarten. Als Unterhaltungsverband ist die Muhder Sielacht durch das NWG in ihrem alten Bestand bestätigt, nur auf höher gelegenes Gebiet erweitert worden. Die Entwicklung der Entwässerungsverhältnisse in dieser Sielacht zeigt deutlich das dauernde Bestreben, den wachsenden Ansprüchen nachzukommen. Ursprünglich gab es nur die natürliche Entwässerung durch mehrere Siele. Die Niederung zwischen dem hohen Emsrand und der Geest war im Winter weithin überschwemmt, sowohl wegen des mangelhaften Abflusses bei hohen Außenwasserständen in der Ems als auch durch das „Sperrn“ der Siele, d. h. Festsetzen der geöffneten Sieltore, so daß die Fluten einströmen konnten. Oberhalb der Brackwassergrenze wollte man dadurch die düngende Wirkung des Schlicks ausnutzen und außerdem das Land allmählich aufhöhen. Das Flutwasser sollte seinen Schlickgehalt auf den überschwemmten Flächen absetzen. Da das Sperrn für die Siele nicht ungefährlich war, mußte es in jedem Einzelfalle von der Deichaufsicht besonders genehmigt werden. Das Wasser sollte auch nach wenigen Tagen wieder abgelassen werden. Ein plötzlicher Wetterumschlag konnte das aber unmöglich machen. Außerdem wurde die nötige Sorgfalt oft aus der Ansicht heraus vernachlässigt, im Winter würde das Land ja doch überflutet werden. Es hat insbesondere die Landbauaußenstelle Leer viel Mühe gekostet, die Landwirte davon zu überzeugen, daß der gewonnene Schlick doch nur einem sehr begrenzten Teil der Flächen

zugute kam und daß die Nachteile für die überstauten Flächen im ganzen weitaus größer waren als der Nutzen.

1934 wurde in der Muhder Sielacht das erste Schöpfwerk bei Mark mit einem Förderstrom von 6 m³/s gebaut, 1938 das zweite bei Kloster Muhde mit ebenfalls 6 m³/s. Aber immer noch ließ die Entwässerung zu wünschen übrig, so daß 1961 ein drittes Schöpfwerk mit gleichem Förderstrom, aber für wesentlich größere Förderhöhen bei Coldemüntje in Betrieb genommen wurde. Die Überschwemmungen können nun verhütet werden. Die Voraussetzungen für gründliche Meliorationen sind geschaffen, sie sind in Teilgebieten der Sielacht im Zusammenhang mit Flurbereinigungen schon weitgehend im Gange.

c. Leda-Jümme-Verband und Unterhaltungsverband Altes Amt Stickhausen

Im Leda-Jümme-Verband wird die Abhängigkeit der Entwässerung und der Melioration vom Hochwasserschutz besonders deutlich.

1936 wurde an der Leda eine Erhöhung und Verstärkung der Deiche begonnen. Die Deiche waren damals so unzulänglich, daß in jedem Winter Überflutungen selbstverständlich waren (Abb. 8). Um diese Überströmungen, bei denen auch Deichbrüche nicht selten waren,



Abb. 8
Sturmflut an der
Jümme vor dem
Bestehen des
Ledasperrwerks

einigermaßen zu lenken, hatten die Deichachten an bestimmten Stellen Überlaufstrecken mit flacher Binnenböschung angelegt. Im übrigen aber versuchte jede Deichacht, ihren Deich möglichst lange vor Überströmung zu bewahren, und je nach Leistungsfähigkeit und Rührigkeit der Deichachten und einzelner Unterhaltungspflichtiger entstanden Deichstrecken unterschiedlicher Höhen. Im Leda-Jümme-Gebiet gab es bis zum Beginn des Ausbaues eine große Anzahl kleiner Deichachten, von denen die meisten nur kurze Deichstrecken zu betreuen hatten.

Die Unterhaltung der Deiche war auf die sogenannten Pfandpflichtigen, meistens Anlieger, in einzelnen oft sehr kurzen Deichpfändern verteilt. Mit der Pfandpflicht war im allgemeinen ein Nutzungsrecht verbunden. Es gab aber auch einseitige Nutzungsrechte, die abgelöst werden

mußten, um Nutzungsrecht und Unterhaltungslast („Lust und Last“) durchweg in die Hand der Deichacht zu bekommen. Außerdem mußten die Deichachten zu größeren, leistungsfähigeren Verbänden zusammengeschlossen werden. Überschwemmungen des Niederschlagsgebietes wurden wie an der Ems auch hier häufig absichtlich dadurch eingeleitet, daß in Zeiten, in denen die Tidegewässer besonders große Mengen Schlick führten, „die Siele gesperrt“ wurden.

Während an Leda und Jümme schon der Bau wintersturmluftfreier Deiche im Gange war, führten Überlegungen bei der preußischen und der oldenburgischen Wasserwirtschaftsverwaltung und Modellversuche bei der Versuchsanstalt für Wasser-, Erd- und Schiffbau in Berlin zu einer grundsätzlichen Umstellung des Planes. Nunmehr sollte die Leda durch ein Sperrwerk gegen Sturmfluten abgeschlossen werden, das normale Fluten einlaufen lassen sollte. Da die Leda Reichswasserstraße war, legte die Reichswasserstraßenverwaltung Wert darauf, dieses Sperrwerk zu bauen und zu betreiben. Der II. Weltkrieg verzögerte das Vorhaben über ein Jahrzehnt. Danach wurde das Sperrwerk von der Bundeswasserstraßenverwaltung gebaut und 1954 in Betrieb genommen (vgl. *Die Küste* 14, Heft 2, 1966). Im Schutze des Sperrwerkes konnten die Deiche an Leda und Jümme und einigen offenen Nebenflüssen sowie an dem verzweigten Netz ihrer im Verwaltungsbezirk Oldenburg liegenden Zuflüsse ausgebaut werden. Dieser Ausbau blieb immer noch nötig, weil das aus dem rd. 2000 km² großen Niederschlagsgebiet zufließende Wasser in Sperrzeiten gespeichert werden muß, nur brauchten die Deiche nicht so hoch zu werden, wie es für volle Sturmflutsicherheit ohne Sperrwerk nötig gewesen wäre. Zur Ergänzung des Stauraumes ist noch ein 130 ha großer Entlastungspolder dicht oberhalb des Sperrwerkes eingedeicht worden, der während der Vegetationszeit nicht in Anspruch genommen zu werden braucht und daher mit verhältnismäßig geringen Beschränkungen landwirtschaftlich genutzt wird. Er speichert rd. 3 Mio m³, die wieder abgelassen werden, sobald das fallende Außenwasser es zuläßt. Einstaummöglichkeiten von geringerer Bedeutung bieten kleinere Polder und offene Vorländer an den zahlreichen Gewässern des Gebiets.

Die Voraussetzung für gründliche Meliorationen im ganzen Gebiet ist damit gegeben.

Die ersten Deichbauten hat der Preußische Staat für die Deichachten ausgeführt, deren Zahl damals durch Zusammenschlüsse zunächst schon auf drei reduziert war. Träger einzelner Meliorationen, z. B. des Baues von Schöpfwerken und des Ausbaues von Vorflutern, war jede Sielacht für sich. Die Entwürfe, die einschließlich eines Finanzierungsplanes von 1941 von der Wasserwirtschaftsverwaltung aufgestellt wurden, enthielten außer den eingehend ausgearbeiteten Teilen für den Hochwasserschutz in großen Zügen auch die Verbesserung der Entwässerung sowie wasserwirtschaftliche und landwirtschaftliche Folgeeinrichtungen, darunter auch Wegebauten. Um alle diese Einzelheiten koordinieren, einheitlich finanzieren und planmäßig ausführen zu können, erschien es nötig, einen Gesamtträger einzusetzen. Zu diesem Zweck wurde 1948 der Leda-Jümme-Verband gegründet. Seine Mitglieder sind Wasser- und Bodenverbände. Er hat in Ostfriesland 22 Unterverbände mit zusammen rd. 35 000 ha Fläche, im Verwaltungsbezirk Oldenburg 2 größere Unterverbände, und zwar Teile der Ammerländer und der Friesoyther Wasseracht mit zusammen rd. 40 000 ha Fläche. Sein Sitz ist Leer, seine Aufsichtsbehörde der Regierungspräsident Aurich (Abb.3).

Neben der Verpflichtung, den Hochwasserschutz sicherzustellen, hat der Leda-Jümme-Verband für seine Unterverbände die sehr umfangreiche Aufgabe, durch Entwässerung und die im Plan vorgesehenen Folgeeinrichtungen die Struktur für die Landwirtschaft gründlich zu verbessern.

Die 22 Unterverbände des ostfriesischen Teiles, von denen hier allein die Rede sein soll, haben alle das gleiche Interesse, möglichst bald in den Genuß der wasserwirtschaftlichen und landwirtschaftlichen Verbesserungen zu kommen, durch die sich ihre Aufwendungen für den Hochwasserschutz erst bezahlt machen sollen. Es ist während des jetzt über 20jährigen Beste-

hens des Verbandes nicht leicht gewesen, den berechtigten Wünschen von allen Seiten so weit nachzukommen, daß nicht der eine oder der andere Unterverband sich vernachlässigt fühlen konnte. Die jährlich vorhandenen Baumittel reichten niemals aus, um in allen Verbänden gleichzeitig mit demselben Erfolg zu arbeiten. Selbstverständlich wäre ein gleichzeitiges Bauen an allen Stellen auch über die Kräfte der betreuenden Dienststellen — der Außenstelle Leer des Wasserwirtschaftsamtes Aurich und für den oldenburgischen Verbandsteil des Wasserwirtschaftsamtes Cloppenburg — und der Bauwirtschaft gegangen. Die Verbandsleitung konnte aber den Mitgliedern immer wieder klarmachen, daß kein Unterverband willkürlich zurückgestellt würde, und ihnen die Überzeugung geben, daß das jeweilige Bauprogramm unparteiisch und nach bestem Können aufgestellt würde. Nicht zuletzt ist das dem Ansehen und der unparteiischen Amtsführung des ersten Oberdeichrichters zu verdanken, der dem Leda-Jümme-Verband nach mehrmaliger Wiederwahl seit seiner Gründung fast 20 Jahre lang vorgestanden hat.

Die Baumittel konnten in den einzelnen Jahren schon deshalb nicht gleichmäßig verteilt werden, weil in mehreren Unterverbänden Flurbereinigungen eingeleitet wurden, die in engstem Zusammenhange mit den wasserwirtschaftlichen Arbeiten in einem Zuge durchgeführt werden müssen. Dadurch wird die Hauptmasse der Mittel für einige Jahre an bestimmten Schwerpunkten festgelegt. Für den Erfolg der Meliorationen in den Flurbereinigungsgebieten ist dieses Vorgehen von Vorteil. Es sind dadurch, daß nicht nur die Hauptentwässerung, sondern auch die weiteren Verbesserungen einschl. der Dränungen, Wegebauten und landwirtschaftlichen Folgeeinrichtungen ausgeführt worden sind, einige Musterbeispiele gelungener totaler Meliorationen entstanden, bei denen die Flurbereinigung auch zu einigen Aussiedlungen und Neusiedlungen geführt hat. Zu nennen sind hier die Filsumer Sielacht, die Barger Sielacht, die Potshauser Sielacht, ein Teil der Pieper Sielacht, die Breinermoorer Sielacht und die Nortmoorer-Terwischer Sielacht. Diese Sielachten haben anstelle alter Schöpfwerke, deren Förderströme und Förderhöhen unzureichend waren, neue und z. T. noch zusätzliche Schöpfwerke erhalten. Die Gewässernetze sind ausgebaut worden; diese Arbeiten sind z. T. noch im Gange.

Nach Möglichkeit sind trotzdem auch noch die Verbände bedacht worden, in denen keine Flurbereinigung durchgeführt wurde. Neue Schöpfwerke haben die Holter, die Velder und die Ammersumer Sielacht sowie die Wasser- und Bodenverbände Scharrel, Südgeorgsfehn, Hollener Ehe, Detern-Bokel (der auch oldenburgisches Gebiet mit erfaßt) und Holtermoor-Idafehn bekommen. Kennzeichnend für die Lage ist, daß ohne eine künstliche Entwässerung nur der kleinste der Unterverbände, die nur 128 ha große Leerer Osterhammricks Sielacht, auskommt. Ihr Siel liegt unterhalb des Sperrwerks in der Nähe der Leda-Mündung in die Ems, wo das Tnw noch verhältnismäßig tief abfällt; lediglich ein neues Siel und der Ausbau der Entwässerungszüge waren hier notwendig, damit Folgeeinrichtungen, besonders Dränungen, ausgeführt werden konnten.

Besondere Sorge machen dem Verbands und den Behörden noch die Unterverbände im Süden des Gebietes, die Wasser aus benachbarten, nicht zum Leda-Jümme-Verband gehörenden Obergebieten aufnehmen müssen. Eine gewisse Entlastung bietet dort der Küstenkanal, jedoch bisher nicht in solchem Maße, daß der Andrang aus für größere Abflußpenden ausgebauten Zuflußbringern ausgeglichen würde.

Ein Zufluß des Küstenkanals, die Soeste, wird im Oberlauf in der Thülsfelder Talsperre angestaut, um ihn für die Speisung des Kanals gleichmäßiger ablassen zu können. Als Hochwassersperre für das Leda-Jümme-Gebiet reicht diese kleine, nur ein kleines Teilgebiet erfassende Sperre nicht. Ein Entwurf für eine bessere Ausnutzung der Talsperre und ein neuer Wasserwirtschaftsplan für den Küstenkanal sind in Arbeit, übrigens auch ein Entwurf für eine bessere Ausnutzung des Zwischenahner Meeres als Hochwasserrückhaltebecken. Da alle diese

Anlagen aber außerhalb des Leda-Jümme-Verbandes liegen, werden sich solche Pläne nicht ohne langwierige Verhandlungen verwirklichen lassen.

Betroffen ist durch das von oberhalb des Küstenkanals zufließende Hochwasser vor allem der Wasser- und Bodenverband Burlage-Langholt. Das Land Niedersachsen hat in Anerkennung dieser Schwierigkeiten die Unterhaltung des dortigen Hauptvorfluters, des Burlage-Langholter Tiefs, übernommen (Abb. 9).

d. Moormerländer Sielacht

Der Unterhaltungsverband Moormerländer Sielacht rechts der Ems, nördlich der Leda-Mündung hat im Herbst 1969 die Funktion seiner bisherigen 3 Unterverbände übernommen, die dadurch aufgelöst werden konnten, so daß jetzt ein Einheitsverband von rd. 6900 ha besteht.

Die Geschichte dieses Verbandes zeigt, wie erst allmählich die Widerstände gegen den Zusammenschluß kleinerer Entwässerungsgebiete überwunden werden konnten.

Noch 1951 bestanden 5 einzelne Sielachten, von denen sich drei zur Vereinigten Nüttermoorer Sielacht zusammenschlossen. Diese neue größere Sielacht erfaßte gleichzeitig ein Obergebiet, das über der gesetzlichen Höhengrenze nach der damals in dieser Beziehung noch geltenden Deich- und Sielordnung von 1853 lag. Die neue Organisation beruhte auf freiwilligen Beschlüssen der Beteiligten aus der Erkenntnis heraus, daß die Interessen der drei Sielachten völlig gleich lagen, daß sich die Entwässerung zusammenfassen und durch ein gemeinsames Schöpfwerk wirtschaftlicher gestalten ließ und daß das Obergebiet ebenfalls einer besseren Entwässerung bedurfte. Das i. M. 9 m³/s fördernde Schöpfwerk wurde 1954 fertiggestellt. Vorfluterausbauten und Folgeeinrichtungen sind aber noch nicht in genügendem Maße ausgeführt.

Ein zweites Teilgebiet des Unterhaltungsverbandes, die damalige Neermoor-Terborger Sielacht, hat 1960 ein Schöpfwerk für 4,3 m³/s in Betrieb genommen. Das Vorfluternetz ist verstärkt und ein Unterschöpfwerk gebaut worden, und dadurch, daß in diesem Gebiet eine Flurbereinigung durchgeführt worden ist, sind auch die Folgeeinrichtungen weit fortgeschritten.

Der dritte Teil, die frühere Veenhuser Sielacht, ist bisher noch bei der herkömmlichen Entwässerung durch ein Siel stehengeblieben. Auch hier muß an Verbesserungen gedacht werden, die jetzt durch den Einheitsverband stärker gefördert werden können.

e. Entwässerungsverband Oldersum

Das Gebiet des jetzigen Entwässerungsverbandes Oldersum entwässert seit dem Bau des Ems-Jade-Kanals in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts allein durch die beiden Siele der früheren Oldersumer und Petkumer Sielacht und seit 1935 zusätzlich durch das schon erwähnte Großschöpfwerk in Oldersum. Dadurch, daß kleine Obergebiete durch den Kanal abgeschnitten wurden und hinfür in diesen entwässerten, wurde der Verlust eines Sieles in Emden praktisch ausgeglichen, vor allem wurde die Gebietsentwässerung von jedem Sielstau im Interesse des Emdener Hafens entflochten und blieb es auf Dauer.

Jedoch erwies es sich als äußerst verhängnisvoll, daß bei der Planung des Ems-Jade-Kanals vor einem Jahrhundert die größere Oldersumer Sielacht, durch die der weit überwiegende Teil des rd. 250 km² Obergebietes entwässerte, den Bau eines Randkanals ablehnte. Dieser sollte die Abflüsse der meisten Obergebietsflächen dem Ems-Jade-Kanal zuleiten. Bei der Abtorfung und Kultivierung der Hochmoore um Wiesmoor wurde besonders in der

Leda-Jümme-Gebiet

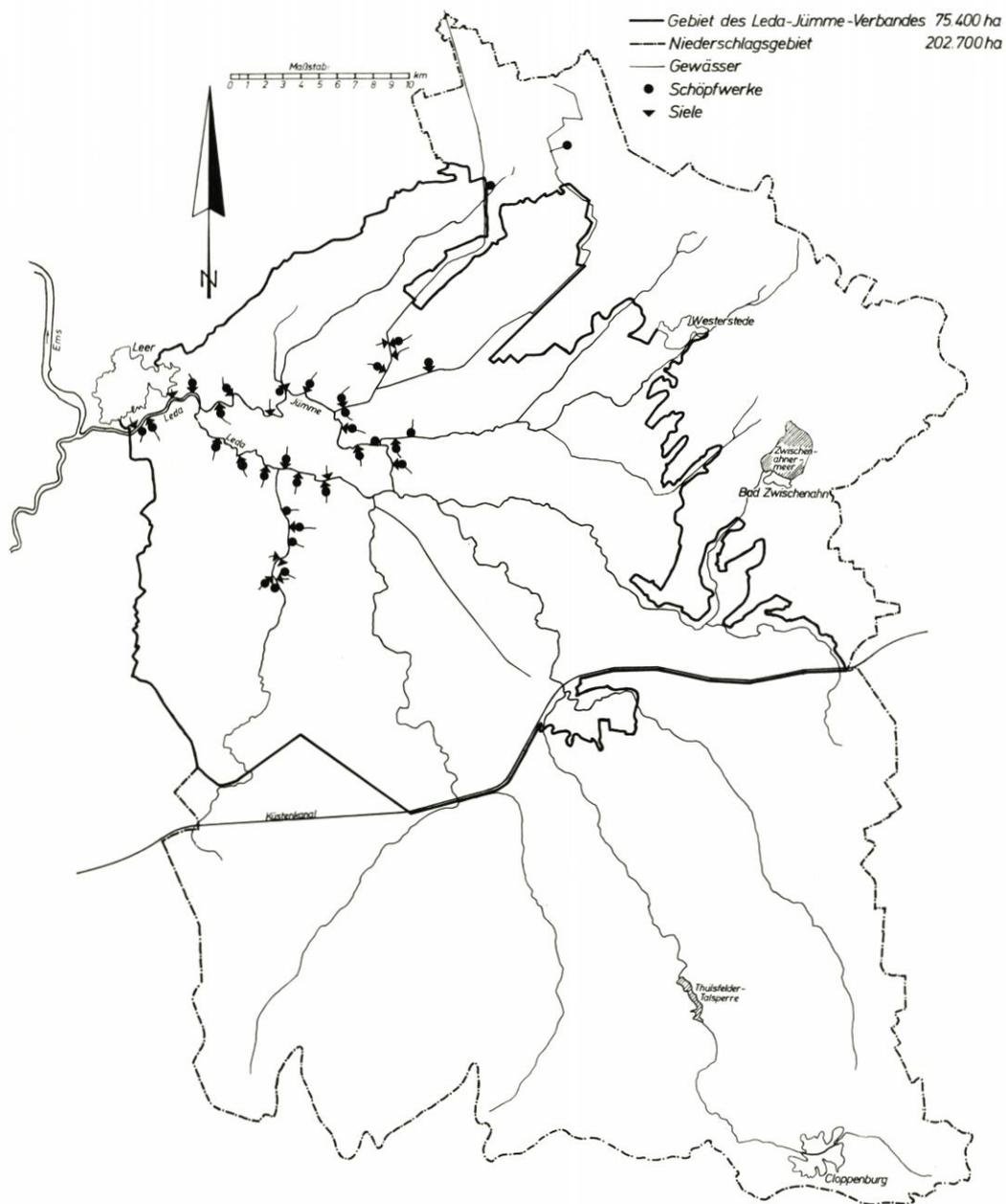


Abb. 9. Karte des Leda-Jümme-Gebiets

1. Hälfte dieses 20. Jahrhunderts das Gebiet durch allmählichen Ausbau der Gewässer wasserwirtschaftlich aufgeschlossen. Dadurch trafen die immer spitzer werdenden, schneller von Moor und Geest abfließenden Hochwasserwellen praktisch gleichzeitig mit denen aus dem alten, nur 214 km² großen früheren beitragspflichtigen Sielachtsgebiet zusammen. Langandauernde Überschwemmungen waren in den nur ein paar Dezimeter über dem normalen Binnenstau — NN — 0,96 m — liegenden Niederungen unvermeidbar. Betroffen wurden davon rd. 100 km², die nicht oder nur unzureichend durch Unterschöpfwerke entwässerten. In den sielfernerer Niederungen konnten die Überschwemmungen auch durch die Schöpfwerksentwässerung in Oldersum nur verkürzt, nicht aber unmöglich gemacht werden.

So griff man schon zwischen den beiden Weltkriegen den seinerzeit verworfenen Plan, die Abflüsse aus dem Obergebiet den Niederungen fernzuhalten, wieder auf; nunmehr waren sie allerdings zur Ems statt zum Ems-Jade-Kanal abzuleiten. Die ersten Pläne, nach denen der für ein geringeres Hq ausgelegte Randkanal, soweit irgend möglich, im Zuge auszubauender Fehnkanäle verlaufen sollte, wurden nach dem II. Weltkriege — 1955 — den stark gewachsenen landwirtschaftlich-wasserwirtschaftlichen Ansprüchen entsprechend für Hq = 100 l/s.km² umgearbeitet, die Trasse mußte durchweg außerhalb der Fehnkanäle verlegt werden.

Da jeder Abschlag ins Untergebiet — von Katastrophenfällen abgesehen — als unerwünscht anzusehen ist, wurde 1964 während des 1. Planfeststellungsverfahrens dem Bau endgültig eine Abflußspende von HHq = 150 l/s.km² zugrunde gelegt. Nach Vergleichsentwürfen wurde es für technisch zweckmäßiger und wirtschaftlich vorteilhafter gehalten, statt eines nur im Verbandsgebiet liegenden, bei Oldersum mündenden, auf langen Strecken hoch einzuzeichnenden Gewässers die Kreuzung der Moormerländer Sielacht in Kauf zu nehmen und die von rd. 200 km² abgefangenen Abflüsse der Ems oberhalb Terborg zuzuleiten.

Obschon der Binnenpeil zwischen HHBiW = NN + 0,70 m und NN ± 0,0 m — bei HHQ — bzw. abfallend je nach Zufluß bis auf NBiW = NN — 1,00 m — bei MQ — und damit bei HHQ rd. 2,1 bis 1,4 m über MTnw = NN — 1,4 m liegt, mußte an der Mündung des Randkanals in die Ems für die Fälle mehr oder auch weniger überhöhter Emswasserstände neben dem Siel ein Schöpfwerk vorgesehen werden. Es soll HHq = 150 l/s.km² auf MThw + 2,0 m = NN + 3,4 m und 2/3 HHq = 100 l/s.km² auf MThw + 3,0 m = NN + 4,4 m fördern. Da mit dem Extremfall von gleichzeitigem Binnenzufluß HHQ und HHThw in der Ems kaum zu rechnen ist (vgl. KRAMER in *Die Küste* 18, Seite 50), wird aus dem Kanal ins Niederungsgebiet nur bei Stromausfall Wasser abzuschlagen sein. Trotz theoretisch möglichen stärkeren Sielausstroms sind auch der Sauteler Kanal und seine Kreuzungsbauwerke nur für 150 l/s.km² bemessen. Bei tief abfallender Ebbe — also z. B. bei normalen Tiden — ist der Abfluß zu drosseln, z. B. bei HHQ auf NN ± 0,0 m, sobald das BiW auf diesen Stand abgesenkt ist, um bei den z. T. leicht beweglichen Böden, in die Sohle und Böschungen eingeschnitten sind, nicht die kritischen Schleppspannungen zu überschreiten. Ein stärkerer Ausbau mit dem Zweck, in seltenen Fällen größere Abflußmengen im Sielzug ausströmen zu lassen, würde Baukosten erfordern, die in keinem vernünftigen Verhältnis zu dem geringen Strombedarf stehen, der zusätzlich in dem ohnehin und trotzdem notwendigen Schöpfwerk entsteht. Dazu ist zu bemerken, daß bei mittleren Tiden bis zu Hq = 80 l/s.km² sich im Sielzug abführen lassen, da der Speicherraum im Gewässerbett während der Sielschlußzeit ausreicht. Sielzugzeit ist dann etwa gleich der Sielschlußzeit.

Durch den Randkanal wird das Einzugsgebiet des Schöpfwerkes Oldersum von 467 km² auf rd. 270 km² verkleinert. Es kann im Mittel bei MThw statt bisher 67 l/s.km² 117 l/s.km² fördern. Vor allem — und das ist das Wesentlichste — geht das Gesamtgefälle vom Randkanal bis Oldersum auf ein Drittel des jetzigen zurück. Ohne Bedenken, daß die übrigen Niederungen geschädigt werden, werden sich außer den für 50 km² in den letzten Jahren schon gebauten

Tiefgebietsschöpfwerken weitere für alle bei dem Binnenpeil von rd. NN — 1,0 m nicht ausreichend entwässerten Gebiete bauen lassen. Dann ist für diesen größten ostfriesischen Verband das Ziel erreicht, das Wasser, abgesehen von nicht ausschaltbaren Katastrophenfällen, jederzeit beherrschen zu können.

Ein nennenswerter Teilerfolg wird leider erst nach vieljähriger, rd. $\frac{2}{3}$ der Gesamtkosten erfordernder Bauzeit erreicht werden, wenn 1971/72 mehr als die halbe Gewässerstrecke bis zum Bagbander Tief gebaut ist.

Bemerkenswert ist noch, daß in einem dazu 1953 besonders gegründeten Unterverband mehr als 20 km² nur sehr extensiv bewirtschafteter Niederungen zwischen Fehntjer Tief, Ems-Jade-Kanal und der Landesstraße Aurich-Oldersum in der 2. Hälfte dieses Jahrhunderts mit dem im Emden Hafen Jahr für Jahr zu baggernden Schlick überspült und im Mittel mit einer 1 m mächtigen Schicht fruchtbaren Bodens bedeckt werden. Durch eine Flurbereinigung mit planmäßigem neuen Gewässer- und Wegenetz wird erreicht, daß die aufgespülten Flächen hinfort intensiv genutzt werden können.

f. I. Entwässerungsverband Emden

Das „Auf und Ab“, d. h. die wechselnden wasserwirtschaftlichen Erfolge und Rückschläge des aus 5 Sielachten — davon 1 teilweise — zwischen Emden und der Leybucht 1879 gegründeten I. Entwässerungsverbandes Emden im einzelnen zu schildern, würde den Rahmen dieses Beitrages sprengen. Es sei dazu auf die entsprechenden Abschnitte der im Selbstverlag des Verbandes herausgegebenen Druckwerke „Die Acht und ihre sieben Siele“ (1963) und „Festschrift zur Einweihung des Siel- und Schöpfwerkes Knock“ (1969) verwiesen. Hier sei nur das Wesentlichste mitgeteilt.

Nach 1878 abgeschlossenen, zusammenhängenden Plänen wurde

1. der Emden Binnenhafen durch eine Kammerschleuse abgeschleust und der Sollhafenpeil rd. 2 m über dem Binnenpeil der Sielachten um Emden auf NN + 1,1 m gesetzt,
2. der Ems-Jade-Kanal mit gleichhohem Peil seiner unteren Haltung gebaut,
3. im I. Entwässerungsverband mit dem Ziele, „die Abwässerung . . . für alle Zeiten von dem durchaus entgegengesetzten Interesse der Stadt Emden zu befreien“, an Stelle der in Emden durch die Hafengebauten verlorengehenden Siele ein großes Siel an der Knock nebst einem groß bemessenen Zufluter gebaut und ein zusätzlicher „Neuer Siel“ in Greet-siel an der Leybucht. Ferner wurden die Abflüsse von 100 km² Obergebiet durch einen Ringkanal abgefangen, der in den Ems-Jade-Kanal einmündet.

Nach einem Ergänzungsentwurf wurden die nicht für die Schleusungen benötigten Abflüsse des Ems-Jade-Kanals durch einen besonderen Vorflutkanal der Ems zugeleitet.

Jedoch blieb die nun erwartete Senkung des Sommerpeils um 0,2 m praktisch aus, da der stadtnahe Larrelter Siel infolge Verschlickens seiner langen Außenmuhde von Jahr zu Jahr weniger leistete. Eine schließlich gegen einen Zuschuß des Verbandes zu den Baukosten hinsichtlich Bau und Unterhaltung zugesagte Ersatzanlage — ein Zufluter vom Larrelter Siel zu einem neuen entsprechend groß bemessenen Siel im damals schon geplanten Larrelt-Wybel-sumer-Polder — unterblieb im und nach dem I. Weltkriege.

Drei Jahrzehnte lang war der Verband infolgedessen auf die beiden oben genannten neuen Siele und den kleinen „Alten Siel“ in Greet-siel angewiesen. Wenn er auch vom Emden Hafen unabhängig war und blieb, so hatten sich die Entwässerungsverhältnisse zu niederschlagsreichen Zeiten um nichts gebessert. Auch die Senkung des Sommerpeils auf die heutige

Höhe von NN — 1,27 m war praktisch nur in niederschlagsarmen Sommern auf längere Zeit zu erreichen.

Ein merklicher Erfolg wurde — nach der 50 Jahre langen Zeit großer Erwartungen, Rückschläge und Enttäuschungen — erzielt, als 1929 der Vorflutkanal des Ems-Jade-Kanals mit dem Gewässernetz des Verbandes verbunden wurde und nach Ausbau mit dem großen Borßumer Siel und dem neuen Schöpfwerk (s. S. 193) in der Regel allein der Verbandsentwässerung diente. Der Staat behielt sich jedoch vor, nicht durch den Hafen aufnehmbares Wasser aus dem Ems-Jade-Kanal in den Vorflutkanal abzuschlagen. Leider entsprachen die Abmessungen des Vorflutkanals nicht den möglichen Sielleistungen und Förderströmen des Schöpfwerkes, in dem oft eine der 3 Pumpen mangels Zustrom abgeschaltet werden muß.

Inzwischen verlandete die Leybucht von Jahr zu Jahr mehr, in dem Greetsieler Außentief stieg das MTnw so stark an, daß nur bei unerwünscht hohen Binnenwasserständen aus den Sielen noch größere Wassermengen abflossen. Den wachsenden Ansprüchen der Landwirtschaft genügte es außerdem nicht mehr, mit dem Borßumer Werk nur $Hq = 50 \text{ l/s.km}^2$ jederzeit beherrschen zu können. Der Bau des daher schon vor dem II. Weltkrieg begehrten Schöpfwerks Greetsiel konnte schließlich 10 Jahre nach Kriegsende begonnen werden (s. KRAMER, *Die Küste* Heft 18 (1969), S. 59/60).

Schon während des Schöpfwerkbaus begann — zunächst im Greetsieler Nordgebiet — der Verband, die Gewässer 2. Ordnung und später auch die größeren 3. Ordnung — das sind im Mittel 20 lfd. m/ha — auszubauen. Um den Ausbauzustand auf Dauer zu erhalten, übernahm er auch für diese die Unterhaltung. Inzwischen sind 900 km Gewässer 2. und 3. Ordnung ausgebaut worden, außerdem ist eine Reihe der über 40 meist unzulänglichen Tiefgebietschöpfwerke durch moderne ersetzt, für einige Tiefgebiete — es liegen 150 km² des etwa 450 km² großen Verbandes unter NN — sind erstmalig Schöpfwerke gebaut.

30 Jahre lang hatten entsprechend den Berechnungen der Entwurfsaufsteller für die o. a. Borßumer Maßnahmen nur in seltensten Fällen Ems-Jade-Kanal-Abflüsse in den Vorflutkanal abgeschlagen werden müssen. Mit den fast sprunghaft wachsenden Tauchtiefen der in Emden einlaufenden Schiffe mußte der Hafenwasserstand seit 1959 immer wieder auf Sollhöhe gehalten werden und zu Zeiten, in denen das Emshochwasser nicht auf oder nur unwesentlich über NN + 1,1 m auflief, auch hinsichtlich des Hafenwasserstandes Vorratswirtschaft getrieben werden. Wenn auch jetzt durch ein Hafensperrwerk der Hafen in wenigen Stunden auf Sollpeil aufgepumpt werden kann, so ist auch hinfert jederzeit damit zu rechnen, daß das Ems-Jade-Kanal-Wasser, das dann nicht in den Hafen abfließen kann, nach Borßum abgeschlagen werden muß. Das ist für die Verbandsentwässerung, wie sich 1960 und in den Folgejahren zeigte, besonders zu den Zeiten verhängnisvoll, in denen der Verband mit seinen bisherigen Mündungsbauwerken höchste Abflüsse aus seinem Verbandsgebiet kaum beherrschen konnte.

Bei der geschilderten Verflechtung der Entwässerungen und des Hafens Emden mußten daher wie 85 Jahre vorher die neuen Maßnahmen zur Regelung der Hauptentwässerung zusammenhängend geplant werden. Das Ergebnis war wie ehemals, daß auf Dauer die Probleme nur befriedigend zu lösen sind, wenn im Endzustand — abgesehen von einem Notverbund am Borßumer Schöpfwerkskanal — unbeeinflusst von den jeweiligen Hafeninteressen der I. Entwässerungsverband und der Ems-Jade-Kanal (Entwässerungsverband Aurich) unabhängig voneinander natürliche und künstliche Vorflut zur Ems und zur Nordsee haben:

Der Borßumer Vorflutkanal nebst Siel und Schöpfwerk wird nach Einbau eines neuen Abschlagbauwerkes und eines Sperrwehres gegen das Verbandsgewässer wie vor 1929 allein Vorfluter des Ems-Jade-Kanals.

Die Untersuchungen für die Verbandsentwässerung führten zu dem gleichen grundsätzlichen Ergebnis wie in dem Entwurf von 1878 und verschiedenen in den ersten beiden Jahr-

zehnten dieses Jahrhunderts aufgestellten Entwürfen, daß die Hauptvorflut des größeren Südgebiets zur Knock hin zu führen ist. Das dort inzwischen gebaute Mündungsbauwerk ist in *Die Küste* 18 von KRAMER beschrieben, entsprechend seiner Leistung sind in den nächsten Jahren die Zuführungsgewässer vom Großen Meer und aus dem Emden Raum auszubauen, um jederzeit auch größte Abflüsse beherrschen zu können.

g. Entwässerungsverband Norden

Der rd. 236 km² große Entwässerungsverband Norden wurde in den zwanziger Jahren aus den zwischen der Leybucht und der Sielacht Dornum-Westeraccum gelegenen Sielachten gegründet, nachdem ständig zunehmender Anwuchs an der Nordküste (s. S. 188) wie auch die damals nahezu 15 km lange Außenmuhde des am Westrand der Stadt Norden gelegenen Sieles die Entwässerung hinter den Sielen derart schlechter werden ließ, daß sie für einige Sielachten grundsätzlich zu ändern war.

Die Entwässerung zur Nordküste wurde — mit Ausnahme des östlichsten, sich noch gelegentlich bis zum Anfang der 40er Jahre öffnenden Neßmer Siels aufgegeben. Die gesamten Abflüsse wurden durch einen 1928/29 gebauten, etwa 8 km vor dem alten Norder Siel liegenden Siel in die Leybucht abgeführt.

Als Mangel dieses mit 0,13 m² Durchflußquerschnitt je km² Einzugsgebiet ausreichend bemessenen Siels stellte sich heraus, daß der auf NN — 3,65 m liegende Drempel um 1 m zu tief lag im Verhältnis zu der Sohlenhöhe, die sich in dem immer noch 7 km langen breiten Außentief halten ließ. Nachteilig für eine gute Entwässerung war vor allem aber der sogenannte Schiffahrtsvertrag, den der Verband im Interesse der vor 4 Jahrzehnten noch in die Stadt Norden ein- und auslaufenden Schiffe schließen mußte. In ihm war bestimmt, daß am Siel im Sommer ein Peil von NN — 0,55 m und im Winter sogar ein Peil von NN — 0,35 m einzuhalten war.

An einem großzügigen Ausbau des Gewässernetzes, der dem einigermaßen ausreichend bemessenen Siel entsprochen hätte, mußte man es zunächst mangels ausreichender Mittel fehlen lassen, der Querschnitt des den Stadtrand Nordens durchfließenden Hauptgewässers entsprach bei weitem nicht dem Abflußvermögen des neuen Sieles. Erst nach dem II. Weltkriege baute der Verband mit eigenen Baggern etliche Gewässer in bescheidenem Maße aus. Obschon östlich Nordens sogar auch sielferne hohe Marschflächen nach größeren Niederschlägen unter ungenügender Vorflut litten, verschloß man sich aus Scheu vor den laufenden Kosten bis lange nach dem II. Weltkrieg, ein den gestiegenen Ansprüchen genügendes Mündungsschöpfwerk zu bauen. Man glaubte das Entwässerungsproblem dadurch lösen zu können, daß die während abflußarmer Zeiten immer wieder ungewöhnlich stark zuschlickende Außenmuhde laufend offenbaggert wurde — eine praktisch unlösbare Aufgabe.

Erst gegen Ende der 50er Jahre erkannte der Verband die Unzulänglichkeit der Anlagen und ließ nunmehr Entwürfe für ein Mündungsschöpfwerk und für einen durchgreifenden Ausbau des Hauptgewässernetzes, d. h. etwa der Hälfte der Gewässer 2. Ordnung aufstellen. Voraussetzung war, daß bei der praktisch bedeutungslos gewordenen Schiffahrt der erwähnte Schiffahrtsvertrag aufgehoben werden konnte; denn wirkungsvoll kann das Verbandsgebiet nur entwässert werden, wenn der Wasserstand am Siel im Sommer mindestens auf NN — 0,8 m und im Winter auf NN — 1,2 m abgesenkt wird.

Das notwendige Schöpfwerk wurde neben dem Siel 1960/61 gebaut (vgl. KRAMER, *Die Küste* 18), und anschließend wird seitdem das Gewässernetz ausgebaut. Dabei wird der südliche Teil des Verbandsgebietes hinfort unter Umgehung der Stadt Norden durch ein Verbindungs-

tief 4 km südlich der Stadt an bestehende, jedoch entsprechend auszubauende Gewässer abwärts der Bundesbahn angeschlossen. Trotz teurer Kreuzungsbauwerke für das Tief erwies sich diese Lösung als nicht nur technisch, sondern auch kostenmäßig vorteilhaft, da nunmehr das entsprechend entlastete Hauptgewässer im Stadtbereich sich mit vertretbaren Mitteln ausbauen ließ.

h. Sielacht Dornum-Westeraccum

In der erst 1929 aus der früheren, im Kreise Norden gelegenen Sielacht Dornum und dem westlichen Teil der Sielacht Esens entstandenen Sielacht Dornum-Westeraccum hatte man in nur gemeinsam zufriedenstellend lösbaren Fragen schon bald nach dem I. Weltkrieg zusammengearbeitet. So wurde, als der Dornumer Siel aufgegeben werden mußte, 1923 zwischen ihm und dem Westeraccumer Siel ein dreiläufiges Hebersiel nebst einem — bezeichnenderweise — „Harmonie“ genannten Zufluter gebaut. Der Sielquerschnitt aller damaligen Verbandssiele war mit $0,05 \text{ m}^2$ je km^2 Einzugsgebiet äußerst knapp. Mangels Mitteln mußte man auf den schon zur Zeit des Hebersielbaus für unerlässlich gehaltenen Schöpfwerksbau zunächst verzichten. Die bei fast 120 km^2 Einzugsgebiet rd. 78 km^2 große Sielacht legte auf entscheidende Verbesserungen ständig Wert. Sie führte etliche Binnenvorflutmaßnahmen durch. Ein Viertel der Flächen wurde gedrängt.

Als die schon 1946 in einem Orientierungsplan vorgeschlagene Vorverlegung des Deiches nebst Mündungsbauwerk und Ausbau der Hauptgewässer auch am Anfang des Niedersächsischen Küstenprogramms noch zurückstehen mußte, ließ die Sielacht ein dem Ausbauzustand des Gewässernetzes entsprechendes Entlastungsschöpfwerk für einen Förderstrom von $3 \text{ Mq} = 40 \text{ l/s.km}^2$ bauen. Langandauernde Überschwemmungen sollten und konnten verhindert werden. Der Hauptzufluter konnte auf seinen unteren 7 km mit endgültigen Abmessungen ausgebaut werden.

Nach einem 1962 kurz vor der Sturmflut aufgestellten und nach den bei dieser Flut gewonnenen Erkenntnissen ergänzten Entwurf konnte 1963 endlich der Bau der von KRAMER geschilderten Vordeichung mit Zusammenführung der bisherigen 3 Siele zu einem großen Mündungsbauwerk beginnen (*Die Küste* 18). Während und nach diesen Maßnahmen wurde der Ausbau zunächst der Gewässer 2. Ordnung planmäßig weitergeführt.

i. Sielacht Esens

Die unzureichenden Gewässernetze der Sielachten Esens und Wittmund waren früher miteinander verbunden, und zwar war die Sielacht Esens zumeist die benachteiligte. Die klare völlige Trennung wurde schon in den 20er Jahren angestrebt, aber erst nach dem II. Weltkrieg in den Plänen für das Harlesiel und -schöpfwerk endgültig vorausgesetzt. Die Sielacht Esens hatte nunmehr für ihr 200 km^2 großes Gebiet die Siele in Neuharlingsiel und — neun km westlich — in Bensorsiel zur Verfügung. Beide, und zwar besonders der Neuharlinger Siel, waren jedoch in ihren Abmessungen recht unzulänglich. Die Einzugsgebiete beider waren und sind bis auf kleine Verbindungen getrennt. Nach Neuharlingsiel entwässert ein — auch vor dem NWG schon zumeist beitragszahlendes — Niederungsgebiet, Bensorsiel jedoch führt neben den Abflüssen von rund 20 km^2 sielnahe Niederungen vor allem die von 70 km^2 Obergebiet in die See, und zwar diese vor dem NWG ohne Entgelt.

Das schwierigere Entwässerungsproblem war für das — nach dem Gesamtausbau — 110 km^2 große Neuharlingsieliere Einzugsgebiet zu lösen. Der Siel in Neuharlingsiel lag

etwa 100 m hinter der Hauptdeichlinie an der Wurzel eines kümmerlich umdeichten 42 m breiten Sielhafens; in den Binnenböschungen dieser damals z. T. 0,5 m unter dem beobachteten HHThw liegenden Hafendeiche stand und steht Haus an Haus. Pläne, nur östlich des Hafens und Siels ein Schöpfwerk für i. M. 15 m³/s Förderstrom zu bauen, ließen sich während des II. Weltkrieges und in der Nachkriegszeit nicht verwirklichen. Nach den unterschiedlichsten Vergleichslösungen mußte eine Vordeichung nach Abschleusung des Hafens verworfen und der von KRAMER in *Die Küste* 18 beschriebenen Lösung der Vorzug gegeben werden. Auf die Veröffentlichungen in den Zeitschriften *Wasser und Boden* und *Hochtieft-Nachrichten*, 36. Jahrgang, Januar 1963, sei im übrigen verwiesen. Der Ausbau des über 90 km Gewässernetzes 2. Ordnung ist inzwischen vollendet.

Problematisch war nun, daß das Neuharlingersieler Teilgebiet der Sielacht schon sehr gut entwässert wurde, während das nur wenig kleinere Bensorsieler Teilgebiet in wasserwirtschaftlicher Hinsicht nahezu unverändert blieb. Dem Hauptzweck des Benser Tiefs und Sieles entsprechend konnte der Wasserspiegel des Zufluters bisher schon auf NN + 1,5 m, d. h. auf über MThw angestaut werden; der Siel öffnete sich demzufolge nur bei besonders hohen Tnw nicht, bei der allmählichen wasserwirtschaftlichen Aufschließung genügte aber der Gewässerquerschnitt des Bensertiefs („Esens-Wittmunder Kanals“) und des Sieles immer weniger. Danach wurden besonders die durch Klappensiele ins Bensertief entwässernden Niederungen betroffen. Um diesen vorerst wenigstens in bescheidenem Maße zu helfen, erhielten sie vorübergehend Vorflut nach Neuharlingersiel. Da für diese tiefen Flächen nur am linken Bensertiefufer ein Schöpfwerk gebaut werden soll, wurde der dafür ohnehin notwendige Düker vorweg gebaut und das Gewässer bis nach Neuharlingersiel ausgebaut; eine scharfe Trennung im Gewässer ist auch später nicht vorgesehen. Einstweilen werden bis zum Bau des Schöpfwerkes bei und nach Starkregen nicht alle Überschwemmungen verhindert werden können, jedoch wird ihre Höhe und Dauer erheblich gemindert.

Ende 1967 konnte der in Heft 18 von KRAMER beschriebene doppeläufige Siel in Betrieb genommen werden. Das Gewässernetz wird so ausgebaut, daß das Benser Tief um rd. 1,0 m höher bis NN + 2,5 m am Siel aufgestaut werden kann. Durch diesen höheren Binnenstau, durch die beim Gewässerausbau entstehenden größeren Wasserflächen und Stauräume und durch einige bei besonders ungünstigen Sturmflut-Tnw zu Zeiten großer Abflüsse überstaubare Entlastungsflächen wird man zum mindesten auf ein paar Jahrzehnte künstlicher Vorflut in Bensorsiel entraten können. Um aber nicht dermaleinst in Platznot zu geraten oder vor großen Bauschwierigkeiten zu stehen, ist von vornherein ein möglicher Anschlußbau eines Entlastungsschöpfwerkes (10 m³/s auf 1,5 m) an der Westseite des Siels geplant und baulich vorbereitet.

Mit den allmählichen Baufortschritten im Bensorsieler Gewässernetz und nach Bau des Tiefgebietsschöpfwerkes für die Niederungen beiderseits des Bensertiefs können auch die vorübergehend nach Neuharlingersiel entwässernden Gebiete wieder abgetrennt werden.

k. Sielacht Wittmund

Diese östlichste ostfriesische Sielacht Wittmund hatte jahrhundertlang größte Schwierigkeiten, ihre Entwässerung einigermaßen befriedigend zu regeln. Immer wieder mußte der Siel in der schnell verlandenden Harlebucht vorverlegt werden, das in Heft 18 beschriebene Mündungsbauwerk liegt 7 km seewärts des ältesten sicher nachweisbaren aus dem 16. Jahrhundert. Trotzdem muß noch eine mehr als 4 km lange, die Abflüsse durch immer wiederkehrende Verschlickung stark behindernde Außenmuhde in Kauf genommen werden. Sie für die Vorflut

und die Schifffahrt zu unterhalten, erfordert Kosten, die das Leistungsvermögen der Sielacht übersteigen. Das Land Niedersachsen hat daher die Unterhaltung übernommen.

Für die zufriedenstellende Regelung der Binnenentwässerung besonders nachteilig ist aber die trapezförmige, fast dreieckige Form des vor Beginn der Baumaßnahmen 220 und zur Zeit etwa 230 km² großen Niederschlagsgebietes, das im Zuge der Landesstraße Neuharlingersiel-Carolinensiel westlich der oldenburgisch-ostfriesischen Bezirksgrenze (bis 1945 „Landesgrenze“) vor 1958 nur 3,5 km breit war, jedoch an der Südgrenze noch 17,5 km breit ist. Sein Schwerpunkt liegt etwa 18 Gewässer-km aufwärts an der Bundesstraße 210 — Aurich-Wittmund-Jever —, wo das Wittmunder Tief z. Z. noch die Abflüsse von rund 120 km² abzuführen hat; denn die frühere „Landesgrenze“ war bis vor rd. 1 Jahrzehnt auch widernatürliche Einzugsgebietsgrenze. Auf diese Bezirksgrenze wird bei der derzeitigen wasserwirtschaftlichen Regelung jetzt keine Rücksicht mehr genommen; schon bald nach dem Bau des Harlesiels wurde fast 8 km² sielnahe, bisher zur Jade entwässerndes Gebiet angeschlossen. Wirkungsvoll aber für die Hauptvorflut der Sielacht, besonders im rückwärtigen Gebiet, ist, daß nach dem Generalplan der östlich gelegenen Wangerländischen Sielacht das etwa 31 km² große Niederschlagsgebiet des Rispelertiefs und der Grenzleide, d. h. das südöstliche Dreieck der Wittmunder Sielacht den natürlichen Gefällverhältnissen entsprechend zum Wangersiel an der Jade entwässern soll, sobald außer dem Wanger Schöpfwerksbau auch die Hauptgewässer von der Jade bis zur Bezirksgrenze so ausgebaut sind, daß sie die Abflüsse von den 31 km² unschädlich für den Unterlauf abführen können.

Das Wittmunder Tief als Hauptzufluter ist auf voller Länge während des letzten Jahrzehnts ausgebaut, vor allem sind die in Durchflußweite und Sohlenhöhe kümmerlichen Straßen- und Eisenbahnbrücken fast alle durch das Gewässer voll überspannende ersetzt. Eingehend wurde — das sei erwähnt — untersucht, ob dieses, die ganze Sielacht als Hauptgewässer durchfließende Tief mit steilerem Gefälle und Stufenschöpfwerken oder mit durchweg flachem Gefälle auszubauen sein würde. Bei den anstehenden, leichtbeweglichen Bodenarten verwarf man jene erste Lösung, um die kritische Schleppspannung nicht zu erreichen. Bei einem Peil binnen des Harleschöpfwerkes von NN — 0,40 m werden 100 l/s · km² aus dem jetzigen Niederschlagsgebiet an der Landesstraße südlich Wittmund bei $W = NN + 0,22$ m und nach Umleitung der Entwässerung aus dem etwa 31 km² großen Südostdreieck zum Wangersiel sogar bei $W = NN + 0,11$ m abfließen; d. h. HHW wird hier um fast 1 m gesenkt. Die Abbildungen 10 und 11 zeigen ein altes, völlig unzureichendes und ein ausgebautes Gewässer vom gleichen Standpunkt aus. Den Einzugsgebieten entsprechend mußte bis 10 km oberhalb des Carolinensielers Verlaats das Gewässer mit 18 m breiter Sohle bei unter 1:3 geneigten Böschungen ausgebaut werden, erst von hier an nimmt die Sohlenbreite bis zur Bundesstraße Wittmund-Jever auf 12 m ab.

Besondere Schwierigkeiten standen dem Ausbau in Carolinensiel und von hier bis zur Friedrichsschleuse gegenüber. Entgegen einem Vorschlag, das Tief auf 1 km Länge mit beiderseitigen Spundwänden auszubauen, wurde besonders im Hinblick auf die hohen Kosten, die nach einigen Jahrzehnten bei dem unabwendlichen Neubau der Spundwände die Sielacht belasten würden, einem Querschnitt mit Erdböschungen der Vorzug gegeben. Auch dort, wo die Zufahrtsstraße zur Friedrichsschleuse/zum Harlesiel unmittelbar am rechten Tieferufer lag und die Ufer hinter dieser Straße und links des Kanals hinter einem schmalen Wirtschaftsweg eng bebaut waren, konnte dies erreicht werden. Hinter den Häusern auf dem rechten Ufer wurde eine Ersatzstraße gebaut, und die Zufahrten und Eingänge wurde zu dieser Straße hin umgebaut.

Von den 130 km Gewässern II. Ordnung ist bisher etwa die Hälfte ausgebaut, daneben einige wichtige Gewässer III. Ordnung, u. a. vor allem ein Verbindungstief zum Rispeler Tief,

um die Hochwässer aus dem später — nach etwa 6—8 Jahren — zur Jade entwässernden Südostdreieck (siehe Karte) möglichst schadenfrei in der Zwischenzeit abführen zu können.



Abb. 10
Ein alter Vorfluter

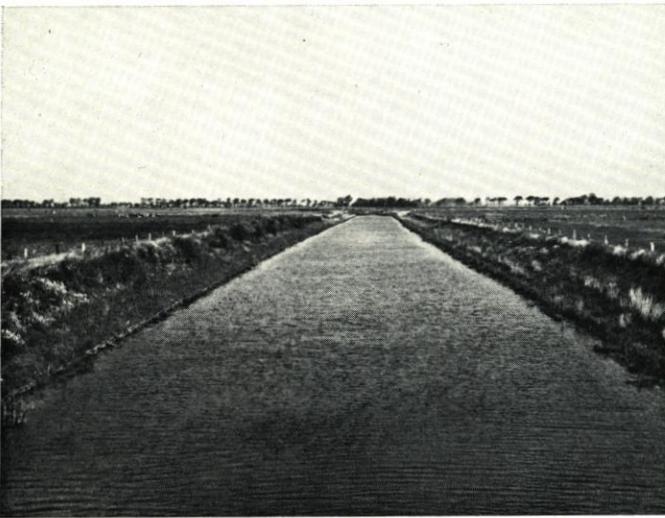


Abb. 11
Vorfluter wie auf Ab-
bildung 10 nach dem Ausbau

F. Zusammenfassung

Die Wasserwirtschaft Ostfrieslands ist, ausgehend von ihren Eigenheiten gegenüber denen des Binnenlandes, allgemein und für die einzelnen Entwässerungsgebiete besonders beschrieben worden. Auch zwischen den Teilgebieten zeigen sich bemerkenswerte Unterschiede, die durch natürliche örtliche Gegebenheiten wie Höhenlage, Geländegestalt und Bodenarten bedingt sind. Schon dadurch ist die Entwicklung in den Wasser- und Bodenverbänden verschieden verlaufen. Mit ihr hängt wiederum die Entwicklung der wasserrechtlichen Voraussetzungen zusammen. Die Ansprüche an die Wasserwirtschaft sind gestiegen und haben sich vielfach in ihren Schwerpunk-

ten verschoben. Die technischen Möglichkeiten sind gestiegen und können den derzeitigen Ansprüchen genügen.

Diese veränderlichen Grundlagen für die Wasserwirtschaft werden auch weiterhin im Fluß bleiben. Die Darstellung der Wasserwirtschaft kann daher nur einen jetzt erreichten Zustand erfassen und einen Ausblick auf verhältnismäßig nahe Ziele geben. Die Wasserwirtschaft wird niemals einen Endzustand erreichen, sondern ständig wieder vor neuen Aufgaben stehen.

