Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Die Küste

ARCHIV
FÜR FORSCHUNG UND TECHNIK
AN DER NORD- UND OSTSEE

3950-A-2012-00000110

JAHRGANG 7 1958/1959 Doppelheft

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Die Küste

ARCHIV
FÜR FORSCHUNG UND TECHNIK
AN DER NORD- UND OSTSEE

HERAUSGEBER:
DER KÜSTENAUSSCHUSS NORD- UND OSTSEE

JAHRGANG 7 - 1958/1959
Doppelheft

DRUCK UND KOMMISSIONSVERLAG:
WESTHOLSTEINISCHE VERLAGSANSTALT BOYENS & CO. HEIDE I. HOLST.
SEPTEMBER 1959

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Anschriften der Verfasser dieses Heftes:
DITTMER, Ernst, Dr., Marschenbauamt Husum, Forschungsstelle Westküste, Husum, Nissenhaus; HENSEN, Walter, Professor Dr.-Ing., Hannoversche Versuchsanstalt für Grundbau und Wasserbau, Franzius-Institut der Technischen Hochschule Hannover, Hannover, Nienburger Straße 4; KANNENBERG, Ernst-Günther, Dr., Stuttgart-Sonnenberg, Falkenstraße 29; KRAMER, Johann, Regierungsbaurat, Forschungsstelle Norderney, Norderney; LORENZEN, Johann M., Präsident, Wasser- und Schiffahrtsdirektion Kiel, Kiel-Wik, Hindenburgufer 247; NAUMANN, Karl-Eduard, Baudirektor Dr.-Ing., Strom- und Hafenbau, Hamburg 11, Dalmannstraße 1—3; WEGNER, Harwig, Ministerialrat, Bundesverkehrsministerium, Bonn, Kapuzinerstraße 1.

Die Verfasser sind für den Inhalt ihrer Aufsätze allein verantwortlich.
Nachdruck aus dem Inhalt nur mit Genehmigung des Herausgebers: Küstenausschuß Nord- und Ostsee, Regierungsbaudirektor i. R. C. HENSEN, Kiel-Wik, Hindenburgufer 247, gestattet.
Schriftleiter: Dr. habil. E. WOHLENBERG, Husum, Nissenhaus.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Ministerialrat i. R. Julius Gaye

† 15. Oktober 1957

Mitten aus der Arbeit heraus hat uns Ministerialrat i. R. Julius Gaye, *der Leiter des Arbeitsausschusses im Küstenausschuß Nord- und Ostsee und der Mitherausgeber der Schriftenreihe „Die Küste", verlassen. Noch wenige Wochen vorher aus Anlaß seines 70. Geburtstages gefeiert und geehrt, in voller Rüstigkeit strebend und arbeitend für die Forschung und Wissenschaft, ein Förderer der Probleme des Küstenschutzes und des Seewasserbaus, ist er durch einen schnellen und sanften Tod abberufen worden.*

Julius Gaye, *ein Ingenieur und Wasserbauer aus Neigung und Leidenschaft, fand schon frühzeitig den Weg zum Seebau und zur Küstenarbeit. Nach „mit Auszeichnung" bestandenem Examen war er nach dem ersten Weltkrieg acht Jahre bei den Erweiterungsbauten der Hafenanlagen in Wesermünde tätig und leitete anschließend von 1928 bis 1934 das Wasserbauamt in Norden/Ostfriesland. Hier widmete er sich bereits den Forschungen über Meeresströmungen und Sandwanderungen im Gebiet der Ostfriesischen Inseln, Probleme, die ihn späterhin immer wieder beschäftigten und denen er sich nach zwischenzeitlicher Beschäftigung bei der Oderstromverwaltung in Breslau und im Reichsverkehrsministerium in Berlin nach dem zweiten Weltkrieg mit Liebe und*

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Aufopferung im Rahmen des Küstenausschusses Nord- und Ostsee hingab. Als 1945 der Zusammenbruch Deutschlands und damit der deutschen Verwaltung eintrat, schien GAYE *durch den Fortfall seiner Stellung als Ministerialrat in der Berliner Zentralinstanz aus seiner Bahn geworfen. Obwohl er persönlich stark unter diesem Schicksal litt und schwere Jahre durchleben mußte, ist es doch merkwürdig, daß er es diesem Umstande verdanken mußte, wieder zu seiner eigentlichen Neigung und zu seinem besonderen Interessengebiet zurückzufinden. Der Küstenausschuß Nord- und Ostsee, der 1949 von Bund, Küstenländern und wissenschaftlichen Instituten ins Leben gerufen wurde, konnte sich keinen besseren Verwalter seiner Interessen und Ziele wünschen als* JULIUS GAYE, *der sein Können ganz in den Dienst dieser Aufgabe stellte, der die Arbeit mit seinem Geist ausfüllte und ihr bis zum letzten Atemzug treu blieb.*

JULIUS GAYE *ist durch eine Vielzahl von Veröffentlichungen bekannt geworden. So sind besonders hervorzuheben seine Arbeiten über die Entwicklung und Erhaltung der Ostfriesischen Inseln, über die Sandwanderungen vor der deutschen Nordseeküste und seine Arbeiten über Probleme der schleswig-holsteinischen Westküste. Sein großes Interesse galt der Entwicklung der Wasserstände in der Ost- und Nordsee. Diese Arbeiten fanden ihren Niederchlag in seinen verschiedenen Aufsätzen über die Wasserstandsänderungen in den letzten 100 Jahren, die einen wesentlichen Beitrag lieferten zu der für die Küstenbewohner brennenden Frage, wie hoch die zukünftigen Sturmfluten auflaufen können und bis zu welchem Maß die Winterdeiche im Küstengebiet verstärkt und erhöht werden müssen. Welche Bedeutung diesen Arbeiten, die in den Jahren 1951 und 1952 veröffentlicht wurden, zuzumessen ist, beweist die Sturmflutkatastrophe in Holland vom Februar 1953. Die infolge dieser Sturmflut von den verschiedensten Seiten durchgeführten Untersuchungen haben* GAYE *bis zum letzten Tage beschäftigt, ohne daß es ihm vergönnt war, seine teilweise im Manuskript vorhandenen Forschungsergebnisse abzuschließen. Trotzdem sind seine Arbeiten als wichtiger Beitrag zur Bearbeitung der Sturmflutgefahr und zur Bemessung der teilweise noch im Bau befindlichen Deichverstärkungen zu werten. Schließlich darf noch auf seinen letzten Vortrag hingewiesen werden, den er im März 1954 über die deutsche Küstenforschung und den Seewasserbau hielt, der in der „Küste" Heft 1/2 des Jahrgangs 1954 abgedruckt wurde. In diesem Vortrag gab er ein umfassendes Bild über die Arbeit des Küstenausschusses, die zugleich auch seine eigene Arbeit war. Der Vortrag war ein Spiegelbild seiner inneren Gedanken, die ihn ganz erfüllten und bewegten und die den Inhalt seines Wirkens und Strebens darstellten.*

GAYE *hat in seiner Tätigkeit im Küstenausschuß im In- und Ausland Zuneigung und Anerkennung gefunden, die ihn in der Erfüllung seiner Aufgaben immer wieder neu bestärkten und ihm weiteren Antrieb verliehen. Der Beruf war für ihn Lebensaufgabe, ihm hatte er sich mit seinem klugen Verstande, aber auch mit seinem ganzen Herzen verschrieben. Wer mit* GAYE *zusammenwirken und arbeiten durfte, weiß, mit welch klarem Urteil und tiefem Verständnis er raten und helfen konnte und mit welch warmem Interesse er auch für persönliche Dinge immer das rechte Wort fand. Alle, die mit ihm in dienstliche oder persönliche Berührung gekommen sind, vermissen den Kollegen und Freund, den sie geschätzt und verehrt haben, die liebenswerte Persönlichkeit, die von ihm ausstrahlte und die unvergessen bleiben wird. Was er gegeben hat, kann auch sein Tod nicht nehmen.*

HARTWIG WEGNER

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

In memoriam Bernhard Kressner

† 8. Februar 1958

Am 8. Februar 1958 verstarb kurz vor Vollendung seines 64. Lebensjahres unerwartet Baudirektor Dr.-Ing. Bernhard Kressner, *Leiter der Strombauabteilung des Strom- und Hafenbaus Hamburg. Da der Verstorbene als Vertreter der Freien und Hansestadt Hamburg im Küstenausschuß Nord- und Ostsee tätig war und zu dessen aktivsten Mitgliedern zählte, soll an dieser Stelle — ungeachtet der zahlreichen Nachrufe, in denen er bereits geehrt wurde — seiner gedacht werden.*

Bernhard Kressner *war gebürtiger Hanseat und Sohn eines Kaufmanns. Geboren und aufgewachsen in Othmarschen, das heute ein Stadtteil Hamburgs ist, damals aber noch preußisch war, atmete er im Elternhaus und im humanistischen Gymnasium zu Altona jene glückliche Mischung hanseatischer weltoffener Großzügigkeit und preußischer Selbstdisziplin, die sein Wesen und seinen Charakter kennzeichneten. Der Elbstrom, dem später der wichtigste Teil seiner Lebensarbeit galt, war ihm Heimat und von Jugend an vertraut.*

Nach dem Schulbesuch bezog Kressner *die Technische Hochschule Danzig und studierte Bauingenieurwesen mit dem Hauptfach Wasserbau. Anschließend widmete er sich am Lehrstuhl des Altmeisters für Hafenbau F. W. Otto Schulze seiner weiteren wissenschaftlichen Ausbildung, die er mit der Promotion zum Dr.-Ing. 1928 abschloß. In dieser Zeit bearbeitete er zusammen mit*

seinem Lehrer u. a. die Neuherausgabe von dessen in Fachkreisen weit verbreitetem Handbuch „Seehafenbau". 1928 trat er in den Dienst des hamburgischen Strom- und Hafenbaus. Vielseitige, sich jeweils über Jahre erstreckende Tätigkeit in der Konstruktionsabteilung, der Hafenbauabteilung und der Strombauabteilung machte ihn mit den Hauptarbeitsgebieten des praktischen Hafenbaus und des Strombaus bekannt. 1943 übernahm er sodann die Leitung der Strombauabteilung, die er bis zu seinem Tode führte. Hier fand er das seinen Fähigkeiten und Neigungen ganz besonders entsprechende Arbeitsfeld, dem er sich mit unermüdlichem Eifer und mit dem Einsatz seiner ganzen Persönlichkeit widmete.

Nach Beseitigung umfangreicher Kriegsschäden, insbesondere der Entfernung zahlreicher Wracks aus den Hafenbecken und dem Stromlauf sowie der Wiederherstellung der erforderlichen Wassertiefe an zahlreichen Stellen des Hafens und des Stromes, ist unter seiner Leitung eine Reihe beachtlicher Baumaßnahmen durchgeführt worden, von denen die Abdämmung der Dove Elbe mit dem Bau der Tatenberger Schleuse, die Erneuerung des Steubenhöfts in Cuxhaven und die — noch nicht abgeschlossene — Vertiefung des Hauptfahrwassers der Elbe hervorzuheben sind. Umfangreiche wissenschaftliche Arbeiten über die Erhaltung und Vergrößerung der Wassertiefen im Hamburger Hafen und in seiner Zufahrt, der Unterelbe, sowie über die Verbesserung der Hinterlandverbindungen Hamburgs auf dem Wasserwege entstanden in den letzten Jahren. Darüber hinaus veranlaßte ihn die Sorge um den Elbstrom, die zu seiner Lebensaufgabe geworden war, mit besonderem Nachdruck der Verschmutzung von Hafenbecken und Wasserläufen durch Abwässer der Stadt, der Industrie und der Schiffahrt entgegenzutreten und Maßnahmen zur Behebung dieser Übelstände zu veranlassen. Daneben gehörte seine ganze Liebe allen Bestrebungen zum Naturschutz und zur Landschaftspflege, die er im Rahmen seiner dienstlichen Tätigkeit förderte, wo immer es möglich war.

KRESSNER *war nicht nur in zahlreichen Behördenausschüssen Hamburgs tätig, sondern arbeitete auch längere Zeit als Prüfer im Oberprüfungsamt für höhere technische Verwaltungsbeamte sowie im Wasserbautechnischen Ausschuß des Zentralvereins für deutsche Binnenschiffahrt; als Vorsitzender leitete er im Rahmen der Londoner Konvention den deutschen Hafenausschuß zur Durchführung von Maßnahmen gegen die Ölverschmutzung der Meere. Im Rahmen des Küstenausschusses Nord- und Ostsee vertrat er die Freie und Hansestadt Hamburg im Verwaltungsausschuß und leitete den Ausschuß für Schlickverwertung, dessen Arbeiten er maßgeblich beeinflußt hat.*

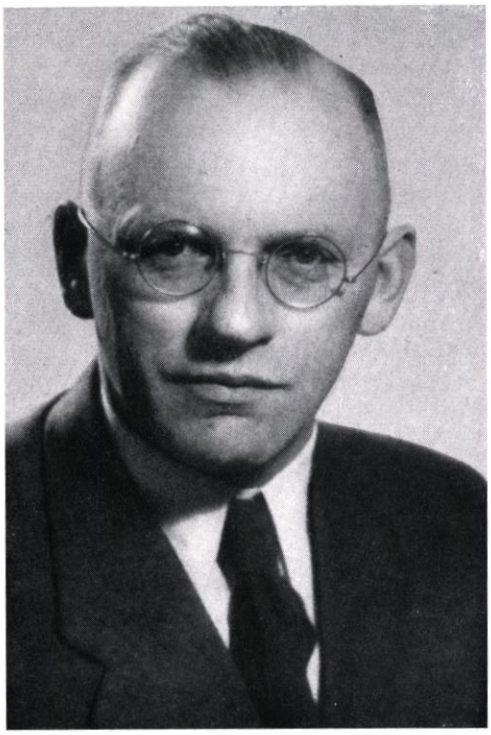
KRESSNER *war weit über die Grenzen seiner Heimatstadt Hamburg sowohl auf Grund seiner ausgezeichneten wissenschaftlichen und praktischen Kenntnisse als auch wegen seiner persönlichen Liebenswürdigkeit und steten Hilfsbereitschaft bekannt und beliebt. Das plötzliche Hinscheiden dieses hervorragenden Fachmannes bedeutet nicht nur einen schweren Verlust für den Hafen Hamburg und die Fachwissenschaft, auch zahlreiche wissenschaftliche Vereinigungen betrauern den Verlust eines kenntnisreichen und eifrigen Mitarbeiters. Das gilt u. a. für die Deutsche Akademie für Städtebau und Landesplanung und für den Architekten- und Ingenieur-Verein Hamburg, insbesondere aber verliert die Hafenbautechnische Gesellschaft in ihm ein langjähriges Mitglied, das seit über zwanzig Jahren dem Schriftleitungsausschuß angehörte und aus dessen Feder zahlreiche Veröffentlichungen stammen. Sie alle trauern um einen Fachmann und Menschen, mit dessen Abberufung der Tod eine Lücke gerissen hat, die nur schwer geschlossen werden kann.*

Dr.-Ing. KARL-EDUARD NAUMANN

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Ministerialrat Hermann Lechner

† 1. April 1958



Im Alter von noch nicht 59 Jahren hat der Referatsleiter für die Wasserwirtschaft im Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Ministerialrat HERMANN LECHNER, *der in dieser Eigenschaft Mitglied des Verwaltungsausschusses im Küstenausschuß Nord- und Ostsee war, für immer die Augen geschlossen.*

Ministerialrat LECHNER *wurde in Augsburg geboren und trat nach seiner Gymnasial- und Hochschulzeit in Bayern in die Wasserwirtschaftsverwaltung des bayerischen Staates ein. Nach dem Kriege, an dem er als Pionieroffizier teilnahm, leitete er das Wasserwirtschaftsamt Weiden in der Oberpfalz. Auf Vorschlag der bayerischen Staatsregierung wurde er 1950 als Oberregierungs- und -baurat in das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten berufen und 1953 zum Ministerialrat befördert.*

In kluger, umsichtiger und tatkräftiger Weise hat Ministerialrat LECHNER *die Wasserwirtschaft und Bodenkultur in allen Bundesländern zu fördern gesucht. Mit Geschick und Erfolg hat er sich insbesondere für die Durchführung der großen Landeskulturprogramme, wie den Küstenplan, das Nord-Programm, den Emslandplan und den Alpenplan eingesetzt. Unermüd-*

lich hat er für die Bereitstellung der hierfür erforderlichen Bundesmittel gewirkt. Zwischen den Wasserwirtschaftsverwaltungen des Bundes und der Länder eine harmonische und fruchtbare Zusammenarbeit herzustellen mit dem Ziele einer einheitlichen Wasserwirtschaftspolitik, lag ihm besonders am Herzen.

Seine Fachkenntnisse und sein kluger Rat wurden auch im „Interministeriellen Ausschuß Wasser" vor allem bei den Vorarbeiten zu einer einheitlichen Wasserrechtsordnung geschätzt und bei der Ausarbeitung des Wasserhaushaltsgesetzes im Sonderausschuß des Bundestages anerkannt und beachtet.

Auch bei Verhandlungen mit auswärtigen Staaten und den internationalen wasserwirtschaftlichen Gremien hat Ministerialrat LECHNER *die Interessen der Bundesregierung mit Geschick vertreten; hierbei war sein Überblick über das Fachgebiet, gepaart mit guten Fremdsprachenkenntnissen, besonders wertvoll.*

In wasserwirtschaftlichen Zusammenschlüssen innerhalb des Bundesgebietes fanden seine persönlichen Eigenchaften ebenfalls verdiente Anerkennung. So wählte das Kuratorium für Kulturbauwesen ihn zu seinem ersten Vorsitzenden; ferner war er Mitglied des Vorstandes im Verband des Deutschen Arbeitskreises Wasserforschung. Dem Küstenausschuß Nord- und Ostsee gehörte er als Mitglied des Verwaltungsausschusses an. Obwohl er nicht aus dem Küstengebiet stammte, hat er sich den Küstenproblemen mit besonderem Interesse und der ihm eigenen Gründlichkeit gewidmet und sie unterstützt, soweit es seine dienstlichen Aufgaben ermöglichten.

Der Küstenausschuß Nord- und Ostsee ist ihm deshalb für seine verständnisvolle und tatkräftige Förderung seiner Bestrebungen und Ziele zu aufrichtigem Dank verpflichtet.

DER VERWALTUNGSAUSSCHUSS DES
KÜSTENAUSSCHUSSES NORD- UND OSTSEE

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Inhaltsverzeichnis

Nachruf Ministerialrat GAYE III

Nachruf Baudirektor Dr.-Ing. KRESSNER V

Nachruf Ministerialrat LECHNER VII

HENSEN, Walter, Professor Dr.-Ing.
Die Berechnung von Tidewellen in Tideflüssen. Beschreibung und Kritik verschiedener Verfahren 1

LORENZEN, Johann M., Präsident
„Landgewinnung und Landerhaltung in Schleswig-Holstein".
Gedanken zum Werk von MÜLLER-FISCHER über das „Wasserwesen an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste" 20

DITTMER, Ernst, Dr.
Der „Horizont von Winnert", Kreis Husum, ein Vorkommen jüngsten Hemmoors 36
Das Vierland von Wanderup 44

KANNENBERG, Ernst-Günther, Dr.
Schutz und Entwässerung der Niederungsgebiete an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste 47

KRAMER, Johann, Regierungsbaurat
Die Strandaufspülung Norderney 1951—1952 und ein Plan zu ihrer Fortführung 107

WESTKÜSTE, Archiv für Forschung, Technik und Verwaltung in Marsch und Wattenmeer
Inhaltsverzeichnis der erschienenen Hefte 140

DIE KÜSTE, Archiv für Forschung und Technik an der Nord- und Ostsee
Inhaltsverzeichnis der bisher erschienenen Hefte 145

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Die Berechnung von Tidewellen in Tideflüssen

Beschreibung und Kritik verschiedener Verfahren

Von Walter Hensen

Inhalt

I. Einleitung 1
II. Die verschiedenen Rechenverfahren 2
A. Das Verfahren von Ludwig Franzius 2
1. Allgemeines 2
2. Rechnungsgang 3
3. Kritik 4
B. Das Verfahren von Oeltjen 5
1. Rechnungsgang 5
2. Kritik 6
C. Das Verfahren von Reineke 7
1. Rechnungsgang 7
2. Beispiele 7
3. Kritik 7
D. Das Verfahren von Bonnet 8
1. Rechnungsgang 8
2. Kritik 9
E. Das Verfahren von Krey 10
1. Rechnungsgang 10
2. Kritik 10
F. Das Verfahren von Lorentz 11
1. Rechnungsgang 11
2. Kritik 12
G. Das Differenzenverfahren von Hansen 13
1. Rechnungsgang 13
2. Kritik 14
H. Weiterentwicklung des Differenzenverfahrens durch Schnoor 15
J. Das Potenzreihenverfahren 16
K. Das Iterationsverfahren von Dronkers 16
L. Charakteristikenverfahren von Schönfeld 16
III. Zusammenfassung 17
IV. Schriftenverzeichnis 18

I. Einleitung

Das Anwachsen der Schiffsgrößen zwingt in zunehmendem Maße zu einer Vertiefung der Fahrrinnen von See bis in die Häfen. Während sich diese Aufgabe in den vergangenen Jahrzehnten im allgemeinen dadurch lösen ließ, daß man Unstetigkeiten und Stromspaltungen in den Flüssen durch bauliche Maßnahmen beseitigte oder verminderte, ist es in jüngster Zeit zu einem ernsten Problem geworden, wo die Grenze der wirtschaftlich vertretbaren Ausbaumaßnahmen liegt.

Das technische Ziel ist stets dasselbe: gesucht wird nach den Mitteln, mit denen der gewünschte Zustand eines Fahrwassers in Tiefe, Breite und Beständigkeit mit vertretbarem (optimalem) Aufwande erreicht werden kann.

Der Weg zur Erreichung dieses Zieles führte ursprünglich nur über die persönliche Erfahrung der ortskundigen und sachverständigen Stellen. Mit der Zunahme des erforderlichen

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Aufwandes für Regelungsmaßnahmen wuchs aber das Bedürfnis, sich möglichst vorher auf irgendeinem zuverlässigen Wege Gewißheit über die Zweckmäßigkeit eines Regelungsvorhabens zu verschaffen.

Im Grunde müßte für einen gegebenen Fall die Aufgabe lauten: Welche Maßnahmen müssen getroffen werden, um ein bestimmtes Ziel (Tiefe, Breite und Beständigkeit) für ein Fahrwasser zu erreichen. Tatsächlich aber wird allgemein etwas anders vorgegangen. Man entwirft aus „Erfahrung" oder nach Überlegungen flußbaulicher Art oder aus Analogie zu bekannten anderen Tideflüssen eine Regelung, deren Zweckmäßigkeit dann irgendwie nachgewiesen werden soll. Dabei tritt die präzise Frage nach den gerade hinreichenden Maßnahmen etwas zurück. Angesichts der noch immer recht bescheidenen und lückenhaften Kenntnisse, die wir über die Abhängigkeit zwischen der Sandwanderung (an der Sohle) und der Sinkstoffbewegung und den Strömungen besitzen, ist dies nicht verwunderlich.

Erschwerend ist bei Tideflüssen der Umstand, daß die Strömungen bei Flut und Ebbe entgegengerichtet sind, so daß nicht nur die Wirkungen der beiden Strömungen an sich, sondern überdies besonders der Unterschied zwischen ihnen (resultierend stromab oder stromauf gerichtete Sandverfrachtung) von Bedeutung sind.

Solange unsere Kenntnisse über den Zusammenhang zwischen Strömungen und Sandwanderung in Tideflüssen noch nicht wesentlich besser sind als heute, stehen wir mit allen Bemühungen, Tideflüsse „optimal" zu regeln, vor einer im Grunde unlösbaren Aufgabe.

Trotz dieses Tatbestandes darf aber der Versuch nicht aufgegeben werden, den Ablauf der Veränderungen zu erfassen, die im Tideverlauf durch eine Regelung auftreten können. Späteren oder nebenher laufenden Arbeiten muß es leider noch überlassen bleiben, das Schlußglied hinzuzufügen, nämlich den wechselseitigen Einfluß der Tide- und Sandbewegung.

Zunächst ist also nur folgende beschränktere Frage zu stellen und zu beantworten: Wenn ein Tidefluß durch irgendwelche baulichen Maßnahmen verändert wird, wie wird sich in ihm der Tideverlauf nach Durchführung der Maßnahmen einstellen?

Es handelt sich bei dieser Fragestellung somit nur noch um ein hydraulisches Problem. Über die Entwicklung der Bemühungen, diese Aufgabe rechnerisch zu lösen, soll nachstehend kurz berichtet werden. Auf Vollständigkeit der Darstellung kann kein Anspruch erhoben werden, da gewiß unveröffentlichte Ansätze vorliegen werden. Die kritischen Bemerkungen sollen auf die am Schluß der Arbeit gegebene Zusammenfassung hinführen.

II. Die verschiedenen Rechenverfahren[1])

A. Das Verfahren von Ludwig Franzius

1. Allgemeines

In den Jahren 1879 bis 1881 entwarf Oberbaudirektor Ludwig Franzius das „Projekt zur Korrektion der Unterweser" (1882, 1890, 1895). Der Ausbau der Unterweser sollte 5 m tiefgehenden Schiffen die Fahrt bis Bremen ermöglichen. Das Ziel des Ausbaues wurde erreicht (Franzius, 1927).

[1]) Aus mancherlei Gründen sind die mathematischen Zeichen für die einzelnen Größen, die in den verschiedenen Verfahren zur Tidewellenberechnung verwendet werden, nicht einheitlich. Soweit es dem Verfasser vertretbar erschien, sind zur Vermeidung von Mißverständnissen einige Zeichen geändert worden, aber nur soweit, daß der Zusammenhang mit den Originalarbeiten dadurch nicht verloren geht. Die Zeichen sind — wenn nötig — im Text jeweils erläutert. Folgende verschiedenen

Fortsetzung Seite 3

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Der Entwurf erhielt eine ausführliche theoretische Begründung (W. HENSEN, 1938). Das Ausbauziel wurde erwartet, wenn eine Vergrößerung der „Stromkraft" ($m \cdot v^2/2$) zu erreichen wäre. Durch Verminderung der Widerstände, die sich dem Auflaufen der Tidewelle entgegenstellten, hoffte FRANZIUS vor allem größere Strömungsgeschwindigkeiten, höhere Fortschrittsgeschwindigkeiten der Tidewelle, höheres Tidehochwasser und längere Flutdauer zu erzielen. Wegen des unbehinderten Ablaufens des Ebbewassers wurde ein tieferes Abfallen des „Ebbespiegels" (= Linie der mittleren Tideniedrigwasser) und damit eine Vergrößerung des Tidehubes und der Durchflußwassermengen erwartet.

Als besonders schädlich sah FRANZIUS Stromspaltungen an, die er daher sämtlich durch Verbau am oberen Ende beseitigen wollte. Weiterhin hielt er Krümmungen, Untiefen, Veränderungen der Querschnittsformen, auch Buhnen für das unbehinderte Auflaufen der Tidewelle für schädlich.

2. Rechnungsgang

a) Für die Berechnung der zu erwartenden Tideverhältnisse wurde das Flußbett als bereits vollständig geregelt vorausgesetzt.

b) Der Oberwasserabfluß und die Tide von See (in Bremerhaven) wurden als unbeeinflußt von der Regelung angenommen.

c) Die Thw- und Tnw-Linien wurden für mittleres Oberwasser der Weser und für eine mittlere Tide angenommen. Dabei nahm FRANZIUS die Thw-Linie nicht wesentlich anders an, als sie vor der Regelung war. Er hielt diese Annahme für „durchaus mäßig und nicht zu günstig". Die Tnw-Linie nahm er tiefer an, „doch nur soviel, als sich mit größter Gewißheit durch die Korrektion erwarten läßt".

d) Aus den so geschätzten Thw- und Tnw-Linien ergaben sich die Tidehübe, deren Vergrößerung den „Kardinalpunkt der ganzen Korrektion" bildete.

e) Die Fortschrittsgeschwindigkeiten der einzelnen, „sich der Höhe nach entsprechenden" Tidewellenpunkte wurden darauf mit der SCOTT-RUSSELschen Gleichung

$$(1) \qquad c = (2gR/2)^{0,5}$$

berechnet, worin jedoch die mittleren Querschnittstiefen R für die einzelnen Tidezeitpunkte zur Sicherheit, d. h. um nicht zu große Fortschrittsgeschwindigkeiten zu erhalten, etwas kleiner angenommen wurden, als dem Regelungsziel entsprach.

f) Auf diese Weise wurde für eine mittlere Tide und für mittleres Sommer-Oberwasser der Weser der Flutast der Tidekurve bestimmt.

g) Der Ebbeast wurde — bei gleichen Voraussetzungen — nicht auf die gleiche Weise gewonnen, sondern zeichnerisch durch Anpassung an eingetretene Tidekurven von möglichst gleicher Höhe und Ebbedauer.

h) Für die Ermittlung der Tidekurven für mittlere Tide und mittleres Oberwasser wurde anders verfahren, da FRANZIUS für diesen Fall die Anwendung der SCOTT-RUSSELschen Gleichung nicht

---

Zeichen sind bewußt, — z. B. um deutlich bleiben zu lassen, daß es sich nur um eindimensionale Betrachtungen handelt —, unverändert gelassen worden:

x-Achse, u-Achse = Flußachse

v = Wassergeschwindigkeit in der x-Achse
u = Wassergeschwindigkeit in der u-Achse
(d. h. in der Flußachse)

R = Hydraulischer Radius ≈ mittlere Querschnittstiefe bei dem jeweiligen Wasserstande

h = mittlere Querschnittstiefe (≈ R) im Differenzenverfahren bei HANSEN und SCHNOOR

h = Wasserstand über der waagerecht angenommenen Ruhelage des Spiegels (NN) im Verfahren BONNET

H = Wassertiefe unter der Ruhelage des Spiegels (NN) im Verfahren BONNET

H_m = Mittelwassertiefe, d. h. Wassertiefe unter Tmw im Verfahren BONNET

z = Höhe eines Wellenteiles über der Ruhelage (NN) im Verfahren BONNET

z = Tiefe bezogen auf den mittleren Wasserstand (Tmw) im Verfahren LORENTZ

ζ = Wasserstand bezogen auf Pegelnull, im Differenzenverfahren bei HANSEN und SCHNOOR.

mehr für zulässig hielt. Er half sich dadurch, daß er die Tidekurven aus den vor der Regelung bei mittlerem Oberwasser eingetretenen und aus den nach der Regelung für mittleres Sommer-Oberwasser nach f) und g) ermittelten Tidekurven „durch Reduktion der analogen Stücke" zusammensetzte.

i) Darauf wurden die Strombreiten zwischen Tnw und Thw vorläufig angenommen, im allgemeinen nach praktischen Gesichtspunkten und nach dem Grundsatz, daß die Breiten stromab stetig zunehmen.

k) Aus den damit vorliegenden Unterlagen an Tidekurven und Strombreiten oberhalb des Tideniedrigwassers wurden die Durchflußmengen aus Kubizierung für mittlere Tide und mittleres Oberwasser erhalten. Sie ergaben sich z. B. für Bremerhaven um ein Sechstel größer, als sie vor dem Ausbau waren.

l) Für die Untersuchung der Räumung wurde statt mit den im Laufe der Tide veränderlichen Geschwindigkeiten mit einer mittleren Geschwindigkeit gerechnet, die nirgends kleiner als 0,50 m/s sein sollte.

m) Die mittleren Geschwindigkeiten wurden der Bestimmung der Querschnittsgröße zugrundegelegt. Die mittleren Ebbeströmungen wurden zu 0,50 m/s (bei Bremen) stromab zunehmend auf 0,92 m/s (bei Bremerhaven) angenommen.

n) Nach Ermittlungen der Querschnittsgrößen wurden die Querschnittsformen festgelegt. Da die Querschnittsformen aber wiederum maßgebend waren sowohl für die Sohlentiefen, die Uferlinien, die Geschwindigkeiten, das Auflaufen der Flutwelle und das Ablaufen des Ebbewassers als auch für die Kosten der Bauausführung usw., ist die vorstehende Ermittlung mehrere Male mit neuen Annahmen angestellt worden, bis sich die „größte Zweckmäßigkeit" nach den meisten Richtungen herausstellte. Als endgültige Querschnittsform ergab sich ein Doppeltrapez, bestehend aus einem Niedrigwasser- und einem Hochwasserbett. Oberhalb Vegesacks wurde nur ein einfacher Trapezquerschnitt gewählt.

o) Unterhalb jedes Seitenbeckens oder Nebenflusses wurde theoretisch eine sprunghafte, praktisch eine allmähliche Querschnitts-(Breiten-)vergrößerung vorgesehen, deren Maß aus dem Verhältnis der Wassermengen gewonnen wurde.

p) Anschließend wurde die entworfene, d. h. angenommene Tideniedrigwasserlinie mit demjenigen Spiegelgefälle verglichen, das nach Einsetzung aller maßgebenden Stücke des Entwurfes für die Zeit des Tnw berechnet wurde. Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß diese Tnw-Linie keine Linie gleichzeitiger Wasserstände (= Tidewellenlinie) ist, hielt es FRANZIUS dennoch für möglich und auch hinreichend, nur die Unterschiede zu vergleichen zwischen dem vorhandenen Gefälle der Tnw-Linie vor der Regelung und dem für denselben Zustand berechneten Gefälle und zwischen dem angenommenen Gefälle des Entwurfes für den Zustand nach der Regelung und dem mit den übrigen beim Entwurf ermittelten Größen berechneten Gefälle. Die Gefälle wurden in beiden Fällen nach der Gleichung von BAZIN

$$(2) \qquad J = (0{,}00029 + 0{,}00035/R) \cdot v^2/R$$

berechnet.

3. Kritik

Die Preußische Akademie des Bauwesens (1886) stimmte den Begründungen von FRANZIUS zu und Otto FRANZIUS (1927) bezeichnete die erste Korrektion der Unterweser als in jeder Beziehung „mustergültige Lösung derartiger schwieriger Ingenieuraufgaben".

Hier geht es jedoch um den rechnerischen Teil seines Entwurfes, der daraufhin geprüft werden soll, ob er als gutbegründet angesehen und als Muster für analoge Anwendungen benutzt werden kann.

Tatsächlich beruht das Verfahren von Ludwig FRANZIUS, wie aus dem vorhergehenden Abschnitt erkennbar sein wird, im wesentlichen auf einer bloßen Schätzung des Verlaufes der Thw- und Tnw-Linien. Außerdem verwendet er den in Tideflüssen unbrauchbaren Begriff der Fortschrittsgeschwindigkeit einer Tidewelle.

Weder im Text noch in der Rechnung läßt FRANZIUS erkennen, daß er bei der Schätzung der Thw- und Tnw-Linien irgendwelche Rücksicht auf die nach dem Ausbau stromauf vor-

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

gesehene Verjüngung der Querschnitte genommen hat. Bekanntlich wird aber der Tidehub im starken Maße von dem sogenannten „Trichtereffekt" beeinflußt.

Es sei an dieser Stelle die Bemerkung erlaubt, daß keineswegs ein „großer Tidehub" gleichbedeutend mit guten Strömungsverhältnissen ist und daß auch der immer wieder anzutreffende Leitsatz, man solle einem Tideflusse bei einer Regelung eine Trichterform geben, in dieser Verallgemeinerung nicht brauchbar ist. Auf diese für Entwürfe sehr wichtige Frage kann hier aber nicht weiter eingegangen werden.

Daß der Begriff der Fortschrittsgeschwindigkeit c der Tidewelle in einem Tideflusse nicht verwendbar ist, wurde vom Verfasser an anderer Stelle näher ausgeführt (1952). Dies liegt daran, daß es im allgemeinen nicht zulässig ist, bei den in der Natur betrachteten Tidekurven an den einzelnen Stellen eines Flusses z. B. die Thw oder Tnw als einander entsprechende Punkte, in diesem Falle als die Scheitelpunkte der in den Fluß einlaufenden Tidewellen anzusehen. Ebensowenig ist es möglich und zulässig, „sich der Höhe nach entsprechende Tidewellenpunkte" (vgl. Abschnitt II. A. 2. e)) auszuwählen. In jedem Tideflusse treten aus verschiedenen Ursachen Reflexionen der von See einlaufenden Tidewellen ein, so daß die an den einzelnen Pegelstellen beobachteten Tidekurven nicht mehr allein der einlaufenden Tidewelle entsprechen, sondern aus ihr und den reflektierten Wellen zusammengesetzt sind.

Auf die Unbrauchbarkeit der SCOTT-RUSSELschen Gleichung (1) zur Berechnung der Fortschrittszeiten einer Tidewelle in einem Tideflusse hat auch REINEKE (1921) hingewiesen.

Vom mathematischen Standpunkt aus kann man das Rechnungsverfahren von Ludwig FRANZIUS nicht als solches gelten lassen. Es stellt keinen Weg dar, auf dem eine Vorausberechnung mit auch nur einigermaßen zutreffender Wahrscheinlichkeit möglich ist.

B. Das Verfahren von OELTJEN

1. Rechnungsgang

Im Jahre 1919 veröffentlichte OELTJEN eine Arbeit unter dem Titel „Über die Berechnung von Flutwellenlinien in einem Tideflusse". Er sah sich durch das bis dahin (nach FRANZIUS) übliche Verfahren, mit der Geschwindigkeitsgleichung $v = k \cdot \sqrt{RJ}$ die Tnw-Linie zu berechnen, — was offensichtlich als unzureichend anzusehen war, — veranlaßt, ein genaueres Rechenverfahren zu entwikkeln, mit dem die Tidewellenlinien einer Tide ermittelt werden können.

Sein Ansatz ist eindimensional, d. h. der Durchflußquerschnitt F ist nur in seiner Größe zu berücksichtigen, nicht dagegen in seiner Form; die Rechnung geht davon aus, daß nur eine Bewegung in der x-Achse (= Flußachse, zu einer Geraden gestreckt gedacht) stattfindet, in der y-Richtung bleiben Zentrifugalkräfte in Flußkrümmungen und Coriolis-Kräfte (= Ablenkung infolge der Erdumdrehung) unberücksichtigt; die Verteilung der Geschwindigkeiten in der Lotrechten (z-Achse) geht ebenfalls nicht in die Rechnung ein, wodurch die besonders wesentlichen Erscheinungen im Brackwasserbereich (zusätzliche Dichteströmungen) nicht erfaßt werden können. Es sei schon an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß diese Beschränkung auf nur e i n e Dimension bei allen Verfahren bis heute noch beibehalten worden ist.

Mit J bezeichnet OELTJEN das relative Gefälle des Wasserspiegels an einer bestimmten Flußstelle i. Er setzt

$$J = J_w + J_p \qquad (3)$$

und versteht dabei unter J_w das Widerstandsgefälle, d. h. den Teil des Gesamtgefälles, der zur Überwindung der Bewegungswiderstände in der Sohle erforderlich ist,

und unter J_p das Beschleunigungsgefälle, d. h. den Teil des Gesamtgefälles, der zur Beschleunigung oder Verzögerung der Stromgeschwindigkeit erforderlich ist.

J_w ermittelt er aus der allgemeinen Abflußgleichung von CHEZY

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

$$v = k \cdot \sqrt{R \cdot J_w} \qquad \text{zu}$$

$$(4) \qquad J_w = \frac{v^2}{k^2 \cdot R}$$

J_p erhält er aus der Gleichung

$$(5) \qquad J_p = \frac{1}{g} \cdot \left[\frac{\Delta v}{\Delta t} + \frac{v \cdot (v_2 - v_1)}{l} \right]$$

Darin bedeuten

$\frac{\Delta v}{\Delta t}$ die Änderung der Geschwindigkeit in der Zeiteinheit,

$v_2 - v_1$ den Unterschied der Geschwindigkeit am oberen (v_1) und unteren (v_2) Ende der Flußstrecke l, in deren Mitte die Flußstelle i liegt, und

v die Geschwindigkeit an der Stelle i.

Aus Gleichungen (3) bis (5) wird

$$(6) \qquad J = \frac{v^2}{k^2 \cdot R} + \frac{1}{g} \cdot \left[\frac{\Delta v}{\Delta t} + \frac{v \cdot (v_2 - v_1)}{l} \right]$$

Aus der schon von HÜBBE (1841) angegebenen sogenannten „Kubizierung" nach dem Ansatz

$$(7) \qquad Q = Q_0 + \Sigma \Delta 0 \cdot s$$

läßt sich die sekundliche Durchflußmenge Q an irgendeiner Stelle des Flusses bei bekanntem durchschnittlichen sekundlichen Fallen (+ s) oder Steigen (— s) des Wassers in einem Flußabschnitt mit der Oberfläche $\Delta 0$ berechnen.

Für die Rechnung wird das Flußbett als bekannt vorausgesetzt, d. h. die Durchflußquerschnitte und Wasseroberflächen als Funktion der Wasserstände.

Begonnen wird die Rechnung mit den geschätzt angenommenen Wasserständen (Tidewellenlinien) und zeitlichen Wasserstandsänderungen an einzelnen Flußstellen für einen bestimmten Zeitpunkt. Mit der Gleichung (7) werden die Durchflußwassermengen für die einzelnen Flußstellen berechnet und sodann die mittleren Stromgeschwindigkeiten v, die Widerstandsgefälle

$$J_w = \frac{v^2}{k^2 \cdot R},$$

die Werte von

$$\frac{v \cdot (v_2 - v_1)}{l}, \frac{\Delta v}{\Delta t}, J_p, J,$$

die absoluten Gefälle in den einzelnen Abschnitten und die Wasserstände an den einzelnen Flußstellen ermittelt. Stimmt die so gewonnene Tidewellenlinie nicht mit der angenommenen Tidewellenlinie überein, so wird diese neu geschätzt. Die Rechnung wird wiederholt, bis eine hinreichende Übereinstimmung zwischen Annahme und Rechenergebnis erzielt ist.

2. Kritik

Angesichts der oben erwähnten, bis heute mathematisch noch nicht überwundenen Beschränkung der Tidewellenberechnug auf nur eine Dimension stellt das Verfahren von OELTJEN gegenüber dem von Ludwig FRANZIUS einen beträchtlichen Fortschritt dar.

Mathematisch unbefriedigend bleibt, daß OELTJEN nicht auf die Frage der Konvergenz seines Ansatzes eingeht. Auch behandelt er nicht die Frage, welchen Wert man für den Abflußbeiwert k in Gleichung (4) und (6) einsetzen soll.

Wenn auch sein Rechnungsgang durch das erforderliche fortlaufende Probieren recht mühsam ist, so hat er doch den für Ingenieure großen Vorteil vor den später noch zu behandelnden Verfahren, daß er durch seine einfachen Ansätze und anschaulichen Ergebnisse (die Tidekurven wachsen unter den Händen des Bearbeiters) schon während der Berechnung stets einen Überblick über den Stand der Ergebnisse liefert.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

C. Das Verfahren von Reineke

1. Rechnungsgang

Reineke (1921) geht von den Eulerschen Grundgleichungen aus und leitet aus ihnen die Gleichung für das Gesamtgefälle ab.

Er erhält

$$(8) \qquad J = J_w + J_p = \frac{v^2}{k^2 \cdot R} + \frac{1}{g} \cdot \left(\frac{dv}{dt} + v \cdot \frac{v_2 - v_1}{x} \right)$$

Diese Differentialgleichung entspricht der Differenzengleichung von Oeltjen.

Er weist darauf hin, daß sich für gegebene Verhältnisse alle Werte der Gleichung (8) aus gemessenen Tidekurven und den daraus herzustellenden Tidewellenlinien bestimmen lassen. Dann braucht man nur den Abflußbeiwert k (Reineke spricht vom „Widerstandskoeffizienten") als alleinige Unbekannte aufzufassen und kann k berechnen.

Sein Rechnungsgang entspricht dem von Oeltjen, so daß auf seine Wiedergabe im einzelnen verzichtet werden kann. Er gibt eine Reihe von nützlichen Ratschlägen für die Durchführung der Rechnung.

2. Beispiele

Nicht nur für die Unterweser, sondern auch für die Niedrigwasser-Regelung der Oberelbe (Hensen 1937) und für die Eider nach ihrer Abdämmung bei Nordfeld (Weinnoldt, 1934) wurde nach diesem Verfahren, meist „Oeltjen-Reineke-Verfahren" genannt, der Tideverlauf für den Flußzustand nach Ausführung der geplanten Arbeiten vorausberechnet. Dabei wurde stets zunächst eine Nachrechnung eines aus der Natur hinreichend bekannten Tideverlaufes vorgenommen, um aus ihr die Abflußbeiwerte k zu ermitteln.

Das zweite Glied in Gleichung (8) $v \cdot \frac{v_2 - v_1}{x}$ erwies sich bei diesen Berechnungen als vernachlässigbar.

3. Kritik

Den mathematischen Nachweis der Konvergenz seines Verfahrens hat auch Reineke nicht erbracht. Aus späteren (unveröffentlichten) Nachrechnungen für die Eider, die keine befriedigenden Ergebnisse lieferten, ist in der Fachwelt der Eindruck entstanden, daß das „Verfahren Oeltjen-Reineke" nicht konvergiere. Ein mathematischer Nachweis, daß es nicht konvergiert, ist allerdings bisher nicht veröffentlicht worden.

Die Frage nach der Konvergenz bedarf zweifellos noch einer Klärung, wenn man sich dieses Verfahrens bedienen will. Es hat sich im übrigen aber — ohne daß daraus ein mathematischer Beweis für die Konvergenz hergeleitet werden soll — bei sehr umfangreichen Rechnungen des Verfassers für die Elbe nach diesem Verfahren gezeigt, daß sich bei Beachtung der Bedingung

$$(9) \qquad Q_o \cdot (D_f + D_e) = \int_{t = K_f}^{K_e} Q_e \cdot dt - \int_{t = K_e}^{K_f} Q_f \cdot dt$$

selbst bei völlig unabhängiger Rechnung durch verschiedene Bearbeiter stets vollständig übereinstimmende Tidekurven ergaben.

Die Gleichung (9) sagt aus, daß bei mittleren Tiden und konstantem Oberwasser der Überschuß der an einer bestimmten Flußstelle bei Ebbe ablaufenden Tidewassermengen

$$T_e = \int_{t = K_{f1}}^{K_{e2}} Q_e \cdot dt$$

über die bei Flut vorher aufgelaufenen Tidewassermengen

$$T_f = \int_{t = K_{e1}}^{K_{f1}} Q_f \cdot dt$$

gleich dem Abfluß des Oberwassers in der vollständigen Tideperiode (von K_{e1} über K_{f1} bis K_{e2} = 12,4 Std.) sein muß.

Das Probieren, das dies Verfahren verlangt, ist natürlich nicht als „mathematisch elegant" zu bezeichnen. Man kann aber durchaus erwarten, daß ein etwas eingearbeiteter Rechner (Ingenieur) meist schon bei der zweiten, äußerstenfalls bei der dritten Annahme zu einer Übereinstimmung zwischen Annahme und Rechnungsergebnis kommen wird.

Der eigentlich kritische Punkt liegt darin, daß man darauf angewiesen ist, den aus einer Nachrechnung von Tiden gefundenen Abflußbeiwert k für die Vorausberechnung in seiner späteren Größe abschätzen zu müssen. Es gibt bisher keinen brauchbaren exakten Weg, den Wert k richtig vorauszusagen. Von ihm hängt aber das Ergebnis der ganzen Tidewellenberechnung im hohen Maße ab. Unten wird noch weiter auf diesen Punkt eingegangen werden.

Das schon 1916 von DE VRIES und BROEKMAN (1916) angegebene Rechenverfahren ist weitgehend mit dem von REINEKE verwandt. Die Ansätze von REINEKE sind etwas handlicher und einfacher. Auf die Wiedergabe des Verfahrens von DE VRIES und BROEKMAN soll deshalb hier verzichtet werden.

D. Das Verfahren von BONNET

1. Rechnungsgang

Für die Wester-Schelde hat BONNET (1922 und 1923) ein besonderes Verfahren zur Berechnung des Tideverlaufes entwickelt.

Auf die sehr ausführlichen Darlegungen BONNETS kann hier nicht im einzelnen eingegangen werden. Das Wesentliche seines Ansatzes ist, daß er die Form der auftretenden Welle berücksichtigt, eine senkrechte Geschwindigkeit zuläßt, die Sohle als waagerecht annimmt und die Reibung als vernachlässigbar ansieht.

Seine Gleichung lautet

$$J = \frac{\delta h}{\delta x} = \frac{1}{g}\left(\frac{\delta u}{\delta t} + u\,\frac{\delta u}{\delta x}\right) + \frac{H}{3} \cdot \frac{\delta^3 h}{\delta x \delta t^2} \tag{10}$$

h = Wasserstand über der waagerecht angenommenen Ruhelage des Spiegels (NN),
H = Wassertiefe unter der Ruhelage des Spiegels (NN).

Ein Vergleich mit Gleichung (8) zeigt, daß — bei der Annahme BONNETS, daß $k = \infty$ (d. h. die Reibung = 0) sei, — das erste Glied in Gleichung (10) dem zweiten Glied in Gleichung (8) entspricht.

Zur Integration der Gleichung (10) wird von BONNET die Fortschrittsgeschwindigkeit c der Tidewelle eingeführt, und zwar in der Form

$$c = \sqrt{g\,(H + z)} \pm u \tag{11}$$

z = Höhe des Wellenteiles über der Ruhelage (NN),
u = Wassergeschwindigkeit.

BONNET führt dann die Reibungskraft in linearer (nicht — wie sonst üblich — in quadratischer) Abhängigkeit von der Wassergeschwindigkeit u ein und setzt die Arbeit der Reibung in der Zeiteinheit gleich dem Verlust an Wellenenergie. Er setzt ferner voraus, daß die mittlere Geschwindigkeit der ganzen Tide (u_m) und die Mittelwassertiefe (H_m) an allen Punkten des Wasserlaufes gleich groß sind. Damit erhält er die Gleichung

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

(12) $$\frac{E}{F_{Thw}} = A$$

Die Wellenenergie E bei Thw (z = h) für einen Abschnitt der Welle von der Länge 1 ist dem Thw-Querschnitt F_{Thw} proportional.

E. SCHULTZE (1934) beschreibt das Verfahren wie folgt:

Der ganzen Berechnung liegt die Annahme zugrunde, daß der Tmw-Spiegel durch den mittleren Rückstrom einer Tide gebildet wird. Ein Teil der Energie der Tidewelle (Stauwelle), die von See her eindringt, wird durch die Widerstände verbraucht. Dies kann entweder durch einen Verlust an Volumen oder an Wellenhöhe geschehen. Infolge der Form der meisten Tideflüsse ist eine Verminderung der Amplitude wenigstens im Mündungsgebiet durchweg nicht in größerem Umfange festzustellen. Die Welle verliert daher vor allem an Volumen in der Weise, daß ein Teil der Wassermenge unter der Wirkung der Schwerkraft nach dem Gesetz der gleichförmigen Strömung abfließt. Es entsteht dadurch ein Gegenstrom flußabwärts, dessen Stärke jeweils von dem Volumenverlust der eindringenden Gezeitenwelle abhängt; sein Verlauf ist also ebenfalls periodisch. Die Gesamtabflußmengen setzen sich danach aus denen der eindringenden Gezeitenwellen und des Gegenstromes zusammen.

2. Kritik

Gegen die Gedankengänge von BONNET und seine vereinfachenden Annahmen sind einige gewichtige Bedenken vorzubringen.

Wohl bedeutet die Reibungsarbeit einen Verlust an Energie einer von See einlaufenden Tidewelle, es kann aber nicht vorausgesetzt werden, daß der Tidehub an irgendeiner Stelle im Fluß ein Kennzeichen der Energie der einlaufenden Tidewelle ist, da durch Reflexion einer einlaufenden Welle und durch Überlagerung der dann zurücklaufenden Welle mit der einlaufenden eine Veränderung des Tidehubes im Fluß eintritt. Deshalb ist der Tidehub an einer bestimmten Stelle auch nicht gleich der Höhe der einlaufenden Tidewelle an der betrachteten Stelle.

Die Fragwürdigkeit einer Berechnung auf Grund der Fortschrittsgeschwindigkeit c der Tidewelle wurde oben (S. 5) schon erwähnt.

In den meisten praktischen Fällen wird die von BONNET getroffene Annahme, daß die mittlere Geschwindigkeit u_m der ganzen Tide und die Mittelwassertiefe H_m an allen Punkten des Wasserlaufes gleich groß sind, keineswegs zutreffen.

Wiederum bleibt aber auch das Problem des Abflußbeiwertes offen und ungelöst. Wohl wird sich ein Wert für k (auch bei der von ihm angesetzten linearen Abhängigkeit von u) für einen bekannten Naturzustand ermitteln lassen, mit dem sich Übereinstimmung zwischen den in der Natur beobachteten Werten (Thb) und den gerechneten erzielen läßt, es bleibt aber völlig unklar, wie man diesen Abflußbeiwert zu ändern hat, wenn man eine Regelung des Flußlaufes plant.

BONNET hat eine gute Übereinstimmung zwischen seinen Rechnungswerten und der Natur festgestellt. Dies berechtigt aber nicht ohne weiteres zu einer Anwendung seines Verfahrens auf andere Tideflüsse, da nicht erwiesen ist, daß die zahlreichen Konstanten seiner Gleichungen auch für andere Ströme gelten (was sehr wahrscheinlich nicht der Fall sein wird). Auch für die Schelde selbst würde bei einer Regelung nachzuweisen sein, daß die Konstanten, die für den bestehenden Zustand gelten, auch für einen anderen Bettzustand gültig bleiben.

In jüngster Zeit trägt sich die Hafenverwaltung Antwerpen mit dem Plan, die Schelde für 50 000 bis 100 000 dwt-Tanker bis Antwerpen schiffbar zu machen. BONNET hat dazu ein Gutachten (1958) erstattet, das auf seinen früheren Arbeiten (1922 u. 1923) aufgebaut ist.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

E. Das Verfahren von KREY

1. Rechnungsgang

KREY (1926) hat im Jahre 1926, als die bisher behandelten Verfahren schon bekannt waren, eine Studie über die rechnerische Behandlung der Geschwindigkeit, der Strömungen und des Arbeitsvermögens einer Flutwelle in Flußmündungen und Meeresbuchten veröffentlicht. Er kritisiert die bisher verwendeten Gleichungen zur Bestimmung der Fortschrittsgeschwindigkeit einer Tidewelle und ihrer Strömungsgeschwindigkeiten, deren Ergebnisse nachweislich nicht mit der Wirklichkeit übereinstimmten. Er betont, daß die Ergebnisse auch nicht der Natur entsprechen konnten, weil die Grundlagen der Rechnung andere waren, als sie in der Wirklichkeit vorhanden sind. Man müsse auch bedenken, daß es sich bei den natürlichen Tidewellen nicht um eine einfache Welle handelt, sondern um die Überlagerung verschiedener Wellen.

KREY versucht, die Rechnung dadurch auf sichere Grundlagen zu stellen, daß er bei der Ermittlung nicht nur die jeweilige mittlere Wassertiefe und Wassergeschwindigkeit berücksichtigt, sondern auch die Ab- oder Zunahme der Wassergeschwindigkeiten, der Bettquerschnitte und der Wasserstände, und zwar „für alle einander entsprechende Punkte" der Tidekurven. Er führt auch den Einfluß der Bettreibung auf die Fortschrittsgeschwindigkeit der Tidewelle ein.

Schließlich hat KREY noch versucht, eine Zerlegung der Tidekurven in die Anteile aus der einlaufenden und der reflektierten Tidewelle vorzunehmen.

KREY geht nicht von den EULERschen Grundgleichungen und der Kontinuitätsbedingung aus, sondern entwickelt seine Ansätze aus der Betrachtung einzelner Phasen im Tideverlauf.

Sein Ansatz für die Fortschrittsgeschwindigkeit der Tidewelle lautet bei Vernachlässigung der Reibung

$$(13) \qquad c = \sqrt{g \cdot \frac{F}{B}} \pm v$$

F = Durchflußquerschnitt
B = Wasserspiegelbreite
v = Wassergeschwindigkeit (+ = Flutstrom, — = Ebbestrom)

Zur Berücksichtigung der Reibung benutzt KREY die CHÉZYsche Gleichung

$$(14) \qquad v = k \cdot \sqrt{R \cdot J}$$

Bemerkenswert ist sein Hinweis, daß k außer von der verschiedenen Rauhigkeit der Bettwandung von der Größe und Form des Durchflußquerschnitts und von anderen Begleitumständen abhängt.

Bei ähnlichen Querschnitten und gleicher Rauhigkeit des Bettes ist nach KREY der Abflußbeiwert k von der Kennzahl $v \cdot R \cdot \varrho$ abhängig. Für das Ebbe- und Flutgebiet größerer Ströme gilt etwa

$$(15\,a) \qquad k = \text{rd. } 45\,(v \cdot R \cdot \varrho)^{0{,}13}$$

für Kennzahlen unter 3,

$$(15\,b) \qquad k = \text{rd. } 48\,(v \cdot R \cdot \varrho)^{0{,}07}$$

für Kennzahlen über 3.

Der Temperaturbeiwert ϱ (s/m²) kann ohne große Fehler = 1 gesetzt werden.

Im übrigen muß auf die Arbeit von KREY (1926) verwiesen werden, da sich ihr Inhalt nicht mit wenigen Sätzen wiedergeben läßt.

2. Kritik

Wie bei allen anderen Verfahren rechnet auch KREY nur eindimensional. Er bringt in seiner Arbeit mehr grundsätzliche Betrachtungen als ein Verfahren zur Vorausberechnung von Tidewellen nach der Regelung eines Tideflusses.

Hervorzuheben ist der erstmals bei ihm zu findende Hinweis, daß der Abflußwert k nicht nur von der Wandrauhigkeit abhängt, sondern auch — wie wir heute sagen — von der „Ungleichförmigkeit" des Flußbettes, d. h. von dem Wechsel in Größe, Form und Lage der auf-

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

einander folgenden Durchflußquerschnitte. Leider macht KREY keinen weiteren Gebrauch von seiner Feststellung und begnügt sich mit dem Hinweis auf die Gleichungen (15 a) und (15 b) für k.

Trotz seines eigenen Hinweises auf die Tatsache, daß im allgemeinen die an den einzelnen Pegelstellen eines Tideflusses beobachteten Tidekurven nicht nur aus der von See einlaufenden Tidewelle erzeugt werden, macht er — wie FRANZIUS — unzulässigerweise Gebrauch von „einander entsprechenden Punkten" benachbarter Tidekurven (vgl. S. 5).

KREY hatte zwar begonnen, ein Beispiel (Elbe) nach seinen Ansätzen durchzurechnen, hat die Arbeit aber nicht zu Ende geführt. Beispiele, die nach seinem Verfahren gerechnet wurden, sind dem Verfasser nicht bekannt.

Da es sich im übrigen auch nur um eine fragmentarische Arbeit handelt, ist das Verfahren praktisch nicht verwendbar.

F. Das Verfahren von LORENTZ

1. Rechnungsgang

Vor der Abschließung der Zuiderzee ist von einem niederländischen Ausschuß untersucht worden, in welchem Maße sich dadurch an der Küste von Nordholland, Friesland und Groningen sowie längs der vor dieser Küste gelegenen Inseln der Wasserspiegel bei Sturmfluten erhöht und die Höhe der Fluten gegen früher vergrößert werden könnte (1933). Das Rechnungsverfahren hierzu ist von LORENTZ und THIJSSE ausgearbeitet und entwickelt worden.

Die Aufgabe unterschied sich von der bei Tideflüssen dadurch, daß die Frage zu beantworten war, wie sich durch die Abschließung der Zuiderzee das Flutrinnennetz im Wattenmeer zwischen den Inseln Texel, Vlieland, Terschelling und Ameland und dem Festland (Abschlußdamm) und der Tideverlauf in ihm verändern würden.

Die Tidekurven wurden in ihrem Verlauf und ihrer konstanten Periode von 12.25 Stunden als Sinuskurven angesehen, so daß für die Tiden und Strömungen die Ansätze der harmonischen Analyse gemacht werden konnten.

Während eine Vorausberechnung der Gezeiten an einer bestimmten Stelle im Tidegebiet auf dem Wege über eine harmonische Analyse der über längere Zeit beobachteten Tiden in Partialtiden (Cosinus-Kurven mit verschiedener Amplitude, Periode und Phase) angestellt werden kann, wobei allerdings angenommen werden muß, daß keine Änderungen in den äußeren Bedingungen im Tidegebiet eintreten werden, hat LORENTZ rechnerisch aus den vor und nach der Abschließung der Zuiderzee bestehenden Randbedingungen (unveränderte Tidekurven seewärts der Seegaten vor den Westfriesischen Inseln, Geschwindigkeiten am Ende der Rinnen = 0) eine Verbindung zwischen den einzelnen Punkten hergestellt.

Die Kontinuitätsbedingung

$$z \cdot \frac{\delta v}{\delta x} = \frac{\delta h}{\delta t} \tag{16}$$

z = Tiefe, bezogen auf den mittleren Wasserstand,
x = Abstand, gemessen in der Achse der Rinne,

drückt die Bedingung der Stetigkeit aus, nämlich daß z. B. der Wasserspiegel in einem Teil der Rinne steigt, wenn von einer Seite mehr Wasser zufließt, als von der anderen abfließt.

Als weitere Gleichung wird die EULERsche Grundgleichung benutzt [vgl. Gleichung (8)]

$$\frac{\delta v}{\delta t} + v \cdot \frac{\delta v}{\delta x} = -g \cdot \frac{\delta h}{\delta x} \pm W \tag{17}$$

Das konvektive Glied $v \cdot \frac{\delta v}{\delta x}$ wird vernachlässigt. Nach Analogie mit dem Ansatz für gleichförmige Bewegung, für die die Reibungen W proportional dem Quadrat der Geschwindigkeit sind, kann man im vorliegenden Fall setzen:

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

$$(18) \qquad W = \pm \frac{g \cdot v^2}{k^2 \cdot R} = \frac{g \cdot v \,|v|}{k^2 \cdot R},$$

worin k der Koeffizient der Abflußgleichung von CHÉZY nach Gleichung (14) ist.

Wenn man in erster Näherung

$$(19) \qquad W = k' \cdot v$$

setzen könnte, dann wäre die Gleichung (17) linear und integrierbar. LORENTZ hat den Wert k' in Gleichung (19) so bestimmt, daß der Ausdruck für die Reibung in linearer Form auftreten kann. Er erhält dafür

$$(20) \qquad k' = \frac{8}{3\pi} \cdot \frac{g \cdot v_{max}}{k^2 \cdot z}$$

LORENTZ hat dabei folgenden Kunstgriff angewandt. Er ersetzte das wirkliche, in v quadratische Widerstandsglied durch ein fiktives, in v lineares Glied, das für eine volle Tideperiode die gleiche Energiemenge zerstreut.

Die Höchstgeschwindigkeit v_{max} in Gleichung (20) ist a priori unbekannt. Sie muß zunächst geschätzt werden. Nach der Berechnung ist der darin gefundene Wert v_{max} mit dem geschätzten zu vergleichen. Notfalls ist, wenn die beiden Werte zu sehr voneinander abweichen, die Rechnung mit einem verbesserten Wert v_{max} zu wiederholen.

Da die Tidewelle durch den Reibungswiderstand geschwächt wird (die Reibung vermindert die Geschwindigkeit der Welle), kann für ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit c nicht die von LAGRANGE angegebene Gleichung für lange Wellen

$$(21) \qquad c = \sqrt{g \cdot z}$$

verwendet werden. LORENTZ entwickelte eine (hier nicht zitierte) Gleichung, nach der c kleiner ist.

Bis hierher war angenommen worden, daß die Rinne einen rechteckigen, auf ihrer ganzen Länge unveränderlichen Querschnitt habe. Um den Umstand zu berücksichtigen, daß tatsächlich die Querschnitte veränderlich sind, wird der natürliche Querschnitt für die Berechnung durch eine Reihe von nebeneinander liegenden Rechtecken ersetzt. Man nimmt an, daß der Austausch von Wasser zwischen diesen einzelnen Rechtecken geschehen kann, ohne daß Widerstände eintreten.

Als Endergebnis aller Rechnungen erhält man den Tidehub der Haupt-Mond-Tide M_2 und den Phasenwinkel ihrer senkrechten und waagerechten Bewegung. In der Zuiderzee sind diese Mondtiden viel größer als die übrigen Einflüsse, aus denen die Gesamtbewegung der Gezeiten entsteht.

Die Wirkung der Erdumdrehung (Coriolis-Kraft) ist bei der Bewegungsgleichung (17) nicht berücksichtigt.

2. Kritik

Das Verfahren von LORENTZ hat als Grundlage für die Berechnung der Tiden vor dem Abschlußdamm der Zuiderzee gedient. Auf Grund seiner Ergebnisse wurde die ursprünglich gewählte Lage des Abschlußdammes verändert.

Wenn man überlegt, ob und inwieweit dieses Verfahren für Flußmündungen im Tidegebiet und für Tideflüsse anwendbar ist, muß man sich vergegenwärtigen, daß u. a. folgende Vereinfachungen und Vernachlässigungen vorgenommen werden:

a) Es wird in erster Näherung nur die Partialtide M_2 erfaßt.

Für die meisten Tideflüsse wird nicht mehr angenommen werden dürfen, daß die M_2-Tide hinreichend den gesamten Tideverlauf wiedergibt. Es ist aber auch nicht ohne weiteres möglich, verschiedene Partialtiden einfach zu superponieren. Versuche des Verfassers (1954, S. 92 f.) haben ergeben, daß es z. B. nicht zu dem gleichen Ergebnis führt, wenn man getrennt oder zusammen eine mittlere Tide und eine Windstauwelle in einen Tidefluß einlaufen läßt, mit anderen Worten: überlagert sich eine Welle einer anderen, dann wird diese davon selbst wieder beeinflußt (verformt).

b) In der Rechnung werden Rechteckquerschnitte der Rinnen vorausgesetzt.

Diese Voraussetzung trifft in Tideflüssen um so weniger zu, je enger sie sind.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

c) Die Reibungseinflüsse werden proportional der Geschwindigkeit angesetzt.

Der sonst übliche Ansatz einer quadratischen Abhängigkeit des Widerstandes von der Geschwindigkeit ist zweifellos richtiger. Es wird von LORENTZ auch zugegeben, daß bei der Annahme der linearen Abhängigkeit des Widerstandes im einzelnen das Ergebnis der Berechnung von der Wirklichkeit etwas abweichen wird. Er meint aber, daß der allgemeine Verlauf der Bewegung auch bei seiner Voraussetzung sehr gut wiedergegeben werde.

Wenn auch das Verfahren von LORENTZ dazu diente, rechnerisch die Tidebewegung in einem Rinnensystem des der niederländischen Küste vorgelagerten Wattengebietes zu erfassen, so kann man es doch nur als ein eindimensionales Verfahren (wie alle übrigen bisher entwickelten Verfahren) bezeichnen.

MAZURE (1937) hat das Verfahren von LORENTZ durch die Einführung eines „Trichterkoeffizienten" auf Tideflüsse erweitert. Probeberechnungen für die Ems von NIEBUHR (unveröffentlicht) haben gezeigt, daß auch diese Erweiterung des Rechenverfahrens dort nicht befriedigte.

Im übrigen hat MAZURE das einfach-harmonische Verfahren von LORENTZ dadurch weiterentwickelt, daß er eine harmonische Analyse des quadratischen Widerstandsgliedes vornahm.

G. Das Differenzenverfahren von HANSEN

1. Rechnungsgang

HANSEN (1955) wendet für die Tidewellenberechnung in einem Tideflusse das in der Ingenieurmathematik auf vielen Gebieten benutzte sogenannte Differenzenverfahren an. Das aus den EULERschen Gleichungen entwickelte System partieller Differentialgleichungen, nämlich Bewegungs- und Kontinuitätsgleichungen für die nichtstationäre Tidebewegung, reduziert sich bei Beschränkung auf die Komponenten in der u-Achse (= Flußachse) auf das System der zwei partiellen Differentialgleichungen, nämlich die Bewegungsgleichung

$$\frac{\delta u}{\delta t} + u \frac{\delta u}{\delta x} + g \cdot \frac{\delta \zeta}{\delta x} = 0 \qquad (22)$$

und die Kontinuitätsgleichung

$$B \frac{\delta \zeta}{\delta t} + \frac{\delta (F \cdot u)}{\delta x} = 0 \qquad (23)$$

(ζ = Wasserstand, bezogen auf Pegelnull
u = Stromgeschwindigkeit in der Flußachse x
t = Zeit
B = Flußbreiten im Wasserspiegel)

In diesen Gleichungen werden neben den Dichteströmungen bei dem Zusammentreffen von See- und Flußwasser die Wirkungen von Quergefälle, Zentrifugalbeschleunigung und Corioliskraft vernachlässigt; sie gelten also nur für ein Gebiet, dessen Querausdehnung klein ist gegen die Länge der Tidewelle und in dem die genannten Einflüsse vernachlässigbar klein sind. Der Einfluß der Reibung ist in den Gleichungen noch nicht berücksichtigt.

HANSEN benutzt folgendes Gleichungssystem

$$\frac{\delta u}{\delta t} + \frac{\varrho \cdot u |u|}{h} + g \frac{\delta \zeta}{\delta x} = 0 \qquad (24)$$

und

$$B \frac{\delta \zeta}{\delta t} + \frac{\delta (F \cdot u)}{\delta x} = 0 \qquad (23)$$

Das konvektive Glied $u \frac{\delta u}{\delta x}$ in Gleichung (22) ist weggelassen. Dagegen ist das Glied $\frac{\varrho \cdot u \, |u|}{h}$ hinzugefügt, das den Energieverzehr durch Reibung und Bettrauhigkeit erfassen soll. Dieses Glied entspricht dem Glied

$$(18) \qquad W = \frac{g \cdot v \, |v|}{k^2 \cdot R}$$

im Verfahren LORENTZ, d. h. $h = R$ und $\varrho = g/k^2$.

In der Vernachlässigung des konvektiven Gliedes $u \frac{\delta u}{\delta x}$ stimmt HANSEN mit den meisten Verfassern überein. Er hat versucht, die Größe des Einflusses dieses Gliedes abzuschätzen und es mathematisch zu deuten. Er ist der Meinung, daß das konvektive Glied die „Ungleichförmigkeit" mathematisch erfaßt. „Ungleichförmigkeit" ist jede, eine Veränderung der Geschwindigkeit in Größe, Richtung und Verteilung hervorrufende Änderung der Form und der Größe des Querschnittes, sowie der Richtung des Flusses.

Die vorhandenen Reibungskräfte, die die Energie der Tidewelle aufzehren, sind nach HANSEN in dem Glied $\frac{\varrho \cdot u \, |u|}{h}$ enthalten.

Aus Naturbeobachtungen gewinnt HANSEN die ζ-Werte in Gleichung (23) und durch Kubizierung die Geschwindigkeiten u. Aus Auflösung der Bewegungsgleichung (24) berechnet er ϱ zu

$$-\varrho = \frac{h + \zeta}{u \cdot |u|} \cdot \left(\frac{\delta u}{\delta t} + g \cdot \frac{\delta \zeta}{\delta x} \right)$$

Alle bekannten Verfahren zur Lösung der Differentialgleichungen (23) und (24) sind Näherungsverfahren, sie approximieren nur die exakten Lösungen, da das System der Differentialgleichungen in analytischer Behandlung unlösbar ist und deshalb numerisch gelöst werden muß.

Mit den beiden Gleichungen (23) und (24) und mit den Randbedingungen

$$x = o \rightarrow \zeta_{0,t} = \zeta_o$$

$$x = L \rightarrow u_{L,t} = u_L$$

ist HANSEN theoretisch in der Lage, durch Vorgabe beliebiger Anfangswerte (zur Rechenersparnis jedoch möglichst solcher, die mit der Natur übereinstimmen) an jeder vorgegebenen Stelle x_i den Wasserstand ζ und die Stromgeschwindigkeit u den angesetzten Gleichungen entsprechend zu berechnen.

Da die Tidebewegung nicht stationär ist, sind außer der Geschwindigkeit u und dem Wasserstand ζ auch die Breite B und der Durchfluß $F \cdot u = Q$ von der Zeit t abhängig, desgleichen das Wasserspiegelgefälle, das je nach Tidephase wie die Stromgeschwindigkeit sein Vorzeichen wechselt.

Die Werte der Durchflußquerschnitte F, der Oberflächenbreiten B und der Gefälle J ermittelt man aus Naturmessungen und Peilungen numerisch und legt sie als Kurvenscharen in Abhängigkeit vom Wasserstand ζ nieder.

Das Differenzenverfahren verwendet das Prinzip, alle Differentialquotienten durch Differenzenquotienten zu ersetzen.

Auf das Verfahren der Rechnungsdurchführung soll hier im einzelnen nicht weiter eingegangen werden.

2. Kritik

Wie alle übrigen Rechenverfahren beschränkt sich das von HANSEN benutzte Differenzen-Verfahren auf eine Dimension. Durch diese Beschränkung kann deshalb auch dieses Verfahren weder den Einfluß der Dichteströmungen im Brackwasserbereich noch Coriolis- und Zentrifugalkräfte erfassen. Ebenso bleibt die Ungleichförmigkeit außer Betracht, wenn sie auch für den Nachrechnungszustand im ϱ-Wert des Reibungsgliedes der Gleichung (24) enthalten ist. Es fehlt aber bei stärkeren Eingriffen in den Tidefluß an einem zuverlässigen Anhaltspunkt dafür, wie der ϱ-Wert für den Regelungszustand anzunehmen ist. Irgendeine Schätzung für ϱ vorzunehmen, ist schon deshalb besonders schwierig, weil sich bei Nachrechnungen von be-

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

kannten Naturverhältnissen stets zeigte, daß ϱ und auch ϱ/h nicht konstant über eine volle Tide sind.

Das von HANSEN für die Tidewellenberechnung benutzte Differenzenverfahren hat gegenüber anderen Verfahren den Vorteil, daß Fehler in den Anfangswerten und Abrundungsfehler während der Rechnung durch Fortschreiten in Richtung der positiven Zeitachse abklingen.

Ein weiterer Vorzug des Verfahrens ist es, daß es ohne Probieren — wie es beim OELTJEN-REINEKE-Verfahren unvermeidlich ist — zum Ziele führt.

Mathematisch ist zwar der Konvergenzbeweis noch nicht streng erbracht worden, es besteht allerdings kein Anlaß, an der Konvergenz des Differenzenverfahrens zu zweifeln.

HANSEN gibt für das erforderliche Verhältnis der Zeitschritte Δt zu dem Abstand Δx der Rechenpunkte die Beziehung an:

$$\Delta t < \sqrt{\frac{2}{g \cdot H}} \cdot \Delta x \tag{25}$$

H ist hier die maximale Tiefe im Untersuchungsgebiet. Wenn man also einen möglichst kleinen Abstand der Rechenpunkte benutzen will, muß man mit kleinen Zeitschritten arbeiten. Dadurch wird der Rechenaufwand sehr hoch.

Ein besonderer Vorzug des Differenzenverfahrens besteht darin, daß es sich für Elektronen-Rechenmaschinen eignet.

Das von HANSEN nach dem Kriege für die Tidewellenberechnung in Deutschland erstmalig angewendete Differenzenverfahren zur Auflösung der hydrodynamischen Grundgleichungen ist auch von den Niederländern zur Tidewellenberechnung herangezogen worden, und zwar schon während des ersten Weltkrieges (18). Die Niederländer DE VRIES und BROEKMAN haben im Jahre 1916 untersucht, ob das bereits im vorigen Jahrhundert (um 1870) in England von ADAMS angewendete (und bereits vorher bekannte) Differenzenverfahren für die Tidewellenberechnung in niederländischen Tideflüssen brauchbar sei. Sie kamen dabei zu einem positiven Ergebnis.

H. Weiterentwicklung des Differenzenverfahrens durch SCHNOOR

Während HANSEN den Quotienten $\frac{\varrho}{h}$ in Gleichung (24) über die ganze Tide unverändert läßt — was den Rechenaufwand beträchtlich vermindert —, berücksichtigt SCHNOOR (1959) die zeitliche Inkonstanz von $\frac{\varrho}{h}$. Er erzielt dabei eine noch weitergehende Übereinstimmung der Rechenergebnisse beim Nachrechnen einer Naturtide in der unteren Ems.

Außerdem leitet er die Bedingungen zum Funktionieren des Differenzenverfahrens her [vgl. Gleichung (25)]. Er findet für die Zeitschritte Δt die Abschätzung

$$\Delta t < \frac{\Delta x}{\left(v + \sqrt{\frac{g \cdot F}{B}}\right)_{max}} \tag{26a}$$

und beim Auftreten von Wattflächen

$$\Delta t < \frac{\Delta x}{\left(v + \sqrt{\frac{g \cdot F}{B}} \sqrt{1 + \frac{B - B_s}{B} \frac{v^2}{v_c^2}}\right)_{max}} \tag{26b}$$

worin B die Speicherraumbreite, B_s die Strombreite und v_c die kritische Stromgeschwindigkeit bedeuten.

Er zeigt ferner, daß es nicht erforderlich ist, die Schrittlänge Δx über die ganze Berechnungsstrecke konstant zu halten.

Schließlich gibt er noch die Rekursionsgleichungen an, die gebraucht werden, wenn man das konvektive Glied $v \frac{\delta v}{\delta x}$, das meist vernachlässigt wird, berücksichtigen und außerdem mit ungleichen Berechnungsabschnitten Δx arbeiten will.

J. Das Potenzreihenverfahren

Neben dem Differenzenverfahren bildet der Potenzreihenansatz eine Möglichkeit, die Differentialgleichungen (23) und (24) numerisch zu lösen. Dieses Verfahren wird vielfach zur Lösung von Differentialgleichungen verwendet, wenn eine analytische Behandlung der Gleichungen nicht möglich ist.

Jede analytische (beliebig oft differenzierbare) Funktion läßt sich in eine konvergente Potenzreihe entwickeln. Faßt man die gesuchten Lösungen als analytische Funktionen auf und setzt ihre Potenzreihenentwicklung mit vorerst unbekannten Koeffizienten in die beiden Differentialgleichungen (23) und (24) ein, dann erhält man Bestimmungsgleichungen für die Koeffizienten, aus denen sich diese rekursiv berechnen lassen. Der Arbeitsaufwand ist allerdings erheblich.

Gute Dienste wird dieses Verfahren stets dort leisten, wo es zur Interpolation der Lösungen benutzt wird, die mit einem anderen Verfahren (Charakteristikenverfahren oder Differenzenverfahren) nur in diskreten Punkten erhalten werden.

K. Das Iterationsverfahren von Dronkers

Dronkers (1954) hat das Iterationsverfahren aus dem Potenzreihenverfahren entwickelt. Es eignet sich zur Beantwortung solcher Fragen, die stark aus dem allgemeinen Rahmen herausfallen. Zu solchen Problemen gehörte die Abdämmung der Maasarme Brielse-Maas und Botlek.

Einer der Vorteile des Verfahrens ist die Möglichkeit wechselnder Schrittlänge, wenn Lösungen in verschieden weit auf der Flußachse voneinander entfernten Punkten gesucht werden. Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit, die Genauigkeit der Lösungen in den einzelnen Punkten dadurch zu variieren, daß man das Iterationsverfahren an verschiedenen Stellen abbrechen kann.

Eine Variation der Schrittlänge ist auch beim Differenzenverfahren möglich, steigert jedoch den erforderlichen Rechenaufwand erheblich.

L. Charakteristikenverfahren von Schönfeld

Das Charakteristikenverfahren ist 1899 von Massau (1899) begründet und auch bereits in die Tidewellenberechnung eingeführt worden, denn Massau legt seinen Entwicklungen gerade die beiden partiellen Differentialgleichungen (23) und (24) zugrunde. Die Gedankengänge von Massau sind in rein mathematischer Hinsicht von R. Courant in seiner Theorie der semi-

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

linearen partiellen Differentialgleichungen weiterentwickelt worden. SCHÖNFELD (1951) hat auf Grund der Überlegungen MASSAUS ein für die Praxis geeignetes (graphisches) Integrationsverfahren entwickelt. Die Differentialgleichungen werden hier auf der Grundlage der charakteristischen Transformation gelöst. Ein Nachteil des Verfahrens ist der Umstand, daß bei nichtlinearen Differentialgleichungen die Seiten des Gitternetzes gekrümmt sind und diese Kurven bei der charakteristischen Transformation durch Polygonzüge approximiert werden müssen, was wieder eine Fehlerquelle darstellt. Auch kann hier nicht von vornherein die Lage der Netzpunkte bestimmt werden; sie ergeben sich erst im Laufe der Rechnung. Auch lassen sich hier nicht immer Schritte in negativer Zeitrichtung vermeiden.

Für eine Behandlung der Tide mit diesem Berechnungsverfahren ist eine mehr oder minder starke Schematisierung des Tideflußgebietes erforderlich.

Für eine Berechnung mit dem Charakteristikenverfahren wird der Fluß in sinnvolle Abschnitte unterteilt. Diese Abschnitte werden in prismatische Kanäle der Breite B'_n umgewandelt. Ebenso wird mit den Wattenflächen verfahren. Sie werden für die Rechnung durch prismatische Kanäle der Breite B''_n ersetzt. Die Tiefen $h'_n > h''_n$ sind hierbei abhängig vom Wasserstand. Bei Verwendung von harmonischen Verfahren ist die Schematisierung noch weitgehender.

Diese Schematisierung ist jedoch keineswegs eindeutig. Nach Mitteilung von DRONKERS und SCHÖNFELD (1954) bedarf es eines hohen Maßes an Erfahrung, um dieses Verfahren erfolgreich durchzuführen. Die Güte der Schematisierung wird durch eine „Nachrechnung des bestehenden Zustandes" überprüft. Die Schematisierung wird, falls erforderlich, solange verändert, bis befriedigende Ergebnisse erzielt werden. Es entfällt hier ein großer Teil der erforderlichen Rechenarbeit auf die Schematisierung. Die Lösung dieser Aufgabe ist wegen ihrer komplizierten mathematischen Grundlagen und der stark von der mathematischen Erfahrung abhängigen Schematisierung „an das Vorhandensein speziell versierter Mathematiker gebunden", somit für den Ingenieur in der Praxis nur schwer verwendbar.

Mit dem Charakteristikenverfahren ist z. B. die Auswirkung der Abdämmung der Ijssel vorausberechnet worden (1954).

Die bei dem Charakteristikenverfahren auftretenden sehr umfangreichen Versuchsrechnungen sind keine „Geradeausrechnungen", für die sich ein „Programm" aufstellen läßt. Die direkten Rechnungsgänge, z. B. nach dem Differenzenverfahren, lassen sich dagegen elektronisch durchführen.

Nach neueren Mitteilungen (SWA EMDEN 1958) wird das Charakteristikenverfahren in den Niederlanden kaum noch verwendet.

III. Zusammenfassung

In der Einleitung wurde bereits darauf hingewiesen, daß — bei dem gegenwärtigen Stande unserer noch durchaus lückenhaften Kenntnisse über die Zusammenhänge zwischen Strömung und Sandbewegung in den Tideflüssen — der Wunsch, die Veränderungen im Tidegebiet durch irgendwelche baulichen Maßnahmen (auch Baggerungen) rechnerisch genau zu erfassen, nicht erfüllt werden kann. Weder ist es möglich, rechnerisch für ein bestimmtes Ziel, z. B. für eine Vertiefung des Fahrwassers anzugeben, welche Baumaßnahmen zu seiner Erreichung erforderlich sind, noch kann auf rechnerischem Wege genau und sicher nachgewiesen werden, ob durch eine Regelung, die aus irgendwelchen anderen Überlegungen entworfen worden ist, das gesteckte Ziel erreicht und beständig erhalten werden kann.

Trotzdem haben Tidewellenberechnungen beträchtlichen Wert für den Ingenieur, der sich den verschiedensten Aufgaben im Tidegebiet widmen muß, ob es sich nun um Aufgaben im

Interesse der Schiffahrt oder der Entwässerung oder um Fragen des Landesschutzes handelt. In der Hand erfahrener Ingenieure können die Ergebnisse aus einer rechnerisch gewonnenen „Bilanz" über die in der Tidebewegung vorhandenen Erscheinungen und Kräfte ein sehr nützliches Hilfsmittel zur Lösung seiner Aufgaben am Tideflusse sein.

Alle vorstehend beschriebenen Rechenverfahren beschränken sich auf eine e i n dimensionale Behandlung des Tideverlaufes. Dadurch ist es vorläufig unmöglich,

1. die Einflüsse des Brackwassergebietes (Dichteströmungen) in der Tidewellenberechnung zu erfassen,
2. die Coriolis- und Zentrifugalbeschleunigungen zu berücksichtigen und
3. die „Ungleichförmigkeit" des Flußbettes in die Rechenansätze gesondert aufzunehmen.

Der Punkt 1 (Dichteströmungen) spielt gerade in den Flußmündungsgebieten eine besondere Rolle, in denen meist die größten Schwierigkeiten in der Tiefhaltung der Fahrwasserrinnen vorliegen.

Der Punkt 2 (Coriolis- und Zentrifugalbeschleunigungen) verursacht beträchtliche Abweichungen in der Lage der Flut- und Ebberinnen in breiteren Tideflüssen.

Der Punkt 3 (Ungleichförmigkeit) berührt das noch am wenigsten geklärte Problem der „Abflußwiderstände", die eben nicht nur in Wand- und Sohlenreibungen bestehen. Die Ungleichförmigkeit ist in sandführenden Flachlandflüssen nach Ermittlungen des Verfassers weit (bis 3 mal) größer als die Sohlenreibung im engeren Sinne. Wenn man, wie es meist sein wird, durch eine Regelung des Flusses die Ungleichförmigkeit wesentlich verändert (meist vermindert), fehlt es an einem zuverlässigen Anhaltspunkt dafür, welche Veränderung in der Rechnung zu berücksichtigen ist. Man kann auch sagen, daß das sogenannte Reibungsglied in Gleichung (24) $\frac{\varrho \cdot u\,|u|}{h}$, in das zwangsläufig bei der Nachrechnung einer Tidewelle alle Reibungseinflüsse einschließlich der Ungleichförmigkeit eingehen, noch einer Ergänzung oder mathematischen Umwandlung bedarf, um beide Einflüsse (Reibung und Ungleichförmigkeit) gesondert wiederzugeben.

Je kürzer in der Tidewellenberechnung nach dem Differenzenverfahren die Schrittlängen Δx (vgl. Gleichung [25] und [26]) gewählt werden, desto mehr könnte dadurch wenigstens ein Teil der Ungleichförmigkeit berücksichtigt werden. Der Umfang der Rechnungen wächst dann allerdings sehr beträchtlich.

Die Frage, welches Verfahren am besten ist, läßt sich nicht allgemein beantworten, da die Gewohnheit und Übung eines Bearbeiters solcher Aufgaben jeweils zur Bevorzugung des einen oder anderen Verfahrens führen wird. Vom Gesichtspunkt der modernen Rechentechnik mit elektronischen Rechenmaschinen muß das Differenzenverfahren, insbesondere das von Schnoor weiterentwickelte Verfahren von Hansen, als das zweckmäßigste und handlichste bezeichnet werden.

Zum Schluß soll noch darauf hingewiesen werden, daß alle Bemühungen, die Tidewellenberechnungsverfahren weiter zu vervollkommnen, nur dann Aussicht auf Erfolg haben, wenn die Grundlagen aus der Natur, d. h. Peilungen des Flusses, Wasserstandsangaben (nach der Zeit und der Höhe) usw. mit hinreichend großer Zuverlässigkeit zur Verfügung stehen.

IV. Schriftenverzeichnis

1. Bonnet, L.: Contribution à l'étude théorique des fleuves à marée du bassin de l'Escaut maritime. Ann. Travaux Publ. Belgique, Bruxelles 1922 u. 1923.
2. Bonnet, L.: La Navigabilité de l'Escaut pour navires de grand tirant d'eau. Anvers 1958.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

3. Boussinesq, M. J.: Théorie de l'écoulement tourbillonnant et tumultueux des liquides dans les lits rectilignes à grande section. I. II. Paris 1897.
4. Dronkers, J. J. u. Schönfeld, J. C.: Tidal Computations in shallow water. (Umdruck.) Den Haag 1954.
5. Franzius, L.: Projekt zur Korrektion der Unterweser. Leipzig 1882.
6. Franzius, L.: Der Wasserbau. S. 192, Berlin 1890.
7. Franzius, L. u. Buecking, H.: Die Korrektion der Unterweser. Leipzig 1895.
8. Franzius, O.: Der Verkehrswasserbau. Berlin 1927.
9. Hansen, W.: Tidewellenberechnung für die Ems. (Unveröffentlichter Bericht für das Wasser- und Schiffahrtsamt Emden, April 1955).
10. Hensen, W.: Der Entwurf für die Niedrigwasser-Regelung der Elbe im oberen Tidegebiet. Deutsche Wasserwirtschaft, H. 3, S. 41 f., 1937.
11. Hensen, W.: Über den Ausbau der Unterweser, insbesondere über seine theoretischen Grundlagen. Kleine Studie Nr. 27 aus dem Büro für Gewässerkunde der Wasserstraßendirektion Hamburg vom 4. 3. 1938 (unveröffentlicht).
12. Hensen, W.: Über die Fortschrittsgeschwindigkeit der Tidewelle in einem Flusse. Mitt. Hannov. Versuchsanst., H. 2, S. 89 f., 1952.
13. Hensen, W.: Modellversuche für die untere Ems. Mitt. Hannov. Versuchsanst., H. 6, 1954.
14. Hübbe, H.: Einige Wasserstandsbeobachtungen im Fluthgebiete des Elbstromes. Hamburg 1841.
15. Krey, H.: Die Flutwelle in Flußmündungen und Meeresbuchten. Mitt. Versuchsanst. Wasserbau u. Schiffbau Berlin, H. 3, Berlin 1926.
16. Massau, J.: Mémoire sur l'intégration graphique des équations aux dérivées partielles. Gent 1899.
17. Mazure, J. P.: De berekening van getijden en stormvloeden op benedenrivieren. Diss. Den Haag 1937.
18. Müller, F. u. Schnoor, E.: Reisebericht über Dienstreise nach Den Haag vom 12./15. Dezember 1956 (Prof. Hensen, Dr.-Ing. Müller, Schnoor). (Akte des Wasser- und Schiffahrtsamtes Emden C/93) 1957.
19. Müller, F., Schnoor, E. u. Schreier: Stellungnahme zum Artikel Rubbert: „Die Vertiefung der Tideflüsse als hydraulisches Problem", erschienen im „Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau", Heft 11. Oktober 1958. Manuskript (unveröffentlicht). 1958.
20. Oeltjen, J.: Über die Berechnung der Flutwellenlinien in einem Tideflusse. Zentralbl. Bauverw., H. 27, S. 137, 1919.
21. Reineke, H.: Die Berechnung der Tidewelle im Tideflusse. Jahrb. Gewässerk. Norddeutschlands. Bes. Mitt. Bd. 3, Nr. 4, Berlin 1921.
22. Rubbert, F. K. u. Schnoor, E.: Reisebericht über eine Auslandsreise nach Den Haag vom 24. bis 28. März 1958. (Akte des Wasser- und Schiffahrtsamtes Emden) 1958.
23. Rubbert, F. K.: Die Vertiefung der Tideflüsse als hydraulisches Problem. Bericht über die Berechnungsmethoden und ihre Problematik. I. Das instationäre Widerstandsproblem. Mitt.Bl. Bundesanst. Wasserbau, Nr. 11, Karlsruhe 1958.
24. Saint-Venant, B. de: Théorie du mouvement non permanent des eaux, avec application aux crues des rivières et à l'introduction des marées dans leur lit. I. Compte Rendus Acad. Sci. t. 73, S. 147—154, Paris 1871.
25. Schnoor, E.: Anwendung des „Differenzenverfahrens" bei der Tidewellenberechnung in den von den Gezeiten beeinflußten Flüssen. Der Bauingenieur, H. 6, 1959.
26. Schönfeld, J. C.: Propagation of tides and similar waves. Diss. Den Haag 1951.
27. Schultze, E.: Die Bestimmung der Abflußverhältnisse im Tidegebiet. Die Bautechnik 12, H. 34, S. 438 f.; H. 38, S. 493 f., 1934.
28. Thijsse, J. Th.: Einfluß der Abschließung der Zuiderzee auf das Verhalten der Gezeiten längs der niederländischen Küste. Ztschr. Intern. Ständ. Verb. Schiffahrtskongresse Brüssel, H. 15, S. 59, 1933.
29. Vries, G. H. de u. Broekman: Invloed van eb en vloed op benedenrivieren. De Ingenieur, S. 544 f., 1916.
30. Weinnoldt, E.: Die Eiderabdämmung. Deutsche Wasserwirtsch. H. 6, S. 117, 1934.
31. Gutachten der Akademie des Bauwesens. Deutsche Bauzeitung 1886.
32. Verslag Staatscommissie Zuiderzee 1918 bis 1926. s'Gravenhage 1926.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

„Landgewinnung und Landerhaltung in Schleswig-Holstein"

Gedanken zum Werk von MÜLLER-FISCHER *über das „Wasserwesen an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste"*

Von J. M. Lorenzen

Vorbemerkung

Während der Drucklegung dieses Aufsatzes ist der Verfasser des besprochenen Werkes, Regierungs- und Baurat Dr.-Ing. FISCHER, *am 7. Juni 1959 im 59. Lebensjahr unerwartet in seinem Berliner Heim gestorben.*

Allzufrüh hat FISCHER *die Feder für immer beiseitelegen müssen zu einem Zeitpunkt, als das vorbildliche Quellenwerk gerade abgeschlossen war.*

Durch dieses außergewöhnliche Dokumentarwerk über die Nordfriesischen Inseln und über Geschichte und Wandlungen der schleswig-holsteinischen Westküste wird FISCHERS *Name für immer mit der deutschen Küstenforschung verbunden bleiben.*

Mit dem 4. Band „Stapelholm und Eiderniederung" ist für das Wasserwesen an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste ein Werk vollendet worden, das als Quellenwerk für die Geschichte und für alle Arbeiten an der schleswig-holsteinischen Westküste in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft nicht hoch genug bewertet werden kann. Das Gesamtwerk umfaßt folgende Bände und Titel:

I. Teil: Die Halligen (1917)

2 Bände und Mappe: 23 Tafeln

II. Teil: Die Inseln

Folge 1. Allgemeines (1938)
Folge 2. Alt-Nordstrand (1936)
Folge 3. Nordstrand (1936)
Folge 4. Pellworm (1936)
Folge 5. Amrum (1937)
Folge 6. Föhr (1937)
Folge 7. Sylt (1938)

III. Teil: Das Festland

Band 1: Sonderprobleme und Einzelfragen des Küstenraumes (1955)
Band 2: Nordfriesland (1955)
Band 3: Eiderstedt (1956)
Band 4: Stapelholm und Eiderniederung (1958)
Band 5: Dithmarschen (1957)
Band 6: Elbmarschen (1957)
Band 7: Hydrographie des Küstengebietes (1955)
Kartenmappe: 41 Wattkarten 1 : 25 000.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Das Werk selbst hat eine mehr als fünfzigjährige Geschichte. Zu Beginn dieses Jahrhunderts begann der Preußische Staat, sich mit umfassender Planung und technischen Arbeiten des Küstenschutzes und der Landgewinnung anzunehmen. Er dehnte diese Arbeiten bald auch auf das Vorfeld der Küste, das Wattenmeer, aus. Das Alarmzeichen für den Beginn der staatlichen Arbeiten war der drohende Verlust aller Halligen, für deren Erhaltung sich neben vielen friesischen Landsleuten vor allem Dr. Eugen TRÄGER eingesetzt hat. Man war sich zwar noch nicht voll darüber im klaren, daß der Zerstörungsvorgang an den Halligen Teil eines weit größeren Geschehens war, nämlich der Veränderungen des Wattenmeeres und ihrer Auswirkung auf die gesamte Küste. Man erkannte aber, daß die Naturvorgänge und die daraus abzuleitenden Folgerungen nur bei einer gründlichen Kenntnis der geschichtlichen Entwicklung des Raumes vor den Deichen und der in ihm wirksam gewesenen Kräfte, aber auch bei genauer Kenntnis der Eingriffe des Menschen abschließend beurteilt werden können. Diese Erkenntnis war der eigentliche Grund für den Auftrag des Preußischen Ministers der öffentlichen Arbeiten an den Königlichen Baurat Friedrich MÜLLER im Jahre 1902, eine umfassende Geschichte des Wasserwesens an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste zu schreiben.

MÜLLER hatte sich vorgenommen, die Arbeit in drei große Abschnitte, „Die Halligen", „Die Inseln" und „Das Festland" zu gliedern. Er schreibt im Vorwort zum 1. Band „Die Halligen" unter anderem folgendes:

> „Zu einer rechten Beurteilung der gegenwärtigen Zustände und zukünftigen Verhältnisse kann eine eingehende Kenntnis der Vergangenheit in hohem Grade beitragen. Ja, die Gegenwart erscheint erst im rechten Lichte und das Verständnis der ganzen Gestaltungsformen der heutigen Westküste wird erst zu einem klaren, wenn der geschichtliche Werdegang dieses wohl eigenartigsten Teiles unserer vaterländischen Küste vor Augen liegt. Wenn auch kein Zweig der Ingenieurwissenschaften, gerade wie der Wasserbau und davon insbesondere der Seebau, mit seiner gewichtigen Rolle im wasserwirtschaftlichen Leben zu einer geschichtlichen Behandlung sich so vorzüglich eignet, so ist doch die diesbezügliche Literatur eine ziemlich dürftige. Durch das vorliegende Werk soll nach Möglichkeit zur Ausfüllung dieser Lücke beigetragen werden."

MÜLLER hatte eine Fülle von Material zusammengetragen und hieraus den ersten Teil „Die Halligen" bis zum Druck fertiggestellt. Der erste Weltkrieg und MÜLLERS früher Tod ließen dann eine längere Unterbrechung eintreten. Dem Nachfolger MÜLLERS in der Bearbeitung des Werkes, dem Regierungs- und Baurat JACOBY, der über acht Jahre mit großem Fleiß und starker Liebe zur Sache tätig war, wurde schließlich aus politischen Gründen die Arbeit aus der Hand genommen. An seine Stelle trat im Jahre 1934 im Auftrage des Preußischen Minsters für Landwirtschaft, Domänen und Forsten der Regierungsbaurat Dr.-Ing. FISCHER, der in den Jahren 1935 bis 1938 den II. Teil „Die Inseln" bearbeitete und herausgab. Die Bearbeitung und Herausgabe des III. Teiles „Das Festland" wurde durch den zweiten Weltkrieg verhindert. Viel wertvolles Material für diese Arbeit ging im letzten Krieg verloren.

Im Jahre 1952 erhielt Dr. FISCHER auf Anregung von Ministerialrat WEINNOLDT, Professor Dr. IWERSEN und dem Verfasser vom Schleswig-Holsteinischen Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten den Auftrag, das große Werk mit dem III. Teil „Das Festland" abzuschließen. In diesem letzten Teil hat FISCHER auch wichtige Teile des Wattenmeeres und seiner Gewässer in die Arbeit einbezogen. Dieses Gebiet war vor dem letzten Kriege Gegenstand eingehender erdgeschichtlicher, bodenkundlicher, siedlungsgeschichtlicher und gewässerkundlicher Untersuchungen durch die Forschungsstelle Westküste geworden, und daraus konnten neue und wesentliche Erkenntnisse über Ursache und Wirkung der Aufbau- und Zerstörungstätigkeit des Meeres gewonnen werden.

Nachdem der Inhalt von Teil I „Die Halligen" und von Teil II „Die Inseln" bereits vor

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

dem letzten Kriege eingehender gewürdigt worden ist[1]), erscheint eine Würdigung des dritten Teiles und ein abschließendes Wort zum Gesamtwerk nicht allein zum Lob des Werkes und seiner Verfasser, sondern zur Bedeutung der Arbeit überhaupt angebracht.

FISCHER nennt seine Arbeit im Vorwort zum ersten Band des III. Teils ein „Quellenwerk über das Deich- und Wasserwesen an der schleswig-holsteinischen Westküste". Tatsächlich hat FISCHER für diesen Raum eine erstaunliche Quellensammlung zusammengetragen, wie man sie so umfassend und vielseitig für ein geographisch begrenztes Gebiet nur ganz selten antrifft. Das Aufspüren dieser Quellen in Staatsarchiven und darüber hinaus in den kleinsten Gemeinwesen und das Sichten der gewonnenen Unterlagen ist eine außerordentliche Leistung, die nicht allein durch technisches Können und wissenschaftlichen Spürsinn, sondern auch durch kritische Auswertung zahlreicher Unterhaltungen mit interessierten und erfahrenen Männern der Küste erreicht wurde.

Eine besondere Bereicherung des MÜLLERschen Planes stellen die Bände 1 und 7 des III. Teils dar. Der Band 1 behandelt „Sonderprobleme des Küstenraumes" und der Band 7 „Hydrographie des Küstengebietes", soweit deren Themen von grundsätzlicher Bedeutung für die ganze Küste sind. FISCHER kann sich dabei auf sehr gründliche Forschungen in einem besonders fruchtbaren Zeitabschnitt der dreißiger Jahre stützen, in dem über Entstehung und Veränderung des Wattenmeeres ganz neue Erkenntnisse gewonnen wurden. Er nutzt diese und spätere Ergebnisse und weist zugleich auf Lücken in der Erkenntnis hin, die weiteren Untersuchungen den Weg weisen. Er würdigt den Wert der erstmaligen Vermessungen des ganzen Wattenraumes durch Luftbild, Nivellement und Peilung, die zusammen mit dem Strombild der Wattströme eine bis dahin in der Geschichte nicht vorhandene eindeutige Grundlage für die Beurteilung der zu erwartenden Veränderungen geschaffen haben.

Während sich MÜLLER in seinen Bänden über die Halligen noch mit einer einfachen Gegenüberstellung der damals noch spärlichen geologischen Kenntnisse über Entstehung und Entwicklung des Küstenraumes begnügen mußte, kann FISCHER seinen Bericht auf die umfassenden geologischen Untersuchungen der Forschungsstelle Westküste stützen, durch die an Hand zahlloser neuer Aufschlüsse die Kenntnis der erdgeschichtlichen Entwicklung des Küstenraumes entscheidend vertieft und abgerundet wurde.

Ebenso ist der Beitrag der Forschungsstelle zur Siedlungsgeschichte der Westküste neu. Das spätmittelalterliche Siedlungsbild unserer Küste fügt sich als ein unentbehrliches, kritisches Bindeglied zwischen den geologischen Erkenntnissen einerseits und dem Bild der frühesten Siedlungen bis zur Gegenwart andrerseits in glücklicher Form ein.

Die Forschungen DITTMERS und BANTELMANNS haben zugleich wichtige Hinweise zu dem bereits von MÜLLER im ersten Teil „Die Halligen" ausführlich behandelten Problem der Küstensenkung geliefert. Sie gestatten nunmehr in Verbindung mit den Arbeiten der Geodäten, die den Wasserbauer seit Jahrzehnten bewegende Frage nach der Niveauverschiebung im Küstenbereich Schleswig-Holsteins zu beantworten.

Unter den von FISCHER zitierten Forschungsergebnissen im Wattenmeer ist auch die erstmalige gründliche Bestandsaufnahme der oberen Wattschichten nach biologischen und bodenkundlichen Gesichtspunkten als Grundlage für die Beurteilung der Eindeichungswürdigkeit

[1]) THEODOR MÖLLER in: „Die Heimat", 1918
REIMER HANSEN in: „Ztschr. Ges. f. S.-H. Geschichte", 1922
LUDWIG ANDRESEN in: „Die Heimat", 1924
VOLQUART PAULS in: „Ztschr. Ges. f. S.-H. Geschichte", 1935 und 1937
JOHANN M. LORENZEN in: „Zentralbl. d. Bauverwaltung", 1938
und andere.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

einzelner Wattgebiete zu nennen. Diese Wattaufnahme hat mit den laienhaften Vorstellungen über große Eindeichungsmöglichkeiten in Nordfriesland nach holländischem Muster aufgeräumt und nachgewiesen, daß von den etwa 80 000 ha trockenfallenden Watts höchstens 17 000 ha in Küstennähe eindeichungswürdig sind.

FISCHER hat die erste abgerundete Darstellung fast aller Forschungsergebnisse der letzten 25 Jahre gegeben, die sich mit dem geschichtlichen Ablauf der Entwicklung im großen beschäftigen. Viel mehr noch als für die Forschung gilt das für die Darstellung der menschlichen Eingriffe in das große Naturgeschehen durch die Geschichte des Deichbaues und der Landgewinnung sowie der Entwässerung. Immer wieder hat FISCHER hier den Menschen und die Gemeinschaft der Küstenbewohner in den Mittelpunkt der historischen Darstellung und Kritik gestellt und damit dem Gesamtwerk trotz der historischen Blickrichtung eine zwingende zeitnahe Bedeutung gegeben. Auf den sehr interessanten Abschnitt im ersten Band über die Entwicklung und Bedeutung der Gesetzgebung und Verwaltung im Deich- und Wasserwesen wird später noch näher einzugehen sein.

Mit dem — zeitlich dem Band 1 folgenden — Band 7, der die „Hydrographie des Küstengebietes" behandelt, hat FISCHER im Einvernehmen mit seinem Auftraggeber den ursprünglichen Rahmen seines Auftrages erweitert. Über dieses Gebiet gab es bis dahin eigentlich nur eine Darstellung in dem Werk „Die Küstenflüsse" von KRES (1911). KRES hat sich jedoch in der Nordsee mehr mit den Tideflüssen selbst, weniger mit der Tideerscheinung im Wattenmeer und den Wechselbeziehungen zwischen den Formen im Wattenmeer und den sie gestaltenden Kräften befaßt. Erst die Kenntnis dieser Wechselbeziehungen verschafft uns aber den Schlüssel für die Beurteilung aller menschlichen Eingriffe, sei es im Wege der Verteidigung oder des Angriffs. FISCHER hat es unternommen, in seiner Hydrographie über eine Beschreibung der Tideerscheinung und ihrer Änderung hinaus eine Klärung und Deutung der säkularen Entwicklung an einzelnen Beispielen herbeizuführen, und hat sich vor allem auf die Beobachtungen und Messungen der Küstenforschung und die daraus gewonnenen Erkenntnisse gestützt. Ihm standen hierbei besonders die eingehenden Beobachtungen und Vorarbeiten für den Wattenraum Hever-Norderaue und für die Eider zur Verfügung. Die angeführten Beispiele reichen aber nicht aus, um die Beziehungen zwischen den Gezeitenkräften und der Küstenform im ganzen Küstenraum zu klären. Die Lösung dieser Aufgabe bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten, die sich sowohl auf das Gebiet vor Dithmarschen und Eiderstedt, als vor allem erheblich weiter nach See erstrecken müssen.

In seiner „Hydrographie des Wattenmeeres" hat FISCHER verständlicherweise in erster Linie den durch die Forschungsstelle Westküste bearbeiteten küstennahen Teil des Wattenmeeres und die in ihm wirksame Wasserbewegung erfaßt und dargestellt. Auf die Notwendigkeit, die Untersuchungen vom inneren Raum auf den äußeren Saum des Wattenmeeres mit den Sänden, ihre Formänderungen und auf die dort tätigen Kräfte auszudehnen, hat der Verfasser bereits vor dem Kriege nachdrücklich hingewiesen. Der Ausbruch des Krieges hat die Durchführung solcher Untersuchungen nicht mehr zugelassen. Wir wissen aus dem ostfriesischen und dem dithmarscher Küstenraum, aber auch aus den Mündungsbereichen aller großen Tideströme, daß die von See her wirkenden Kräfte, Strom und Brandung, eine fortwährende Umlagerung der Sände herbeiführen und die Mündungstrichter der großen Ströme ständig umformen, ohne daß hier der Mensch entscheidend eingreifen kann. Hatten wir im inneren Raum des Wattenmeeres als Voraussetzung für den Erfolg aller menschlichen Arbeit die Klärung der Frage nach der Herkunft der landbildenden Sinkstoffe gefordert, so haben wir nun im großen Rahmen die Frage nach der Herkunft und der Bewegung der den Wattsockel gegen die freie Nordsee begrenzenden Außensände vor dem Wattenmeer zu stellen und zu

beantworten. Die Sandwanderung und die sie bewirkenden Kräfte sind für die Entwicklung im inneren Wattenmeer selbst von ausschlaggebender Bedeutung. Wieweit die von außen wirksamen Kräfte mit denen im Wattenmeer im Gleichgewicht stehen, dürfte zwar in erster Linie von überregionalen und von Menschenhand wenig beeinflußbaren Vorgängen abhängen, jedoch kann der Mensch das Verhältnis beider Kräftegruppen in gewissen Grenzen dadurch ändern, daß er im Bereich des Wattenmeeres oder der Mündungstrichter den Einstrom oder den Austritt durch Ausweitung, Einengung oder Absperrung zweckentsprechend ändert. Beispiele hierfür sind an unserer Küste der Hindenburgdamm, der — ebenso wie vor 300 Jahren die Eindeichung der Wiedingharde — das Hörnumtief verändert hat, und die Eiderabdämmung, durch welche im Mündungstrichter der Eider die räumende Kraft der Tidebewegung im Ebbstrom verringert wurde. Es stellt sich daher die wichtige Aufgabe, dem Vorgang der Sandwanderung näherzukommen und im einzelnen der durch sie bewirkten Formänderung der Sände, besonders an den Mündungstrichtern der Flüsse und Wattströme, an unserer Westküste nachzugehen. Diese Aufgabe ist schwierig und läßt sich wahrscheinlich nur nach starker Reform der bestehenden Methoden und unter Einbeziehung der holländischen und der niedersächsischen Küste im Süden und der dänischen Küste im Norden klären. An der Klärung dieses Problems sind Bund und Länder, ersterer wegen der Weiterentwicklung seiner Wasserstraßen, letztere aus dem Blickpunkt des Küstenschutzes und der Vorflut, lebhaft interessiert.

Wie FISCHER selbst angibt, hat er sein Quellenwerk bei Darstellung der Einzelheiten so aufgeteilt, daß er jeder Landschaft, in der sich ein besonderes Eigenleben entwickelt hat, einen besonderen Band widmet. Die Einteilung nach der bekannten Gliederung der Küste in „Nordfriesland", „Dithmarschen" und die „Elbmarschen", wäre weder dem gestaltenden Wirken der Natur, noch dem der Menschen, die sich — in den einzelnen Landschaften verschieden — mit den Naturkräften auseinanderzusetzen haben, gerecht geworden. So ist die Geschichte des Deich- und Wasserwesens in der aus drei Inseln zusammengedeichten Halbinsel Eiderstedt (Band 3) ebenso verschieden von der in Nordfriesland (Band 2) wie von der Landschaft Stapelholm und dem Eidergebiet (Band 4). Eine Sonderstellung in der Geschichte des Wasserwesens nimmt Dithmarschen (Band 5) zwischen Eider- und Elbmündung schon deshalb ein, weil hier die Festlandküste, geschützt durch massive Sandwatten, trotz schwerer Rückschläge durch Sturmfluten unablässig nach der See zu vorgerückt ist. Dithmarschen war daher im Gegensatz zu Nordfriesland während der letzten vier Jahrhunderte in seiner Existenz nie ernstlich bedroht. Die Elbmarschen (Band 6) zeigen in Höhenlage und Bodenaufbau manche Ähnlichkeit mit dem Eiderraum und mit Nordfriesland. Dementsprechend haben die Bewohner dieser Räume mit ähnlichen Schwierigkeiten zu kämpfen gehabt. Die unterschiedlichen Merkmale in der Gefahrenlage haben nicht nur den Einsatz und die Arbeitsweise der Menschen im „Wasserwesen" bestimmt, sondern bis zu einem gewissen Grade das „Wesen" der Küstenbewohner selbst geprägt.

Wenn wir uns so in der FISCHERschen „Deich- und Wattchronik" in den Bänden 2 bis 6 bis ins einzelne über das Schicksal der fünf Landschaften Nordfriesland, Eiderstedt, Stapelholm und Eiderniederung, Dithmarschen und die Elbmarschen unterrichten, so bewundern wir nicht nur die großen Leistungen unserer Vorfahren, sondern hören ebensooft von menschlichem Versagen. Die Not findet nicht nur Hilfsbereitschaft, sie bringt auch viele menschliche Schwächen gerade dort an den Tag, wo allein engstes Zusammenstehen die gemeinsame Gefahr zu bannen vermag.

Die gemeinsame Not hat aber letzten Endes schließlich doch den Zusammenschluß der Notleidenden gefördert, sie hat die Selbstverwaltung im Deich- und Wasserwesen ins Leben gerufen; durch sie hat die Arbeit zur Verteidigung der Küste und zur Landgewinnung im Laufe

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

der letzten drei Jahrhunderte eine größere Stoßkraft erhalten. FISCHER widmete daher mit Recht der Entwicklung und Leistung der Selbstverwaltung im allgemeinen und in den einzelnen Landschaften eine ausführliche Darstellung.

Eindringlich zeigt FISCHER der lebenden Generation die zwingende Entwicklung von Deichrecht und Selbstverwaltung als Rüstzeug im Kampf der Menschen um ihr Land auf. Durch Jahrhunderte hindurch zeigt diese Entwicklung das Meer auf der einen, den Menschen als Bauern, Herzog und Partizipanten auf der anderen Seite in geradezu heroischer Wechselwirkung. Aus dieser Wechselwirkung allein kann man das Wachsen einer Ordnung in Gestalt der Selbstverwaltung im Deich- und Wasserwesen an der Küste verstehen. Diese Selbstverwaltung verdankt ihre Existenz nicht dem Streben nach Freiheit und Selbständigkeit einzelner oder kleiner Gruppen, sondern sie ist entstanden aus der Wassernot der Küstenbewohner und dem daraus erwachsenen Zwang, Gut und Leben gegen einen übermächtigen Gegner, die Nordsee, gemeinsam und täglich zu verteidigen.

Die staatliche Obrigkeit hat, besonders in Zeiten ihrer eigenen wirtschaftlichen Ohnmacht, den Wert und die Notwendigkeit von Gemeinschaften zur Wasserwehr kennen und schätzen gelernt und ihre Wirkung durch rechtsverbindliche Ordnung gesteigert und gefestigt. Sie hat dabei sehr wohl beachtet, daß die Abwehrkraft und die Bereitschaft nur dann erhalten werden können, wenn der Selbstverwaltung auch selbständige Befugnisse zuerkannt würden, die zugleich jeden einzelnen binden und zum ganzen Einsatz verpflichten. Die Grundlage der Selbstverwaltung wurde das sogenannte „Spade-Landesrecht von 1557". Erst seit Erlaß dieses Deichrechtes sind Deich- und Wasserlösungsverbände im eigentlichen Sinne wirksam und für die praktische Arbeit der Verbände besondere Regulative möglich geworden.

Trotz zunehmender Ordnung im Deich- und Wasserwesen haben die Übermacht der See, die oft unzureichende Hilfe des Staates und unzulängliche technische Mittel die Katastrophen im 17. und 18. Jahrhundert nicht verhindern können. Eine durchgreifende Besserung trat erst nach der letzten Katastrophenflut im Jahre 1825 insofern ein, als der Staat unter Fortentwicklung des Spade-Landesrechtes von 1557 eine straffere Ordnung der Verteidigung durch Bildung größerer und leistungsfähigerer Notgemeinschaften schuf und durch stärkere systematische Hilfe im Unvermögensfalle die Abwehrkraft stärkte. Das 19. Jahrhundert kann als die Blütezeit der Deichselbstverwaltung angesehen werden. Die tragende Verantwortung der Deichverbände erfuhr durch das „Allgemeine Deichreglement" von 1803 eine für die ganze schleswig-holsteinische Nordseeküste verbindliche, klare Ordnung. Die Einrichtung sogenannter staatlicher Deichinspektoren zu Beginn des 19. Jahrhunderts stellte den Verbänden ebenso ein technisches Aufsichtsorgan wie eine fachtechnisch beratende Stelle zur Seite, die übergeordnet den Einsatz der eigenen Mittel des Verbandes und der staatlichen Mittel lenkte. Dabei nahm der Staat dort Aufgaben unmittelbar in seine Hand, wo ein leistungsfähiger Träger nicht vorhanden war oder gebildet werden konnte und übergeordnete staatliche Interessen des Küstenschutzes, wie bei den Halligen, erkannt worden waren.

Ein entscheidender Einbruch in den eigentlichen Sinn der Selbstverwaltung trat erst zwischen den beiden Weltkriegen ein. Wohl hatte man in der Erkenntnis der besonderen Verhältnisse und der Bedeutung der Selbstverwaltung an der Küste das hier bestehende Deich- und Wasserrecht bei Erlaß des Preußischen Wassergesetzes im Jahre 1913 aufrechterhalten, die Entwicklung in der Landwirtschaft und der Technik stellte jedoch an die Marschbauern erheblich höhere Anforderungen als vorher. Hierdurch und infolge der Steigerung der Lebensbedürfnisse im allgemeinen ergab sich der Zwang zur Umstellung auf intensive Wirtschaft. Diese Entwicklung hat die Selbstverwaltung im Deich- und Wasserwesen an der Küste schwerer als die höher gelegenen Ländereien des Binnenlandes belastet, weil in der Marsch zu den sehr hohen

Deich- und Wasserlasten nun besonders hohe Aufwendungen für die betriebliche Umstellung und Anpassung kamen. Die vorher in jedem Jahrhundert mindestens einmal eingetretene, fast völlige Vernichtung der wirtschaftlichen Existenz hatte in Verbindung mit Überschwemmungen von binnen her sowohl den Boden als auch die Betriebe — mit Ausnahme Dithmarschens — nicht in gleichem Maße wie außerhalb der Marschen an der Entwicklung zum modernen Betrieb teilnehmen lassen. So konnte es nicht wundernehmen, daß auch die Selbstverwaltung im Deich- und Wasserwesen an der Nordsee mehr und mehr Ausschau nach Staatshilfe hielt und schließlich dem Zuge der Zeit folgend ihre wohlbegründete Tradition der Eigenverantwortung für Deich und Damm mehr und mehr in den großen Topf der sogenannten „tragbaren Rente" warf. Man sah nicht ein, daß man die große Hypothek der gefährdeten Grenzlage an der See allein tragen müsse.

Mit dem Übergang fast aller großen Aufgaben der Deichverbände in die Hand und Führung des Staates begann die geschichtlich gewachsene Verantwortung der Selbstverwaltung im Deich- und Wasserwesen, ihres ursprünglichen Sinnes beraubt, zu schwinden. Der Verlust des Bewußtseins, in erster Linie selbst für die Deiche nach dem uralten Gesetz „De nich will dieken, mutt wieken" haften zu müssen, hat die Verbände an der Küste — ohne eigene Schuld — ähnlich den fern der See liegenden Landeskulturverbänden zu Kostgängern des Staates werden lassen. So wie die Dinge heute liegen, geht die Entwicklung dahin, daß die Deichverbände an der Nordsee als Selbstverantwortung bestenfalls noch gewisse laufende Aufgaben wahrnehmen werden und auch nur dann, wenn ihnen der Staat alle über die „tragbare Rente" hinausgehenden Lasten abnimmt. Der Staat hat in den letzten 25 Jahren praktisch alle großen Arbeiten an der Küste selbst durchgeführt. Wenn er sich der Verbände bediente, so geschah es oftmals nur, um kostspielige Auseinandersetzungen mit Einzelinteressenten oder schwierige Grunderwerbsverhandlungen zu vermeiden. Es hat hier wie anderswo in einer Zeit, wo viele nicht selbständige und nicht selbstverantwortliche Berufszweige dem Zug zur Staatsfürsorge erliegen, wenig Sinn, das Rad der Geschichte zurückdrehen zu wollen. Und doch ist diese Entwicklung der Selbstverwaltung an der Nordsee ernster zu nehmen als im Binnenlande. Man mag bezweifeln, ob die aufgezeigte Entwicklung, die schließlich ein Erlahmen der Wachsamkeit und Abwehrbereitschaft der von der See her zunächst Betroffenen herbeiführen muß, aufzuhalten ist. Dennoch ist es notwendig, daß Staat und Selbstverwaltung alles daran setzen, die Verantwortung für die Deiche in den Küstenbewohnern und ihren Verbänden wachzuhalten oder wiederzuwecken. Das ist besonders deshalb so dringlich, weil das Ausmaß der Hilfe des Staates mit dessen Interessen und gesamtwirtschaftlicher Lage schwanken können. Der Staat erkennt auch heute noch keine gesetzliche Pflicht an, die Küste zu schützen, er hilft nach Maßgabe seiner finanziellen Möglichkeiten. Ob sich eine gesetzliche Pflicht des Staates zum Küstenschutz in Zukunft durchsetzen lassen wird, ist unsicher. Die Bereitschaft des Staates zu helfen ist in den letzten Jahrzehnten ungewöhnlich groß gewesen. Nach dem letzten Kriege sind besonders unter dem Eindruck der Holland-Katastrophe wesentliche Maßnahmen im Küstenschutz und Wasserwesen der Marschen angefaßt und durchgeführt worden. Die lange, bittere Geschichte unserer Küste und unserer Deiche kennt aber auch Zeiten der Macht- und Interesselosigkeit des Staates. Die Gefahr aber bleibt immer und duldet kein Nachlassen in den Anstrengungen. Sollte im Laufe einer heute nicht zu übersehenden Entwicklung ein Nachlassen staatlicher Hilfe eintreten, so darf es nicht geschehen, daß hinter den Deichen Menschen wohnen, die sich allzusehr daran gewöhnt haben, alle Sorge in die Hand des Staates zu legen. Bereitschaft und Abwehrwille im Kampf gegen die See sind und bleiben immer Sache derer, die unmittelbar unter der Gefahr stehen. Die Darstellung des Deichrechts und der Selbstverwaltung in der FISCHERschen Arbeit ist nicht zuletzt aus diesem Grunde nicht nur ein Stück

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

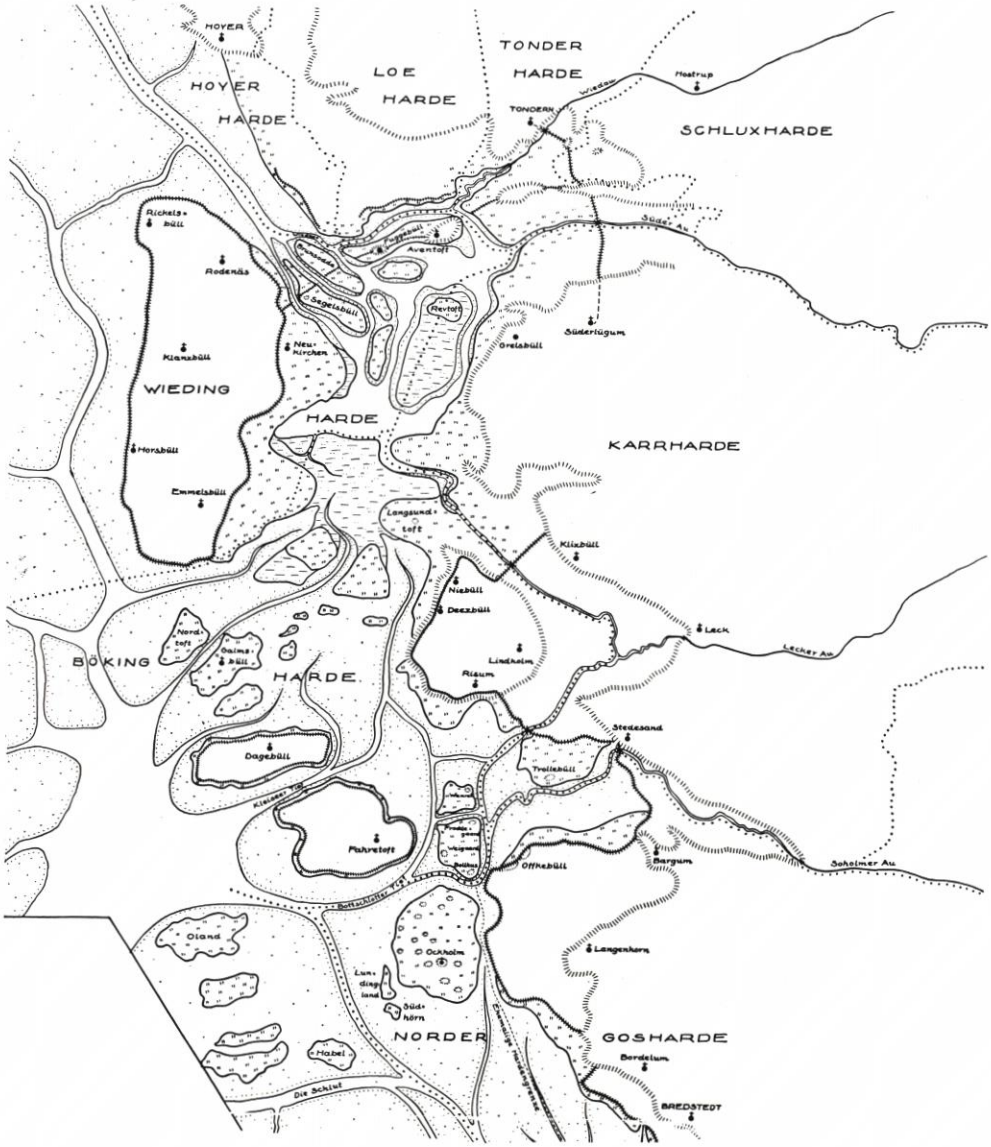
Geschichte der Küste, sondern zugleich ein Stück repräsentativer Geistesgeschichte an der Schwelle der Neuzeit!

In den Bänden 2 bis 6 hat jede der genannten Landschaften unserer Küste in ihrer eigenen Geschichte einen wichtigen Spiegel erhalten, in dem ihr die Sorgen der Gegenwart durch historische Blickrichtung stets auf den rechten Maßstab gebracht werden.

Die Bedeutung der Arbeit von FISCHER wird nicht dadurch geschmälert, daß ihr einige, mehr dem Gesamtrahmen als dem Inhalt geltende, kritische Bemerkungen gewidmet werden. Die manchmal verwirrende Fülle des Stoffes erschwert sowohl dem Laien als auch dem stoffsuchenden Fachmann in vielen Fällen eine schnelle, klare Meinungsbildung. Trotz seiner vielfach kritischen Beleuchtung einzelner Probleme hätte FISCHER die Lesbarkeit des Werkes und seine praktische Nutzanwendung durch Zusammenfassung von Hauptergebnissen, besonders in den Bänden 1 und 7, und auch durch Schlußbetrachtungen einzelner Zeitabschnitte steigern können. Durch eine stärkere Gliederung und die Einfügung von Zusammenfassungen hätte das Ganze noch beträchtlich gewinnen können. Diese Mängel fallen besonders beim Lesen der Bände 2 und 4 („Nordfriesland" und „Stapelholm und Eiderniederung") auf, in denen die von der Natur gegebenen Zusammenhänge an sich schon sehr schwer zu übersehen sind. Für denjenigen, der die Küste oder bestimmte Landschaften an ihr näher kennt und sich aus Beruf oder aus Liebe zur Sache — oder beidem — damit näher befaßt, ist das Studium der FISCHERschen Arbeit zwar nicht einfach, sie gibt ihm aber ein unentbehrliches Rüstzeug für ein wirklich umfassendes Eindringen in das Wesen der Marschenküste.

Besonders eindrucksvoll sind die Berichte im Band 2 über Nordfriesland. Wenn im folgenden der Kampf um die Dagebüller Bucht und um Bottschlott im Rahmen der Würdigung des Gesamtwerkes MÜLLER-FISCHERS noch einmal kurz geschildert wird, so geschieht es, weil die derzeitige Leistung unserer Vorfahren gar nicht hoch genug eingeschätzt werden kann und weil wir angesichts eines solch hohen Maßes an Einsatzbereitschaft und Opfersinn des einzelnen, an so großer, bis zur eigenen wirtschaftlichen Verarmung reichenden, persönlichen Entsagung nicht müde werden sollten, uns dieses harten Schicksals der Nordfriesen auch heute noch mit allem Respekt zu erinnern. Auch dazu möge das vorliegende Quellenwerk von FISCHER dienen. Auch der nichttechnische Leser wird von den geschilderten, für die damalige Zeit fast übermenschlich anmutenden Leistungen an einem Bauvorhaben gepackt, in dessen Nähe heute wiederum eine große technische Leistung, nämlich die Eindeichung eines Kooges vor Bongsiel und Fahretoft, vollbracht wird.

Wie ein Film, gefüllt mit höchster Spannung, rollt ein dramatisches Bild von vier Jahrhunderten Kampf, Niederlage und Sieg der Menschen vor uns ab. Und wer nicht die Zeit hat, alle fünf Bände zu lesen, sollte wenigstens den Band 2 „Nordfriesland" lesen. Im Jahre 1633 erfolgte als erster Schritt zu einem weit ausgreifenden Plan, der Bedeichung der sogenannten Dagebüller Bucht, die Abriegelung des Bottschlotter Tiefs durch einen Damm von der Insel Fahretoft nach Waygard. Um den Sinn und die Bedeutung dieses Vorhabens ermessen zu können, muß man sich zuerst einmal an Hand der Abbildung 1 auf Seite 28 (Tafel 46 bei FISCHER) die Gestalt der Festlandküste zwischen Husum und Hoyer vor Augen führen, wie sie die Sturmfluten des späten Mittelalters, vor allem die große Mandrenke im Jahre 1362, geformt hatten. Der eigentlichen, durchweg nahe dem Fuß der Geest verlaufenden Festlandküste war anstelle der heutigen Marsch eine Gruppe von Inseln und Halligen vorgelagert, die durch große Tiefs voneinander getrennt waren. Diese Inseln und Halligen sind nicht zu vergleichen mit den heutigen Inseln und Halligen, denn ihr Umfang war zu jener Zeit beträchtlich größer als heute. In der inneren Insel- und Halligkette reihten sich an die nördlichste große Insel



Ausschnitt aus Tafel 46 bei FISCHER, Teil III

Abb. 1. Nordfriesland am Ausgang des Mittelalters

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

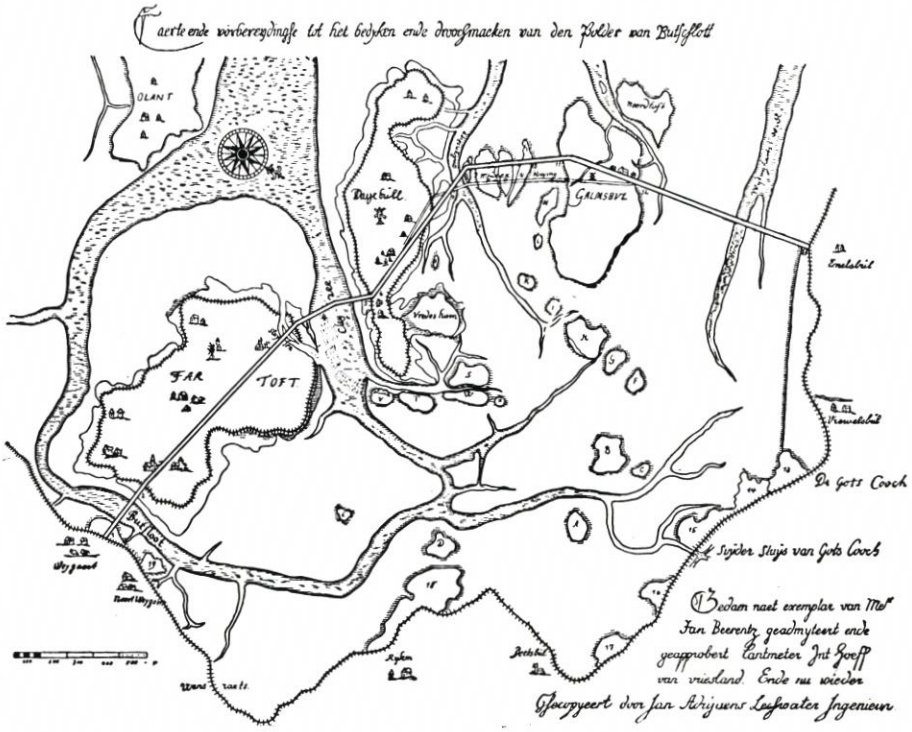
der Horsbüll- (späteren Wieding-)harde die Hallig Galmsbüll, die Inseln Dagebüll und Fahretoft bis zur Hallig Ockholm an. Letztere stellte etwa die Nordflanke des schmalen Wattraumes zwischen der Festlandgeest und der Insel Alt-Nordstrand dar. Größe und Form der Inseln und Halligen sowie der dazwischen verlaufenden Watten und Priele sind unter der Wirkung der Tide und der Sturmfluten zu jener Zeit starken Veränderungen unterworfen gewesen. Der Zerstörungsvorgang hat hier und weiter draußen im Wattenmeer auch Auflandungen zur Folge gehabt. Und eben diese Auflandungen, die auch zur Bildung größerer Flächen grünen Anwachses geführt haben, mögen neben dem Streben nach Hochwasser- und Uferschutz für das vorhandene Land den ersten Anstoß zu den großen Plänen der Landfestmachung und Neulandgewinnung gegeben haben. Der erste große Erfolg auf diesem Wege war die Landfestmachung der Insel Horsbüll- (Wieding-)harde nach Norden und Süden durch Abdämmung der Wiedauarme und durch einen Damm vom heutigen Emmelsbüll in Richtung auf Niebüll. Mit diesem, besonders tatkräftig durch den Schleswiger Herzog JOHANN d. Ä. geförderten Werk, das im Jahre 1566 vollendet wurde, war die Möglichkeit für weitere Eindeichungen im Amte Tondern eröffnet. Im Zusammenhang mit der Landfestmachung nach Norden und als ihre Folge sind über 24 000 Demat Land- und Wattfläche bedeicht worden.

Es darf angenommen werden, daß nicht nur der große Erfolg der Landfestmachung der Wiedingharde ähnliche Pläne für die südlich anschließenden Inseln ausgelöst hat, sondern daß diese Pläne auch eine Folge nachteiliger Auswirkung der nördlichen Abdämmung auf die Tidebewegung in dem südlich anschließenden Insel- und Wattgebiet gewesen sind. Man darf allerdings trotz gewisser obrigkeitlicher Förderung nicht annehmen, daß allen folgenden baulichen Maßnahmen von Anbeginn ein großer, einheitlicher Plan zugrunde gelegen hat. Zwar gab es seit dem Erlaß des Spade-Landesrechts im Jahre 1557 ein materielles Deichrecht, aber noch keine leistungsfähigen Verbände in der Marsch, die deren Bewohner zu gemeinsamem Werk am Deich verpflichten konnten. So ist auch die — zeitlich noch vor der Landfestmachung der Wiedingharde — im Jahre 1515 durchgeführte „Andeichung" der Hallig Ockholm als eine völlig selbständige Aktion ihrer Bewohner mit gewisser landesherrlicher Hilfe anzusehen. Die Geschichte der Landfestmachung der Bedeichung Ockholms, das erst im 16. Jahrhundert seine verwaltungsmäßige Bindung mit der Insel Alt-Nordstrand löste, beweist, welche Schwierigkeiten aus den geschichtlichen Bindungen der Entwicklung eines geordneten Deich- und Verbandswesens entgegenstanden. Um die Mitte des 16. Jahrhunderts war noch zwischen Ockholm und der Südspitze der Wiedingharde eine große, bis zu den Ortschaften Risum, Stedesand und Bargum offene Meeresbucht vorhanden, in welche zwischen dem Festland und den Inseln Galmsbüll, Dagebüll und Fahretoft die Tide durch tiefe Rinnen, vor allem das Bottschlotter Tief im Süden von Fahretoft und das Kleiseer Tief zwischen Fahretoft und Dagebüll, Zutritt hatte. Ein großer Teil der Bucht hat um jene Zeit als Folge von Verlandungen schon aus grünem Vorland bestanden und dadurch Anreiz zur Landgewinnung geboten. Den Anstoß zu dem selbst für unsere heutigen Begriffe gewaltigen Plan einer Abdämmung der etwa 15 km breiten Bucht durch Bedeichung der Inseln und Abdämmung von vier tiefen Rinnen gab der schon genannte Herzog JOHANN d. Ä.. Träger dieser Maßnahme sollten zunächst die drei angrenzenden Harden, Ausführende „die Untertanen" in diesen Harden und Aufsichtsführende eine Reihe von eingesessenen Deichvögten und Deichrichtern sein. An Baugeräten standen allein die Gespanne der Deichpflichtigen zur Verfügung (für ein Bauvorhaben, das nach heutigen Begriffen und Preisen mindestens 25 Mill. DM erfordert haben würde).

Der erste Versuch, in der gewählten Deich- und Dammlinie die Tiefs abzuriegeln, endete nach fast zwanzig Jahren mit einem völligen Mißerfolg. Dieser erklärt sich nicht nur aus den

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

unzulänglichen technischen Hilfsmitteln und zu ungünstigen Wattenverhältnissen, sondern auch daraus, daß die großen Tiefs innerhalb der Bucht teilweise miteinander in Verbindung standen und ein Ringstrom in der Bucht die Abriegelung äußerst erschwerte. Am Ende des zuletzt mit Hilfe unzuverlässiger holländischer Deichbauer betriebenen ersten Versuchs stand eine völlig „verarmte und betrogene" Bevölkerung, der nach dem Tode des Herzogs JOHANN d. Ä. auch noch die tatkräftige landesherrliche Förderung fehlte. Ein erneuter Versuch zu Anfang des 17. Jahrhunderts konnte sich in mancherlei Hinsicht auf bessere Voraussetzungen



Aus FISCHER, Teil III. Das Festland, Band 2

Abb. 2. Deichplan zum Bottschlotter Werk. 1631

als der erste stützen. In den Jahren seit dem ersten Anlauf hatte, mitbedingt durch stärkere Zerstörungen im weiter westlich gelegenen Wattenmeer, die Verlandung der Bucht erheblich zugenommen, so daß die zu gewinnende größere Landfläche höheren Aufwand lohnte. Weiter hatte die Deichbautechnik um die Jahrhundertwende mit der Ablösung der sogenannten Stackdeiche durch Deiche mit flach auslaufender Außenböschung aus Erde einen erheblichen Fortschritt erzielt, und schließlich wurden dieses Mal hervorragende holländische Fachleute herangezogen, die forthin nicht nur die Führung der Arbeit, sondern auch außerordentliche Rechte erhielten. Den sich auf eine herzogliche Ausschreibung hin bewerbenden „Partizipanten" wurden unmittelbar keine staatlichen Mittel zur Verfügung gestellt. Die Bedingungen, unter denen der maßgebende, technisch und wirtschaftlich hervorragende Holländer Christian BECKER mit einer Reihe holländischer Interessenten den großen Auftrag auf Abdämmung der Bucht erhielt, sind für das Vorgehen und den weiteren Ablauf des Bauvorhabens äußerst aufschlußreich (Abb. 2). Unter den Partizipanten war kein einziger Einheimischer, was für die spätere Durch-

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

führung nicht ohne nachteilige Folgen geblieben ist. BECKER erhielt ein sogenanntes Oktroi, d. h. ein Recht auf Bedeichung von etwa 15 000 Demat, unter anderem mit folgenden Rechten und Pflichten:

Die Führung der neuen Deich- und Dammlinie im einzelnen wurde, nachdem sie im großen auf die Linie Waygard, Fahretoft, Dagebüll, Galmsbüll festgelegt war, dem Unternehmer überlassen. Dieser erhielt das Recht der Boden- und Sodenentnahme auf den genannten Inseln. Die Entschädigung hierfür betrug je Demat 24 Mark Lüb. für die Entsodung und 100 Mark für die Bodenentnahme. Eigentümer des neuen Deiches blieben die Partizipanten. Die Bewohner der drei Inseln sollten unter gütlichem Vergleich für ihre Mitarbeit am Deichbau ihr Land behalten. Alle übrigen neu in den Hochwasserschutz kommenden Flächen der Bucht (etwa 15 000 Demat Watt oder Vorland) sollten unbeschränktes Eigentum der Partizipanten werden. Ihnen wurde auch das Anwachsrecht vor dem neuen Deich und das Eigentum an vorhandenem Vorland in etwa 2,4 km Länge vor dem Deich übertragen. Die Partizipanten sollten für 15 000 Demat bedeichter Fläche 15 000 Rthl. als Anerkennungsgebühr und Kaufpreis entrichten und zwölf Jahre abgabenfrei bleiben. Erst vom dreizehnten Jahr nach Fertigstellung des Deiches an sollte ein Landgeld von 1/2 Rthl./Demat entrichtet werden. Die durch den neuen Deich in Hochwasserschutz kommenden hinterliegenden Köge sollten zum Deichbau einen Beitrag von zusammen 20 000 Rthl. beisteuern, der sich auf höchstens 30 000 Rthl. erhöhen sollte, falls das ganze Bauvorhaben mehr als 300 000 Rthl. erfordern würde. Alle Eingesessenen des Amtes Tondern wurden für die eigentliche Abriegelung des Bottschlotter Tiefs zur unentgeltlichen Hilfeleistung in Hand- und Spanndiensten und zur Strohlieferung verpflichtet. Busch sollten die herzoglichen Forsten ebenfalls unentgeltlich liefern. Bezüglich der Untergerichtsbarkeit, Verwaltung, Polizei usw., wurden den Partizipanten ebenso wie in der Religionsausübung große Zuständigkeiten und Freiheiten eingeräumt.

Die schwierigste, in ihrer Art einmalige Aufgabe war die Abdämmung des Bottschlotter Tiefs, die im Frühjahr 1632 mit einem Einsatz von 5500 Arbeitern begann. Diese erhielten einen Tagelohn von anfangs 18, später 12 Pf. Schwierig gestaltete sich trotz vorsichtiger Planung die Baustoffbeschaffung, besonders an Busch, Pfählen, Stroh und Reth.

Das eigentliche Tief hatte eine Breite von 380 m bei einem Abstand der gegenüberliegenden Deiche in Waygard und Fahretoft von knapp 1 km. Über die vor Baubeginn in der Damm-Achse vorhandenen Tiefen sind keine genauen Angaben erhalten; es wird nur berichtet, daß kurz vor Schließung der letzten Öffnung eine Wassertiefe von 7 m unter Niedrigwasser vorhanden gewesen ist. Über den Bauvorgang im einzelnen sind ebenfalls keine zeichnerischen Darstellungen überliefert. Aus den Bauberichten läßt sich jedoch ein Bild über den Ablauf im großen gewinnen. Da als Baustoffe nur Pfähle, Busch, Stroh und Kleierde verfügbar waren, gab es nur den Weg einer breiten Sohlenbefestigung des Bettes durch Buschpackung bzw. -walzen zwischen Pfahlreihen. Ob für die unter Wasser liegende Wattstrecke Sinkstücke in der heute bekannten Form verwendet wurden, ist nicht bekannt. Doch dürften sinkstückähnliche Gebilde oder Walzen durch Erdbelastung versenkt worden sein. Nach dem bekannten, durch Zeichnungen belegten Beispiel der Ende des 18. Jahrhunderts erfolgten Abdämmung des Süderkoog-Tiefs auf der Insel Pellworm ist anzunehmen, daß nach Durchführung der Sohlenbefestigung Buschdämme beiderseits des Dammfußes hergestellt und zwischen diese der Boden geschüttet worden ist. Der Bodentransport erfolgte von Land aus mit Fuhrwerken, im Tief selbst durch Schiffe, die im letzten Stadium des Baues die Kleierde sogar von den Vorländereien der Insel Alt-Nordstrand herbeischaffen mußten. Der Vorbau des Dammes geschah von beiden Ufern aus nach der Mitte des Stromes hin. Als die Öffnung auf 14 (!) m Breite

eingeengt war, erfolgte die Schließung in einer Tide von Niedrigwasser bis Hochwasser durch Versenkung eines mit Erde beladenen Schiffes quer zur Öffnung. Um dem Schiff in der verstärkten Strömung Halt zu geben, wurden besonders kräftige Pfahlreihen an den Dammköpfen geschlagen. Am Tage der Schließung kam alles darauf an, den Damm auf ganzer Länge vor Überströmung zu schützen, was nur durch große, schnell herangebrachte Bodenmengen geschehen konnte. Zu diesem Zweck hatte man neben Schiffsladungen etwa 300 Pferdefuhrwerke an der Baustelle zusammengezogen. Es zeugt von sehr guter Bauorganisation, daß der Damm trotz der primitiven Hilfsmittel nach vorbedachtem Plan im Hochsommer und bei Nipptide am 2. Juli 1633, also nach reichlich einjähriger Bauzeit, geschlossen werden konnte.

Noch im Sommer 1633 wurde auch der Deich quer über die Insel Fahretoft fertiggestellt, wobei der größere Teil dieser Insel zum Kummer ihrer Bewohner außerhalb des neuen Deiches verblieb. Da sich mit dem Abschluß des Bottschlotter Tiefs die Strömung durch das benachbarte, nördlich anschließende Kleiseetief verstärkte, wurde dessen Abriegelung mit größter Beschleunigung vorbereitet. Die große Sturmflut vom Oktober 1634 machte jedoch alle Vorbereitungen zunichte, ohne allerdings dem neuen Bottschlotter Damm ernstlich zu schaden. Es beginnt nun ein sehr trübes Kapitel, in dem der Haß der verarmten Friesen gegen die holländischen „Eindringlinge" und deren Versagen nach Christian Beckers Ausscheiden eine unrühmliche Rolle spielen. Im Laufe der nächsten zehn Jahre nach der großen Flut ist es trotzdem gelungen, die beiden nördlichen Rinnen zwischen der Wiedingharde und der Insel Dagebüll abzudämmen, so daß nur noch die Öffnung des Kleiseer Tiefs übrigblieb. Dieses hatte sich naturgemäß erheblich vertieft. Bis zum Jahre 1642, also in einem Zeitraum von zehn Jahren nach Abdämmung des Bottschlotter Tiefs, waren die Gesamtkosten der Holländer auf 500 000 bis 600 000 Rthl. angewachsen. Die Holländer haben das große Werk, das mit der Abdämmung des Kleiseer Tiefs seine Vollendung finden sollte, nicht zu Ende gebracht. Die Dagebüller Bucht blieb somit dem Zutritt der Sturmfluten weiterhin offen. Dieser Ausgang des großangelegten Beckerschen Planes hat neben vielen und schweren Schäden an den Deichen innerhalb der Dagebüller Bucht auf lange Sicht den Vorteil gehabt, daß große Wattflächen dieses Raumes bis zur endgültigen Abschließung der Bucht im 18. Jahrhundert auflandeten und dadurch zwischenzeitlich die stückweise Bedeichung der Bucht möglich wurde. Eine Großmaßnahme glückte mit Hilfe des Holländers Wittemak noch im Jahre 1641 durch die Einfassung des Maasbüller Kooges durch einen etwa 4 km langen Deich von Fahretoft nach Maasbüll, größtenteils durch das Watt verlaufend. Auch dieser Deich, dessen Bau sich über vier Jahre erstreckte, mußte noch ein beachtliches Tief (Ringtief) durchqueren, zu dessen Abriegelung allein 5 000 Fuder Strauch herangeschafft und eingebaut werden mußten. Große Schwierigkeiten scheint die Herstellung der Deichstrecke im Watt verursacht zu haben, da hier der Boden nur mit Schiffen herangebracht werden konnte. Aber der neue Deich brachte neben dem Landgewinn zugleich die besonders schlechten Deiche des Waygarder und des Kohldammer Koogs in Schutz. Interessant ist die Feststellung, daß sich beim Bau des Deiches König und Herzog finanziell beteiligten und damit ihre Eigentumsansprüche an das neue Land schon zu einer Zeit sicherten, als noch die Holländer tätig waren. Diese müssen hiernach bereits die wichtigsten Vorteile ihres Oktrois verloren haben. Der neue (Maasbüller) Koog — nach der fürstlichen Beteiligung später Maasbüller Herrenkoog genannt — enthielt noch verhältnismäßig viel niedriges Land, das erst in unserem Jahrhundert im Zuge der großen wasserwirtschaftlichen Maßnahmen künstlich entwässert und besiedelt worden ist.

Die völlige Inanspruchnahme aller Kräfte der Bewohner durch die erzwungene Teilnahme an den großen Abdämmungswerken und die Arbeiten an den eigenen schlechten Deichen rings

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Ausschnitt aus Tafel 57 bei FISCHER, Teil III, Das Festland

Abb. 3. H. C. PETERSEN: Carte über die See-Deiche, Mittel-Deiche und Wasserlösungen des 1sten und 2ten Schleswigschen Deichbands. 1823

um die Bucht haben allerdings zur Folge gehabt, daß die der See zugewandten Ufer und Deiche der Inseln und Halligen nicht gehalten werden konnten und hier auch Landverluste eintraten. So gingen die Hallig Nortoft und große Teile der Inseln Galmsbüll, Dagebüll und Fahretoft endgültig verloren. Diese Verluste haben aber vielleicht auch zur Verlandung der inneren Bucht beigetragen. Sicher haben sie die Stabilisierung der späteren Küste und den Boden der späteren neuen Köge verbessert. Nachdem weitere Bedeichungen, unter ihnen als bedeutendste die Gewinnung des Christian-Albrecht-Kooges, die Bucht erheblich verkleinert hatten, kann der Plan des Holländers CHRISTIAN BECKER vom Jahre 1632 durch die Gewinnung des Kleiseer Kooges mit Hilfe eines Deiches von Fahretoft nach Dagebüll im Jahre 1727, also fast hundert Jahre später, als vollendet angesehen werden.

Die hier geschilderte, im 16. und 17. Jahrhundert vollbrachte wasserbautechnische Leistung hat zusammen mit den Bedeichungen weiter südlich im Rahmen des sogenannten Bredstedter Werkes nach fast dreihundertjährigem, erbittertem Ringen dem nordfriesischen Festland in großen Umrissen seine gegenwärtige Gestalt gegeben. Das in diesen drei Jahrhunderten gewonnene und besiedelte, fast 30 000 ha große Marschgebiet zwischen Husum und Hoyer verdankt, wie wir heute wissen, seine Entstehung zum großen Teil dem Zerstörungsvorgang im vorgelagerten Wattenmeer, dem Abbruch von Inseln und Halligen und der bis in die Gegenwart anhaltenden Vertiefung der Wattströme. Daraus folgt, daß die so unendlich mühsam errungene gegenwärtige Verteidigungsstellung in Nordfriesland nicht gesichert ist, sondern nach See zu weiter ausgebaut werden muß. Dieses Problem, das in den „Gedanken zur Generalplanung im nordfriesischen Wattenmeer" (LORENZEN 1956) eingehend behandelt worden ist, stellt dem Wasserbau unserer Zeit seine große Aufgabe.

Nicht weniger eindrucksvoll und lebensnahe ist die geschichtliche Darstellung FISCHERS über die Entwicklung in den übrigen Landschaften der Westküste. Kaum vorstellbar erscheint uns, um nur noch ein Beispiel zu nennen, die Zähigkeit und Ausdauer der Menschen, die — von der Geest vordringend — die weite, unwegsame Moor- und Wasserlandschaft der Eider- und Treeneniederungen im Herzen Schleswig-Holsteins in drei Jahrhunderten wasserbaulicher und kolonisatorischer Arbeit eroberten und sie in fruchtbares Bauernland umwandelten. Solchen Leistungen gegenüber verblassen geradezu manche der mit modernen technischen Hilfsmitteln vollbrachten großen Arbeiten unserer Tage.

So ist die von MÜLLER begonnene und von FISCHER nunmehr abgeschlossene Arbeit weit über den Rahmen eines Quellenwerkes hinausgewachsen. Sie ist ein eindringlicher Ruf an die Menschen der Küste und alle, die sich ihrer großen Aufgabe im Wasserwesen verbunden und verantwortlich fühlen, das Vermächtnis einer schicksalhaften Vergangenheit nicht nur alle Zeit vor Augen zu haben, sondern in allem Tun der geschichtlichen Aufgabe treu zu bleiben.

Schriftenverzeichnis

MÜLLER, FRIEDRICH: Das Wasserwesen an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste. Teil I: Die Halligen. 2 Bände mit einer Kartenmappe. Verlag: Dietrich Reimer, Berlin 1917.

MÜLLER, FRIEDRICH u. FISCHER, OTTO, 1936 bis 1938: Das Wasserwesen an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste. Teil II: Die Inseln. 7 Bände. Verlag: Dietrich Reimer, Berlin.

1. Folge: Allgemeines 1938
2. Folge: Alt-Nordstrand . . . 1936
3. Folge: Nordstrand 1936
4. Folge: Pellworm 1936
5. Folge: Amrum 1937
6. Folge: Föhr 1937
7. Folge: Sylt 1938

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

FISCHER, OTTO, 1955 bis 1958: Das Wasserwesen an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste. Teil III: Das Festland. 7 Bände mit einer Kartenmappe. Verlag: Dietrich Reimer, Berlin.
1. Folge: Sonderprobleme und Einzelfragen des Küstenraumes 1955
2. Folge: Nordfriesland 1955
3. Folge: Eiderstedt 1956
4. Folge: Stapelholm und Eiderniederung 1958
5. Folge: Dithmarschen 1957
6. Folge: Elbmarschen 1957
7. Folge: Hydrographie des Küstengebietes 1955

KRES, J.: Die deutschen Küstenflüsse. Berlin 1911.

LORENZEN, J. M.: Die Geschichte der Inseln Alt-Nordstrand, Nordstrand und Pellworm, insbesondere die Entwicklung der Querschnitte ihrer Deiche bis zur Jetztzeit. Zentralbl. d. Bauverw. 28, S. 762—774, 1938.

LORENZEN, J. M.: Gedanken zur Generalplanung im nordfriesischen Wattenmeer. Die Küste 5, 1956.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Der „Horizont von Winnert", Kreis Husum, ein Vorkommen jüngsten Hemmoors

Von Ernst Dittmer

Inhalt

1. Einleitung 36
2. Schichtenfolge 36
3. Fauna und Einstufung 38
Entwicklungsgeschichte und Lagerungsverhältnisse 40
4. Zusammenfassung 40
5. Schriftenverzeichnis 41

1. Einleitung

Die Wasserversorgung der Marschen und angrenzenden Geestgebiete durch Gruppenwasserwerke hat die Geologie vor neue Aufgaben gestellt. Entgegen früherer Annahmen sind die pleistozänen Grundwasserträger oft wenig ergiebig, sie enthalten in größeren Gebieten entweder überhaupt kein gewinnbares Grundwasser oder nur solches, das den qualitativen Ansprüchen nicht genügt. Es ist daher notwendig geworden, grundwasserführende Schichten im Jungtertiär aufzufinden und in Anspruch zu nehmen. Die Untersuchungen der letzten Jahre haben bereits Gliederung und Lagerungsverhältnisse dieser bisher wenig bekannten Schichtenfolge weitgehend klären können, doch zeigen neue Bohrungen gelegentlich immer noch sehr überraschende Ergebnisse, deren Anwendung in der Hydrogeologie des westlichen Schleswig-Holsteins von erheblicher Bedeutung ist. Nachdem die Erforschung des Jungtertiärs in Nordwestdeutschland und den Nachbarländern sehr erfreuliche Fortschritte gemacht hat, bringt die vorliegende Arbeit mit einer bisher nicht bekannten Schichtenfolge einen weiteren Beitrag zur Miozänstratigraphie, der Grundlage zur Auffindung weiterer ergiebiger Grundwasservorkommen.

Über ein ungewöhnlich mächtiges Vorkommen mittelmiozäner Braunkohlensande im Raum Rantrum-Oldersbek südöstlich von Husum berichtete der Verfasser 1956. Für die liegenden Braunkohlentone vermutete er nach der spärlichen Fauna die Zugehörigkeit zur Hemmoorer Stufe. Die Aufbereitung weiterer Proben lieferte durch zahlreiche Exemplare von *Cardium hanseatum* die Bestätigung (Dittmer 1957, 1959).

2. Schichtenfolge

In den Jahren 1958 und 1959 wurden etwa 3 km weiter östlich, ebenfalls im Bereich des südöstlich vom Westholsteinischen Abbruch gelegenen Untereider-Trogs zwei weitere Bohrungen niedergebracht (Abb. 1). Die Bohrung Winnert I zwischen Ostenfeld und Winnert durchteufte eine 167 m mächtige Folge von Braunkohlensanden und -tonen bei 212 m nicht (Schichtenverzeichnis siehe Dittmer 1959). Winnert II, 2 km südlich von Winnert I am Ostausgang von Winnert gelegen, schloß unter einer ähnlichen Schichtenfolge noch 31 m mächtige marine Fein- bis Grobsande und sehr schluffige, teils glaukonitische Glimmertone und mehrere Lagen fossilreicher Konkretionen auf. Wegen der ungewöhnlichen Schichtenfolge, die dazu eine eigenartige reiche Fauna enthält, sei das Ergebnis, etwas zusammengefaßt, nachstehend mitgeteilt:

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Bohrung Winnert II
Meßtischblatt 1521 r = 13,99 h = 33,84 + 25,5 m NN

bis 85,6 m Pleistozän
bis 87,2 m Fein- bis Mittelsand, tonstreifig, grau
bis 87,4 m Ton, schluffig, humos, graubraun
bis 88,7 m Braunkohle, unrein
bis 91,6 m Ton, schluffig, grau — schwarz
bis 98,6 m Ton, teils sandstreifig, grau
bis 119,6 m Fein- bis Mittelsand mit Lignit, graubraun
bis 124,2 m Ton, stark humos, dunkelbraun
bis 125,7 m Ton, grau
bis 126,1 m Glimmerton, sandig, graubraun
bis 128,6 m Feinsand, schluffig, tonstreifig, grau
bis 142,8 m Mittel- bis Grobsand, graubraun
bis 143,2 m Braunkohle, unrein
bis 150,9 m Fein- bis Mittelsand mit Lignit, grau
bis 151,3 m Ton, schluffig, Holz- und Pflanzenreste, grau
bis 151,6 m Braunkohle, unrein
bis 152,1 m Ton, stark humos, schwarzbraun
bis 152,3 m Braunkohle, unrein
bis 154,7 m Feinsand, tonig, grau
bis 165,9 m Mittel- bis Grobsand, grau
bis 169,7 m Ton, sandstreifig, grau
bis 170,9 m Ton, stark humos, grau — schwarz
bis 176,5 m Mittelsand, grau
bis 177,0 m Ton, grau
bis 181,9 m Mittelsand, grau
bis 182,2 m Ton, schluffig-feinsandig, humos, graubraun
bis 187,4 m Fein- bis Mittelsand, grau
bis 206,8 m Mittel- bis Grobsand, teils feinkiesig, grau
bis 215,9 m Feinsand, schluffig, gelbgrau
bis 220,8 m Feinsand, schluffig, humos, graubraun
bis 227,4 m Glimmerton, sandstreifig, graubraun
bis 230,1 m Fein- bis Grobsand, tonstreifig, graubraun mit reicher mariner Fauna
bis 235,6 m Glimmerton, sehr schluffig, sandstreifig, graubraun, marine Fauna
bis 235,7 m Kalksandstein, grau
bis 236,5 m Glimmerton, humos, sandstreifig, teils marin, teils limnisch
bis 236,8 m Glimmerton, schluffig, graubraun, marine Fauna in dünnen Lagen
bis 237,1 m Mittelsand, grau, marine Fauna
bis 239,5 m Ton, fett, sandstreifig, grau
bis 241,2 m Fein- bis Mittelsand, tonstreifig, grau, marine Fauna
bis 243,2 m Ton, humos, graubraun, teils marin, teils limnisch, marine Fauna in dünnen Lagen, Konkretionen
bis 258,8 m Glimmerton, schluffig, teils glaukonitisch, olivgrau bis graugrün, mit zahlreichen Konkretionen und mariner Fauna.

Die miozäne Schichtenfolge von 87,2—227,4 m fällt ebenso wie die der Bohrung Winnert I durch zahlreiche und mächtige tonige, teils stark humose Ablagerungen und unreine, allochthone Braunkohlenflöze innerhalb der Braunkohlensande auf, während die weiter westlich gelegenen Bohrungen nur ganz untergeordnet tonige Lagen angetroffen haben. Diese Schichten wurden als Deltaabsätze unter wechselnden Sedimentationsbedingungen gedeutet (Dittmer 1959).

Die liegende marine Schichtenfolge zeigt ebenfalls einen häufigen Wechsel von tonig-schluffigem und fein- bis grobsandigem Sediment. Auch die Glimmertone sind intensiv geschichtet. Die teils starken Einschwemmungen von organischem Detritus, ausgeflockte Huminsäuren und die Lagen teilweise recht groben Sandes deuten auf Küstennähe und flaches Wasser in der Umgebung einer Flußmündung. Auch wegen der kalkfreien, limnischen Einlagerungen, die lagen-

weise Holz- und Pflanzenreste enthalten, dürfte die ganze Schichtenfolge in den äußeren ästuarinen und periästuarinen Bereich zu stellen sein.

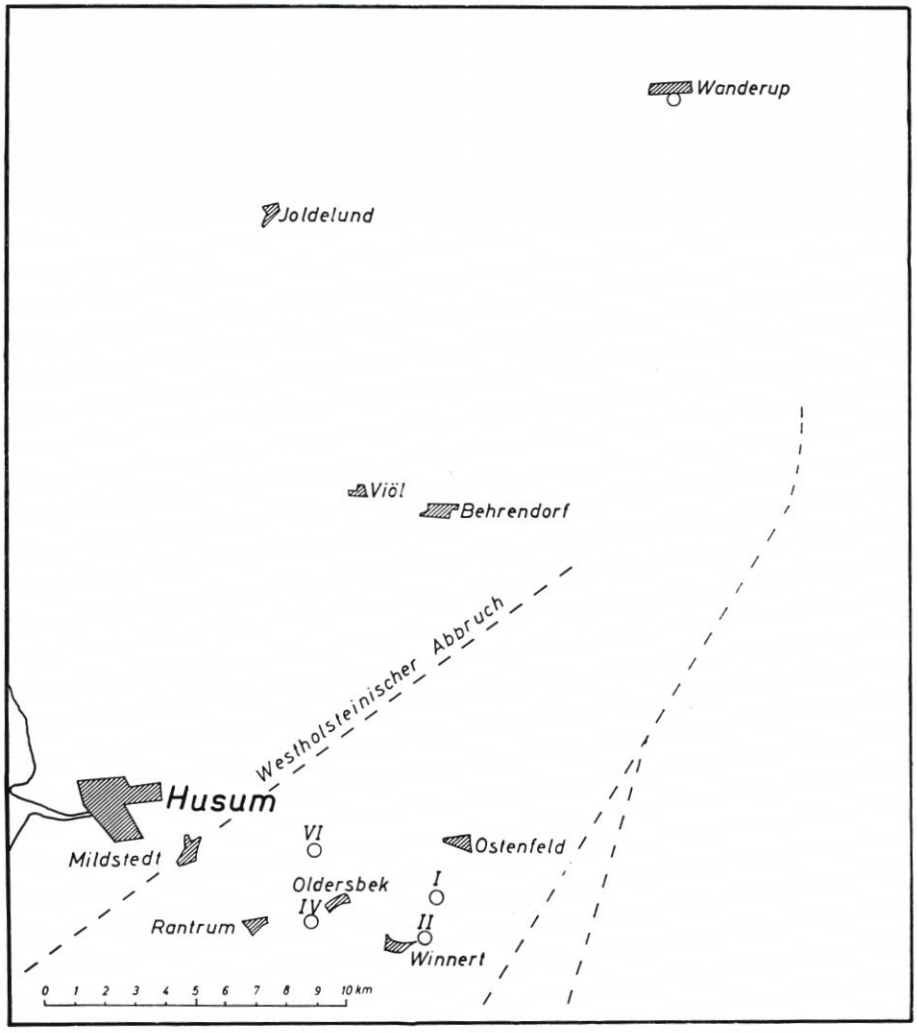


Abb. 1. Lageplan der Bohrungen

3. Fauna und Einstufung

Zu ähnlichen Schlüssen führt die Analyse der Molluskenfauna. Diese Artengemeinschaft läßt sich, wie das Verzeichnis zeigt, mit keinem anderen bekannten Vorkommen miozäner Stufen im Nordseeraum vergleichen.

Betrachtet man die nächstgelegenen Miozänvorkommen (DITTMER 1959), so läßt sich feststellen, daß zur Fauna des Hemmoors von Behrendorf und Viöl bei einer Entfernung von nur 14 km kaum Beziehungen bestehen, noch viel weniger aber noch zu der des nur 4 bis 8 km entfernten, viel höher gelegenen obermiozänen Glimmertons. Die Fazies von Winnert ist der des

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Hemmoors gar nicht so unähnlich, so daß die Eigenart der Fauna nicht allein durch fazielle Unterschiede zu erklären ist.

Bisher gilt *Cardium hanseatum* als zuverlässiges Leitfossil der Hemmoorer Stufe. Würde man streng daran festhalten, und das wäre Sache der Definition, so wäre die Einstufung des „Horizonts von Winnert" einfach. Es bliebe dann nur noch zu klären, in welchen Teil des bis zu 100 m mächtigen Hemmoors das Profil von Winnert einzugliedern wäre. Beziehungen zum Vierland sind ebensowenig vorhanden wie zu den zahlreichen sehr gut bekannten Vorkommen des Hemmoors im westlichen und nördlichen Schleswig-Holstein; für eine Eingliederung in die Reinbeker Stufe sind keine zwingenden Gründe vorhanden. Leitformen außer *Cardium hanseatum* fehlen, ebenso zahlreiche für das Hemmoor von Jütland bis zum Niederrhein typische, sogar sonst in Unmengen auftretende Arten, während andrerseits die Fauna von Winnert eine Reihe von Formen aufweist, die aus dem Hemmoor der Umgebung nicht bekannt sind. Es fehlen fast alle der im Hemmoor so zahlreichen und massenhaft vorkommenden *Nassa*-Arten, die *Turritellen* sind mit nur einem winzigen Bruchstück vertreten, es fehlen zahlreiche der größeren, wärmeliebenden *Pleurotomiden* des typischen Hemmoors, die *Cancellarien, Leda westendorpi* und *L. emarginata,* die sonst oft so häufige *Ervilia pusilla* und viele andere mehr. *Nassa prismatica* und *N. holsatica* sind zwar aus dem Hemmoor nicht ganz unbekannt, treten aber nie so häufig auf wie in Winnert. *Turris helena* (mit noch erhaltenen roten Farbstreifen, die den Sinus anzeigen), *Turris annae* und *T. badensis* kommen im schleswig-holsteinischen Hemmoor bisher nicht vor. Diese

Tabelle 1
Übersicht über die Gliederung des Miozäns im nördlichen Schleswig-Holstein

Pliozän	(1 Mill. Jahre) (15 Mill. Jahre)	
Ober-Miozän	Sylt	Glimmerton von Ohrstedt, Rantrum
	Gram	Feddersburg, Bredstedt
	Langenfeld	
Mittel-Miozän	Reinbek	Braunkohlensande von Rantrum-Winnert
Unter-Miozän		Obere Braunkohlensande von Wanderup Mariner „Horizont von Winnert"
	Oxlund Hemmoor Behrendorf	Marines Hemmoor von Oxlund, Großenwiehe, Viöl, Behrendorf
		Untere Braunkohlensande von Wanderup
	Vierland	Marines Vierland von Wanderup
Oligozän	(35 Mill. Jahre)	Grüner Ton von Wanderup

Arten geben zugleich einen gewissen Hinweis für die Altersstellung insofern, als sie eine Einstufung unter die bisher ältesten Vorkommen von Hemmoor (Unter-Hemmoor von Oxlund und Behrendorf) ausschließen. Trotz aller erheblichen Abweichungen bleibt aber doch noch eine große Anzahl von Arten, die auch im Hemmor vorkommen und die der Fauna von Winnert ein hemmoorisches Gepräge geben. Mit großer Wahrscheinlichkeit wird also die marine Schichten-

folge von Winnert in das hohe, sonst nicht ausgebildete oder bisher nicht beobachtete Hemmoor zu stellen sein. Das gesamte Profil würde also auf das mächtige Hemmoor von Viöl und Behrendorf aufzusetzen sein (vgl. Tab. 1). Es wurde schon früher festgestellt, daß die ganz ungleichen Tiefen dem nicht entgegenstehen (DITTMER 1959). Zu den gleichen Schlüssen führt die Erörterung der Lagerungsverhältnisse. Im benachbarten Rantrum liegt unmittelbar neben den mächtigen Braunkohlensanden an einer Bruchlinie obermiozäner Glimmerton in typischer Ausbildung; 6 km nördlich von Winnert wurde der Glimmerton mit 90 m Mächtigkeit nicht durchbohrt. Im unteren Teil wurde durch *Aquilofusus luneburgensis* die Langenfelder Stufe nachgewiesen. Die marine Folge Winnert kann also unmöglich ein zeitliches Äquivalent des Glimmertons sein, sowohl aus faziellen als auch faunistischen Gründen. Demnach muß die gesamte Schichtenfolge einschließlich der hangenden Braunkohlensande und -tone im Raum Rantrum-Winnert älter als obermiozän sein. Entgegen der früheren Ansicht dürfte die Schüttung der Braunkohlensande dann aber nicht schon im Hemmoor, sondern erst im Reinbek eingesetzt haben, jedenfalls zur Hauptsache, wenn auch obere Braunkohlensande über Hemmoor in der Bohrung Wanderup I (1959) erstmalig festgestellt worden sind und darauf hinweisen, daß die Schüttung in diesem Raum vermutlich noch im Hemmoor begann.

Entwicklungsgeschichte und Lagerungsverhältnisse

Danach würde sich für die Entwicklungsgeschichte und die paläogeographischen Verhältnisse folgendes ergeben: das Hemmoor verlandete im Bereich der Joldelunder Struktur vor dem Ende des Hemmoors (zeitlich gesehen), vielleicht fand auch eine geringe Heraushebung dieser Struktur gleichzeitig statt. Im labilen Trog zwischen dem Westschleswig-Block und der stark ausgeprägten Doppelsalinar-Struktur Heide—Süderstapel blieb jedoch eine flache Meeresbucht bestehen, auf die sich die Schüttung der Braunkohlensande konzentrierte, wobei die ständig wachsende Auflast die Abwanderung von Salz im tieferen Untergrund andauern ließ. Mit dem Aussetzen der Schüttung noch vor dem Ende des Reinbeks — auch aus dem Obermiozän kennen wir keine Braunkohlensande — hörte die Abwärtsbewegung im Raum Winnert auf, es kam aber am westholsteinischen Abbruch und offenbar im Zusammenhang mit der Heraushebung der Mildstedter Struktur (DITTMER 1959) zu Einbrüchen, in die das Glimmerton-Meer transgredierte. Nachdem neuerdings die Bohrung Wanderup auch das gesamte Vierland schon bei 253 m Tiefe durchsunken hat, ergeben sich also sehr erhebliche Lagerungsstörungen seit dem Untermiozän.

Die neuen Aufschlüsse haben, obwohl die zeitliche Eingliederung noch nicht restlos befriedigend ist, einen weiteren wertvollen Beitrag zur Klärung der paläogeographischen Verhältnisse zur Abgrenzung der terrestrischen und marinen Absätze dieses Raums und vor allem zur Lagerung der Braunkohlensande geliefert, die für einen großen Teil des Landes Schleswig nahezu der einzige gute und leistungsfähige Grundwasserträger sind. Eine weit vorausschauende Planung in der Wasserversorgung ist ohne eine gründliche Kenntnis des Miozäns nicht mehr denkbar. Nachdem es mit sehr wenigen Bohrungen gelungen ist, die grundsätzlich wichtigen Bestandteile des Bauplans des tieferen Untergrundes zu erkennen, bleibt zu hoffen, daß weitere Aufschlüsse das bisherige Bild ergänzen und abrunden.

4. Zusammenfassung

Aus dem Gebiet von Rantrum—Winnert bei Husum wird eine Schichtenfolge beschrieben, die nach Fazies und Fauna von allen bisher bekannten Ablagerungen des Mittel- und Ober-

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

miozäns erheblich abweicht. Kennzeichnende Arten sind: *Turris helena, T. annae, T. badensis, Nassa prismatica, N. holsatica, Cardium hanseatum* und *Pandora copiosa*. Die marinen Schichten werden in das hohe Hemmoor gestellt, die hangenden Sande und Tone in die Reinbeker Stufe. Die Aufschlüsse haben einen weiteren wertvollen Beitrag zur Frage der Verbreitung miozäner Grundwasserträger geliefert.

5. Schriftenverzeichnis

DITTMER, E.: Ein neues Vorkommen von Braunkohlensanden bei Husum. Meyniana **5**, Kiel 1956.
DITTMER, E.: Das Hemmoor im nordwestlichen Schleswig-Holstein. Die Küste **6**, H. 2, 1957.
DITTMER, E.: Jungtertiäre Ablagerungen im westlichen Schleswig-Holstein. Meyniana **8**, 1959.
SORGENFREI, Th.: Molluscan Assemblages from the Marine Middle Miocene of South Jutland and their Environments. D. G. U. II. Raekke, Nr. 79, Kopenhagen 1958.

Verzeichnis der Mollusken aus dem „Horizont von Winnert"

	Winnert II 227—236 m	Winnert II 236—258 m	Rantrum IV 204 m	Rantrum VI 224 m
Nucula nucleus (L.)	60	43		+
Leda pygmaea (MÜNSTER)	564	890		+
Yoldia glaberrima (MÜNSTER)	564	240	+	
Anadara diluvii (LAM.)		14		
Limopsis aurita (BROCCHI)		470		
Pecten radians NYST	8	20		
Pecten lilli PUSCH	2			
Pecten seniensis LAM.	5			
Pecten tigerinus MÜLLER		1		
Ostrea sp.	2			
Astarte gracilis goldfussi HINSCH				+
Astarte triangularis (MONT.)		3		
Cardita orbicularis (SOW.)				+
Isocardia sp.		1		
Isocardia punctata KAUTSKY		1		
Sportella cimbrica KAUTSKY		12		
Cavilucina droueti NYST		132		
Cardium hanseatum KAUTSKY	1	20	+	+
Cardium papillosum POLI	24	345	+	
Erycina degrangei Cossm. et Peyrot	13	9		
Pitar cimbrica KAUTSKY	1	7		
Spisula subtruncata triangula REN.	710	350	+	
Lutetia nitida REUSS		1		
Angulus fallax BEYR.	350	25	+	
Angulus posterus BEYRICH in v. Koenen		8		
Angulus donacinus (L.)			+	
Abra prismatica (MONT.)	8	2		
Saxicava arctica (L.)	1	11		
Saxicavella sp.	3	4		
Panopaea menardi DESH.	1			
Varicorbula gibba (OLIVI)				+
Pandora copiosa SORG. (= *P. inaequivalvis*, DITTMER, 1959)	102	30		

	Winnert II 227—236 m	Winnert II 236—258 m	Rantrum IV 204 m	Rantrum VI 224 m
Cuspidaria costellata (DESH.)		10		
Teredo sp.	1	2		
Coralliophaga litophagella (LAM.)	1			
Dentalium vitreum GMELLIN in LINNE		20		
Cadulus gadus (MONT.)		3		
Circulus hennei GLIBERT	2	1		
Circulus striatus (PHIL.)	2	1		
Circulus planorbillus (DUJARDIN)		3		
Cingula koeneni GLIBERT	6	4		
Cingula proxima (ADLER)		4		
Rissoa sp.				3
Xenophora deshayesi (MICH.)		1		
Bittium spina (PARTSCH)				+
Scala amoena PHIL.	3			
Scala frondicula (WOOD)		2		
Turritella subangulata BROCCHI				+
Sigaretus aquensis deshayesi MICH.	1			
Natica praeclausa KAUTSKY		115	+	+
Natica miopusilla KAUTSKY		73		
Natica beyrichi v. KOENEN		3		
Pirula condita BRONGN.				+
Murex inornatus BEYR.	11	48		
Typhis fistulosus (BROCCHI)		14		
Pyrene nassoides (GRAT.)	4			
Sipho sp.				+
Aquilofusus sp.		2		
Nassa prismatica (BROCCHI)	140	103	+	
Nassa holsatica BEYR.	44	142	+	
Nassa textilis BELL.		8		
Nassa badensis (PARTSCH)		10		
Cancellaria calcarata BROCCHI		4		
Cancellararia varicosa (BROCCHI)		5		
Admete fusiformis (CANTR.)	1	65		
Turris denticula borealis (GLIBERT)		1		
Turris boreoturricula (KAUTSKY)	35	20	+	
Turris inermis (PARTSCH)		3		
Turris helena (SEMPER)	167	70	+	
Turris annae (HÖRNES et AUINGER)		1		
Turris badensis (HÖRNES)	14	21		
Bathytoma mioturbida KAUTSKY	1	4		
Conus antediluvianus BRUG.		22		+
Asthenotoma ornata (DEF.)	1	5		
Clavus obtusangulus (BROCCHI)		7		+
Clavus terebra intermedia (KAUTSKY)		3		
Clavus grateloupi (PEYROT)		1		
Pleurotomoides luisae v. KOENEN		45		
Neogyraleus roemeri (PHIL.)	23	42		
Neogyraleus gürichi (KAUTSKY)	3	52		
Neogyraleus calais (KAUTSKY)	15			
Philbertia scabra (PHIL.)	1			
Philbertia sinuosula SORG.	2	5		

	Winnert II 227—236 m	Winnert II 236—258 m	Rantrum IV 204 m	Rantrum VI 224 m
Philbertia leufroyi (PEYROT)		1		
Terebra hörnesi BEYR.		7		
Terebra acuminata BORS.		10		
Odostomia conoidea BR.	119	410		+
Odostomia sallispiscensis COSSM. et PEYROT		2		
Pyrgulina cimbrica KAUTSKY		24		
Turbonilla rufa (PHIL.)	7	17		
Turbonilla lactea (L.)		143		
Turbonilla amoena (COSSM. et PEYROT)		17		
Strombiformis taurinensis SACCO	2	40		
Eulimella neumayri (v. KOENEN)		1		
Syrnola subumbilicata (GRAT.)		7		
Melanella lactea (D'ORB.)		3		
Pyramidella plicosa BRONN		32		
Ringicula auriculata buccinea BR.		5		+
Actaeon semistriatus (FER.)		3		
Actaeon dargelasi (BAST.)	4	5		
Actaeon inflatus (BORS.)		4	+	
Actaeon papyraceus (BAST.)		2		
Actaeon tornatilis (L.)	8			
Actaeon laevigatus (GRAT.)	2			
Cylichna cylindracea (PENNANT)	8	35	+	
Retusa umbilicata MONT.	8			
Retusa elongata (EICHW.)	53	490	+	
Sabatia utricula (BR.)	5			
Scaphander sp.	5	6		
Acera bellardii (v. KOENEN)	1	2		
Spiratella atlanta MØRCH	2	3		
Spirialis valvatina REUSS				+

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Das Vierland von Wanderup

Von Ernst Dittmer

In Fortführung der hydrogeologischen Vorarbeiten zur Wasserversorgung von Geest und Marsch im Kreise Husum und angrenzenden Gebieten kam eine auf Grund früherer paläogeographischer Auswertungen (Dittmer 1957, 1959 a, b, c) in Wanderup, südwestlich von Flensburg, angesetzte Bohrung zu einem vollen Erfolg. Es wurde ein sehr leistungsfähiger Grundwasserträger in den Unteren Braunkohlensanden erschlossen, die hier in ungewöhnlich reiner und grober Ausbildung vorliegen. Um Unterlagen für weitere Planungen zu erhalten, wurde die Bohrung bis in das Oligozän fortgesetzt. Es wurde also auch das gesamte Untermiozän (Vierland) durchteuft. Da künftig kein praktisches Bedürfnis vorliegt, das Vierland in weiteren Bohrungen zu erschließen, dürfte die nachstehend beschriebene Schichtenfolge für lange Zeit die einzige in diesem Raum bleiben.

Bohrung Wanderup I
Meßtischblatt Nr. 1322 r = 22,35 h = 62,18 + 22,5 m NN

— 66,3 m Pleistozän, zuunterst mit Fossilien des Hemmooriums
— 72,9 m Hellgrauer Fein- bis Grobsand
— 84,9 m Grauer, leicht toniger Feinsand
— 85,8 m Brauner, sandstreifiger, humoser Ton
— 159,6 m Grünlichgrauer, leicht toniger, glaukonitischer Feinsand mit bis zu 20 cm bzw. 50 cm mächtigen Einlagerungen von braunem Glimmerton und Sandsteinbänken und Konkretionen, sehr fossilarm
— 163,8 m Fein- bis Mittelsand mit Lignit
— 165,6 m Grauer, toniger Feinsand
— 190,5 m Hellgrauer, teils feinkiesiger Fein- bis Grobsand
— 205,0 m Graubrauner, toniger Glimmersand mit Lignit, kalkfrei
— 235,2 m Brauner, magerer, sandstreifiger Glimmerton, fossilführend
— 239,5 m Graubrauner, toniger Feinsand, fossilführend
— 252,0 m Brauner, fester Glimmerton, fossilführend
— 259,0 m Hellgrüner, fetter, weicher Ton

Die Schichten von 66,3 bis 84,9 m entsprechen den Oberen Braunkohlensanden. Das Hemmoor ist 74,7 m mächtig und liegt in einer ähnlichen Fazies vor, wie von den Bohrungen Großenwiehe, Oxlund usw. beschrieben ist (Dittmer 1957, 1959 b). Wegen der äußerst dürftigen Fossilführung — die Kalkschalen sind vermutlich aufgelöst — ist eine Unterteilung in Behrendorfer- und Oxlunder-*) Schichten nicht möglich. Das insgesamt 47 m mächtige Vierland leitet mit hohem Feinsandanteil und teilweise sogar gröberen Bestandteilen im oberen Abschnitt des Profils zu den hangenden Braunkohlensanden über, die z. T. wohl auch noch in das Untermiozän zu stellen sind. Die untersten 12,5 m sind als fester Glimmerton ausgebildet und überlagern transgressiv und vermutlich diskordant sehr fetten oligozänen Ton, der einstweilen nicht näher eingestuft werden kann.

*) Da die Unterteilung des Hemmoors nach W. Hinsch und nach E. Dittmer nicht gleichbedeutend ist, wurde nach den Typuslokalitäten das Ober-Hemmoor in Oxlund, das Unter-Hemmoor in Behrendorf umbenannt.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Die Fazies des Vierlands von Wanderup erinnert an die der Braunkohlentone des Hemmooriums von Viöl, Behrendorf usw., unterscheidet sich aber von diesen durch den fehlenden Glaukonitgehalt. Der hohe Anteil an feinsten bis sehr groben terrestrischen Einschwemmungen, auch die arten- und individuenarme Molluskenfauna, läßt auf unmittelbare Küstennähe bzw. ästuarine Verhältnisse schließen.

Obwohl das gesamte Bohrgut durch ein Sieb geschickt wurde, konnte nur eine verhältnismäßig geringe Anzahl gut erhaltener Mollusken geborgen werden. Folgende Arten wurden bestimmt:

Nucula nucleus (L.)
Leda pygmaea (MÜNST.)
Pleurodon ovalis WOOD
Pinna sp.
Thyasira flexuosa (MONT.)
Angulus donacinus (L.)
Panopaea sp.
Codakia jutensis SORGENFREI
Cuspidaria rostrata SPENGL.
Teredo saucatsensis BÉNOIST
Dentalium vitreum GMELIN in LINNÉ
Dentalium bouéi DESH.
Capulus striatulus DESH.
Aporrhais speciosa margerini (DE KONINCK)
Natica beyrichi v. KOENEN
Nassa schlotheimi BEYR. = *N. fuchsi* v. KOENEN
Admete fusiformis (CANTR.)
Fusiturris duchasteli (NYST)
Turris rotata pluridenticulata (KAUTSKY)

Da über das Vierland des nördlichen Schleswig-Holstein nur sehr wenig bekannt ist, läßt sich über die paläogeographischen Verhältnisse nicht viel aussagen. Wichtig ist die Feststellung, daß die Schüttung von Braunkohlensanden schon während des tieferen marinen Vierlandiums begann. Strukturen und Salinarbewegungen werden Küstenverlauf und Morphologie des Meeresbodens der untermiozänen Nordsee ebenso beeinflußt haben wie in späteren Zeiten. Die teilweise erheblichen faziellen Abweichungen (Holsteiner Gestein, Blöcke mit Isocardia von Flensburg, Ton von Klintinghoved, die überaus reichhaltige Fossilführung von Stolpe) dürften wenigstens teilweise so zu erklären sein. Aus einem Vorkommen läßt sich heute keineswegs mehr auf die vermutliche Ausbildung in benachbarten Räumen schließen. Schon die großen Unterschiede in den Mächtigkeiten des Miozäns, 186 m in Wanderup gegen 950 m im östlich davon gelegenen Angeln (nach freundlicher Mitteilung von Herrn Dr. RÜDDIGER), zeigen, daß Entwicklungsgeschichte, Küstenverlauf und Tiefenverhältnisse der miozänen Nordsee viel verwickelter sind, als früher angenommen wurde.

Zusammenfassung

Es wird das Ergebnis einer Bohrung aus Wanderup, südwestlich von Flensburg, beschrieben, in der eine 47 m mächtige Schichtenfolge des Vierlandiums durchteuft wurde. Das gesamte Miozän einschließlich der Unteren und Oberen Braunkohlensande und des Hemmoors erreicht nur eine Mächtigkeit von 187 m. Marines Reinbek und Obermiozän fehlen wie überall in dieser Gegend.

Schriftenverzeichnis

ANDERSON, H.-J., DITTMER, E. u. GRIPP, K.: Ergänzungen und Berichtigungen zum Lexique stratigraphique international, Vol. I, Fasc. 5h1 (W. HINSCH: Tertiaire Allemagne du Nord) N. Jb. Geol. Paläont. Mh. 3, 1959 (1959 a).

DITTMER, E.: Das Hemmor im nordwestlichen Schleswig-Holstein. Die Küste **6**, H. 2, 1957 (erschienen September 1958).

Dittmer, E.: Jungtertiäre Ablagerungen im westlichen Schleswig-Holstein. Meyniana **8**, 1959 (1959 b).

Dittmer, E.: Der „Horizont von Winnert", Kreis Husum, ein Vorkommen von jüngstem Hemmoorium. Die Küste **7**, H. 1, 1959 (1959 c).

Gripp, K.: Über das marine Altmiozän im Nordseebecken. N. Jb. Min. Geol. Pal. Beil. Bd. XLI, Stuttgart 1915.

Hinsch, W.: Lexique stratigraphique international, Vol. I, Fasc. 5h1. Tertiaire Allemagne du Nord. Paris 1958.

Köwing, Kl.: Zur Gliederung der nordwestdeutschen Miozäns. N. Jb. Geol. Paläont. Mh. 2, 1957.

Sorgenfrei, Th.: Marine Nedre-Miocaen i Klintinghoved paa Als. Et Bidrag til Løsning af Aquitanien-Spørgsmaalet. D. G. U. II. r. Nr. 65, Kopenhagen 1940.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Schutz und Entwässerung der Niederungsgebiete an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste[1])

Von Ernst-Günter Kannenberg

Inhalt

I. Einleitung 48
II. Die erdgeschichtliche Entwicklung der schleswig-holsteinischen Ostseeküste 48
1. Die Litorina-Transgression 49
2. Die Küstenentwicklung seit Ende der Litorina-Transgression 49
III. Verbandsgründungen in den Niederungsgebieten 51
IV. Nutzung der Niederungsgebiete 56
V. Küstenschutz 57
1. Natürlicher Hochwasserschutz durch Strandwälle und Dünen 57
2. Deichbau 58
a) Deichbauten vor 1860 59
b) Die Deichbauperiode kurz vor 1872 60
c) Das Hochwasser vom 13. November 1872 und die Deichschäden . . . 60
d) Die Deichbauperiode als Folge des Hochwassers von 1872 63
Deichbau und Küstendynamik 63
Deichlinienplanung 64
Deichprofil und Baustoffe 67
Umfang der Eindeichungen 68
e) Deichbaumaßnahmen nach der Deichbauperiode 1874—1882 69
3. Deichvorland und Uferschutz 71
a) Funktion des Deichvorlandes 72
b) Erhaltung des Deichvorlandes 74
c) Nutzung des Deichvorlandes für den Seebadebetrieb 76
4. Deichsackungen und Deicherhöhungen 78
5. Deichschutz für Siedlungen an der Ostseeküste 78
6. Über die Wirtschaftlichkeit von Eindeichungen 81
VI. Entwässerung 83
1. Natürliche Entwässerung 83
2. Sielentwässerung 85
a) Anlagen der Sielentwässerung 85
b) Erste umfassende Entwässerungsmaßnahmen in den alten Deichverbänden . 93
3. Schöpfentwässerung 94
a) Trockenlegung von Gewässern 94
b) Unzureichende Sielentwässerung 95
c) Einrichtung von Teichwirtschaften 95
d) Technische Mittel der Schöpfentwässerung 97
e) Entwicklung und Umfang der Schöpfentwässerung 98
f) Folgeerscheinungen der Schöpfentwässerung 100
4. Anlage von Randkanälen 102
VII. Zusammenfassung 103
VIII. Schriftenverzeichnis 105

[1]) Die Veranlassung für diese Veröffentlichung gab das Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Abt. Wasserwirtschaft, Landesstelle für Gewässerkunde, Kiel, indem es den Verfasser beauftragte, den behandelten Fragenkomplex unter Verwertung der Archivbestände der Wasserwirtschaftsämter Lübeck und Schleswig sowie einzelner Akten des Landesarchivs zu Schleswig zu bearbeiten. Diese Untersuchung wurde in den Jahren 1954—1955 durchgeführt und liegt in Form von drei Teilberichten bei diesen Dienststellen (außer Landesarchiv) vor.

Abkürzungen im Text:

DuEV = Deich- und Entwässerungsverband
LASH = Landesarchiv Schleswig-Holstein
TVA = Torpedoversuchsanstalt
WuBV = Wasser- und Bodenverband
WV = Wasserverband
WWA = Wasserwirtschaftsamt

I. Einleitung

An der schleswig-holsteinischen Ostseeküste befinden sich zwischen Travemünde und Flensburg zahlreiche größere und kleinere Niederungsgebiete in Meeresspiegelhöhe oder auch im Einflußbereich der Wasserstandsschwankungen der Ostsee. Die meisten dieser Niederungen sind heute durch Deiche oder verstärkte Strandwälle gegen Meeresüberflutungen geschützt und werden durch Siele oder Schöpfwerke entwässert.

Während die diesen Niederungsgebieten an der Nordseeküste entsprechenden Marschengebiete durch FISCHER (1955) eine eingehende Bearbeitung der Entwicklung ihres Deich- und Entwässerungswesens erfahren haben, fehlte bisher jegliche Übersicht über die Entwicklung der Küstenschutz- und Entwässerungsmaßnahmen in den Niederungen an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste. Lediglich der Aufsatz von RUNDE (1883) über „Deichanlagen an der Ostsee in der Provinz Schleswig-Holstein" vermittelte einen kleinen Einblick in das bedeutende Werk der Eindeichungen an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste, das als Folge der Hochwasserkatastrophe von 1872 in den Jahren 1874—1882 geschaffen wurde und die Grundlage für die weitere Entwicklung des Küstenmeliorationswesens an der Ostseeküste bildete.

Die folgende Darstellung ergänzt die Arbeit von M. PETERSEN über den „Abbruch und Schutz der Steilufer an der Ostseeküste" (1952). Sie versucht, die Entwicklung des Küstenschutzes an den Flachküsten im Osten Schleswig-Holsteins und die Entwässerungsprobleme in den dahinterliegenden Niederungen aus einem in Akten niedergelegten Erfahrungsschatz von mehr als achtzig Jahren zusammenzufassen. Daraus ergeben sich auch zahlreiche Hinweise für die zukünftige funktionelle Planung.

II. Die erdgeschichtliche Entwicklung der schleswig-holsteinischen Ostseeküste

Die schleswig-holsteinische Ostseeküste verdankt ihre Entstehung den erdgeschichtlichen Vorgängen seit dem Ausklingen der letzten Eiszeit. Vielfach erhielt sie schon durch Gletscherschwankungen und Eiszungenvorstöße, die den Rückzug und das Abschmelzen der von Skandinavien vorgedrungenen Inlandeismassen unterbrachen, die Grundzüge ihrer Gestalt, denn zu dieser Zeit wurden im wesentlichen die jetzigen Oberflächenformen des im Osten des Landes befindlichen Jungmoränengebietes geschaffen. Sobald das heute von der westlichen Ostsee (= Beltsee) eingenommene Becken von den Eismassen befreit war, konnte sich auch die bisher einseitig nach Süden zum Elbe-Urstromtal und nach Westen zur Nordsee gerichtete Entwässerung umstellen und die bestehende Wasserscheide ausbilden.

Ausschlaggebend für die endgültige Gestalt der Niederungsgebiete war jedoch erst der postglaziale Meeresspiegelanstieg, die sogenannte Litorina-Transgression, und deren Beendigung etwa in Höhe des heutigen Meeresniveaus.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

1. Die Litorina-Transgression

Der heute von der westlichen Ostsee eingenommene Meeresraum lag zu Beginn der Postglazialzeit (Nach-Eiszeit) vorwiegend trocken. Das von der ausräumenden Tätigkeit der Gletscher zurückgelassene Becken war lediglich von einzelnen Rinnen durchzogen, welche die aus den heutigen Buchten und Förden kommenden Entwässerungssysteme aufnahmen und das Wasser zur Senke des Großen Belts hin abführten.

Etwa von 7000 v. Chr. an machte sich auch im westlichen Ostseebecken der Anstieg des Meeresspiegels bemerkbar, der eine Folge des Abschmelzens der mächtigen Inlandeismassen war. Die Entstehung der westlichen Ostsee wurde mit Hilfe der Pollenanalyse von Transgressionskontakten (Überlagerung von Süßwasserabsätzen durch Meeresbildungen) erstmals von TAPFER (1940) untersucht. Dessen Ergebnisse erfuhren neuerdings durch SCHMITZ (1954) Ergänzungen und Korrekturen. Nach dem derzeitigen Wissensstande spielten sich folgende Niveauveränderungen (bezogen auf NN) im Laufe der Transgression ab (nach SCHMITZ):

bis 25 m-Isobathe	um 6000 v. Chr.
bis 20 m-Isobathe	um 5500 v. Chr.
bis 15 m-Isobathe	um 5000 v. Chr.
bis 10 m-Isobathe	um 4000 v. Chr.
bis 5 m-Isobathe	um 3000 v. Chr.
bis 2 m-Isobathe	um 2000 v. Chr.

Die vertikale Geschwindigkeit der Transgression war zuerst sehr rasch mit etwa 1 m im Jahrhundert und verlangsamte sich dann ab 5000 v. Chr. Über den Abschluß der Transgression besteht leider immer noch keine Klarheit. Sie ging jedoch nicht plötzlich zu Ende, sondern klang allmählich aus, wobei sogar mit kleinen Regressionen zu rechnen ist, ohne daß sie bisher nachweisbar waren.

Jedenfalls ergibt sich aus den pollenanalytischen Untersuchungen die für das Verständnis der heutigen Küste bedeutsame Tatsache, daß die am Küstenausgleich tätigen Kräfte seit höchstens 4000 Jahren wirksam sind. Von diesem Zeitpunkt ab datiert das Vorhandensein der meisten Niederungsgebiete, denn ihre Entstehung hängt eng mit einem annähernd konstanten Meeresspiegel bzw. Mittelwasser zusammen.

Das Meer war bei der Transgression in eine sehr unruhige, durch zahlreiche Hügel und Mulden gekennzeichnete jungglaziale Landschaft eingedrungen. Infolgedessen bildete die Küste zu jener Zeit noch zahllose kleine Vorsprünge, die bereits im letzten Stadium der Transgression der Abtragung unterlagen und dabei zu Kliffs umgestaltet wurden, während andrerseits die im Meeresniveau liegenden Niederungen durch die aus der Transgression resultierende vermehrte Materialzufuhr, die sich aus dem verstärkten Kliffabbruch bei steigendem Meeresspiegel ergab, beim Ende der Transgression bereits abgeschlossen waren (TAPFER 1940, SCHMITZ 1954). Diese Tatsache gilt zumindest für alle Niederungen, die zwischen Steilufern liegen, denn alle ins Meer ausstreichenden Moränenzüge wurden schon während der Transgression als Kliffs angeschnitten. Gleichzeitig war aber das Abrasionsmaterial aus der Abtragung der ständig neu hinzukommenden frisch überfluteten Diluvialflächen noch vermehrt worden. Aus diesem Grunde war schon mengenmäßig die Möglichkeit eines schnellen Abschlusses aller Niederungsgebiete durch Strandwälle gegeben.

Die Niederungen sind also im allgemeinen nicht abgeschnürte Meeresbuchten, sondern vom Meere abgesperrte Geländesenken (TAPFER 1940, S. 163). Daran ändert auch die Tatsache nichts, daß gelegentlich bei Bohrungen in den obersten Schichten der Niederungsgebiete Seesand gefunden wird, denn hierbei handelt es sich um sogenannte Sturmflutsedimente, die von Hochwasserdurchbrüchen der Strandwälle stammen, bei denen das Meer eine Niederung kurzfristig überschwemmte.

Sofort nach Abschluß der Transgression setzte in den durch Strandwälle abgeschlossenen Niederungen infolge Grundwasserstaus der Prozeß der Vermoorung ein. Dadurch wurde das häufig noch vorhandene glaziale Relief innerhalb der Niederungen weitgehend verdeckt (vgl. MARTENS 1927, Abb. 21).

2. Die Küstenentwicklung seit Ende der Litorina-Transgression

Nach dem Abklingen der Litorina-Transgression vor etwa 3000 bis 4000 Jahren setzte die Umgestaltung der Küste ein, die im allgemeinen als Küstenausgleich bezeichnet wird. Dieser Prozeß ist auch heute noch im Gange. Unsere heutige Küste ist nur ein Zwischenzustand in dieser Entwicklung.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Die postlitorine Küstenentwicklung wird durch zwei verschiedene Vorgänge gekennzeichnet, bei denen der eine von dem anderen abhängig ist:

1. Der Rückgang der Steilufer (einschließlich der seitlich anhängenden Strandwälle).
2. Die Bildung von Alluvionen (Anlandungs- bzw. Ablagerungsgebieten) in Form von Nehrungen, Strandwallebenen oder Höftländern[2]).

Wie schon während der Transgression alle Landvorsprünge durch das Meer in Form von Steilufern angeschnitten und zurückverlegt wurden, so setzte sich dieser Vorgang auch in der darauffolgenden Zeit fort. Sämtliche noch heute im Abbruch befindlichen Steilufer stellen mit ihrem derzeitigen Verlauf der Uferlinie einen Zwischenzustand dieses Vorgangs dar. Je nach Exposition und Lage der Steilufer an der Küste muß mit einem unterschiedlichen Rückgangsbetrag seit dem Ausklingen der Litorina-Transgression gerechnet werden. Von gewissen Ausnahmen abgesehen, kann an der Außenküste[3]) in dieser Zeitspanne mit einem Mindestbetrag des Küstenrückgangs von einem Kilometer gerechnet werden, während der Durchschnitt bei etwa eineinhalb Kilometer liegen dürfte. Beim Brodtener Ufer z. B. ist dieser Betrag jedoch erheblich höher (KANNENBERG 1951, S. 55).

Mit dem Rückgang der Steilufer ist allgemein auch ein gleichzeitiger und gleichmäßiger Rückgang der seitlich anschließenden Strandwälle verbunden, die sich aus einem Teil der durch die Brandung sortierten Abtragungsprodukte der Steilufer aufbauen. Diese Tatsache ergibt sich nicht nur aus Vermessungen der jüngsten Zeit, sondern auch aus strandwallmorphologischen Untersuchungen (KÖSTER 1955). Außerdem fand man am Meeresboden vor Niederungen immer wieder Torfe, oft viele hundert Meter vor den heutigen Strandwällen. Dieser Befund besagt aber, daß die Torfe, die sich nur im Schutze von Strandwällen in Bodensenken durch Grundwasserstau bilden konnten, später von den Strandwällen in Verbindung mit dem Küstenrückgang überwandert wurden. Die Fundstellen von anstehenden Torfen im Flachwasser vor der Küste sind somit Zeugen für den Küstenrückgang, und die heutigen Niederungsgebiete nur Restteile von einst größeren Niederungen.

Von diesen in der Mehrzahl befindlichen Niederungsgebieten, die durch den Begriff „Abschlußniederungen" gekennzeichnet werden können, sind einige Niederungsgebiete als „Vorbauniederungen" zu unterscheiden. Letztere befinden sich in den als Höftland bezeichneten Anlandungsgebieten (MARTENS 1927, S. 27–31), die in der ersten Phase nach dem Ausklingen der Litorina-Transgression infolge des Überschusses an Sedimentmaterial aufgebaut wurden.

Die Höftländer haben als Vorbauformen an der Küste einen dreieckigen Grundriß. Sie sind durch einen uferparallelen Strandwall oder mehrere Strandwälle gekennzeichnet, die vom Moränengebiet des Hinterlandes stets durch eine moorbedeckte Niederung getrennt sind. Diese Niederung ist der vom landwirtschaftlichen Standpunkt wesentlichste Teil der Höftländer. — Höftländer finden sich ausschließlich an der Innenküste, d. h. in den Förden und in Buchten, deren Längsachse größer ist als die Breite an der Außenlinie, also außer in den Förden nur in der Lübecker Bucht[4]).

Wenn die Höftländer in ihrem Ursprung auch ausgesprochene Anlandungs- und Ablagerungsgebiete sind, so kann sich dieser Zustand im Laufe der Küstenentwicklung doch ändern. Durch den weiteren Rückgang der übrigen Küste wechseln auch die Ablagerungsbedingungen örtlich und zeitlich. — Das beste Beispiel für einen derartigen Vorgang bildet augenblicklich

[2]) Höftland = Alluvion von dreieckigem Grundriß (nach MARTENS 1927, S. 27).

[3]) Innenküste = Küste der Förden und Buchten, deren Längsachse größer als die Breite an der Außenlinie ist, also auch die Küste der Lübecker Bucht. Außenküste = restliche Küste, also einschl. Hohwachter Bucht.

[4]) Beispiele besonders in der Eckernförder Bucht: Südufer mit Noer und Kronsort, Nordufer bei Langholz.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

das Höftland von Langholz in der Eckernförder Bucht. Durch den fortgesetzten Rückgang des Steilufers von Klein-Waabs ist die Ostflanke dieses Höftlandes mit in den Bereich der Abtragung gelangt (vgl. KANNENBERG 1951, S. 77).

III. Verbandsgründungen in den Niederungsgebieten

Sämtliche Küstenschutz- und Entwässerungsmaßnahmen in den Niederungsgebieten an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste beruhten ursprünglich auf der Tatkraft einzelner Besitzer oder waren Gemeinschaftsleistungen auf freiwilliger Basis ohne Unterstützung von anderer Seite. Erst nachdem ganz Schleswig-Holstein 1866 unter preußische Verwaltung gekommen war, wurden von staatlicher Seite Maßnahmen zur Förderung der Landeskultur in den Niederungsgebieten in Angriff genommen. Zur Unterhaltung der mit staatlicher Hilfe errichteten Deich- und Entwässerungsanlagen wurden Genossenschaften bzw. Verbände gegründet. Als erster Verband dieser Art entstand um 1870 die Gruber Seegenossenschaft im Kreise Oldenburg, welche die mit staatlicher Förderung geschaffenen Deich- und Entwässerungsanlagen nördlich von Dahme zu unterhalten hatte.

Die Hochwasserkatastrophe vom 13. November 1872 mit ihrer weit in alle Niederungsgebiete eindringenden Salzwasserüberschwemmung und der sich dabei herausstellende Mangel an ausreichenden Hochwasserschutzanlagen gab im Zeitraum 1877—1888 in Verbindung mit umfangreichen Baumaßnahmen Veranlassung zur Gründung von siebzehn Deichverbänden mit insgesamt 14 633 ha Fläche. Der Schwerpunkt dieser Verbandsgründungen lag im Küstenraum zwischen Kiel und Neustadt/Holstein, besonders im Kreise Oldenburg mit insgesamt 11 554 ha.

Die Veranlassung zu allen späteren Verbandsgründungen in Küstenniederungen gab im allgemeinen die mangelnde Entwässerung (Versumpfung, stauende Nässe), indem eine Verbesserung oder Neuschaffung der Entwässerungsanlagen angestrebt wurde, um die landwirtschaftlichen Flächen einer gesteigerten Produktion zuzuführen. Jedoch gaben manchmal auch andere Vorgänge den ersten Anstoß, eine Verbandsgründung zu betreiben, vor allem baufällige Entwässerungsanlagen, mangelnder Hochwasserschutz oder auch die Aufsiedlung von Gütern.

Im Zeitraum zwischen den Deichverbandsbildungen von 1877 bis 1888 und dem ersten Weltkrieg wurden in Küstenniederungen nur vier Entwässerungsverbände mit einer Gesamtfläche von rund 393 ha gegründet. Recht zahlreiche Verbandsgründungen erfolgten dann zwischen 1923 und 1936 mit einer Gesamtfläche von rund 2493 ha. Von diesen siebzehn Verbänden hatten jedoch nur sieben eine Fläche von mehr als 100 ha, während sechs noch nicht einmal ein Areal von 50 ha aufwiesen. Nach der im Jahre 1937 herausgegebenen neuen Wasserverbandsordnung erhielten von 1939 bis 1941 sämtliche bestehenden Verbände auf dieser Grundlage eine neue Satzung. Im Zeitraum 1938—1940 wurden nach dem neuen Wasserverbandsrecht noch drei weitere Verbände mit rund 353 ha Fläche gegründet.

Die Größe der Niederungsgebiete wurde im allgemeinen erst im Zusammenhang mit Entwurfsaufstellungen für Verbandsgründungen festgestellt. Aus diesem Grunde können für Niederungsgebiete, in denen Wasser- und Bodenverbände bestehen, wesentlich genauere Angaben über das Areal gemacht werden als bei Gebieten, in denen noch keine Verbandsgründung erfolgte.

Die Methoden zur Begrenzung der Niederungsgebiete mit Verbandsgründung sind jedoch so unterschiedlich, daß zuvor einiges darüber ausgesagt werden muß, um die später folgenden Größenangaben einigermaßen bewerten zu können. — Im allgemeinen fällt die Begrenzung mit gewissen Höhenlinien (Isohypsen) zusammen. Sie schwankt jedoch zwischen der 1,9-m- und der 3,2-m-Isohypse zu NN. Für die im Jahrzehnt nach 1872 eingedeichten Niede-

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

rungen wurde die Begrenzung der Beteiligung durch das Überschwemmungsgebiet vom 13. November 1872 festgelegt, dessen Ermittlung schon frühzeitig vorgenommen wurde[5]). Die Höhengrenze der Niederungsgebiete fällt also nicht mit der Höhe des Hochwasserschutzes (Deichkrone) zusammen, sondern hängt von der maßgebenden HHW-Höhe von 1872 ab[6]). Sie liegt z. B. in der Klostersee-Niederung (Nr. 37 auf Abb. 1 b) höher als in den Niederungen der Insel Fehmarn. Ob das heutige Beteiligungsgebiet der alten Deichverbände jedoch überall das genaue Überschwemmungsgebiet von 1872 darstellt, muß im allgemeinen bezweifelt werden, denn es sind später gewisse Korrekturen vorgenommen worden, wie z. B. in der Probsteier Niederung (vgl. OLDEKOP 1908, IX, S. 120). Für die späteren Verbandsgründungen kann allgemein angenommen werden, daß die Höhenbegrenzung der Niederung ebenfalls mit einem maßgebenden Hochwasserstand zusammenfällt und die Krone des Deiches eine den Wellenauflauf berücksichtigende größere Höhe aufweist.

In Niederungsgebieten, in denen ein Verband ohne gleichzeitig durchgeführte Küstenschutzmaßnahmen (Deichbau oder Strandwallverstärkung) gegründet wurde — z. B. bei den Haffwiesen, in Rettin, an der Hagener Au, am Goossee oder bei Beveroe (vgl. Nr. 40, 39, 19, 15 und 7 auf Abb. 1) — beschränkt sich das Beteiligungsgebiet und damit auch die Größe auf das von den Entwässerungsmaßnahmen nutznießende Gebiet.

Eine derartige klare Gliederung und Unterscheidung der Größenangaben, wie sie PETERSEN (1954, S. 293) am Beispiel eines nordfriesischen Kooges gezeigt hat, ist in den Niederungsgebieten an der Ostseeküste bisher nicht durchgeführt worden.

Soweit innerhalb der alten Deichverbände später zusätzliche Entwässerungsmaßnahmen ausgeführt wurden, sind innerhalb des Gesamtbeteiligungsgebietes besondere Beteiligungsgebiete der Entwässerung abgegrenzt worden, welche die Grundlage für eine Beitragsstaffelung bilden.

Im Kreise Eutin bestehen abweichend vom übrigen Lande Schleswig-Holstein sogenannte Einzugsgebietsverbände, die im Jahre 1928 nach oldenburgischem Recht gegründet wurden, nach Übergang des Landesteils Eutin auf Preußen (1937) bestehen blieben und 1940 ebenfalls in Wasser- und Bodenverbände umgewandelt wurden. Die Haffwiesen bei Haffkrug und die Hemmelsdorfer Seeniederung bei Niendorf sind also nur kleine Teile größerer Verbände.

Um einen Überblick über die heute bestehenden Verbände in den Niederungsgebieten der schleswig-holsteinischen Ostseeküste zu geben, sind diese in den folgenden Tabellen mit ihrem Gründungsjahr und den Hauptmaßzahlen zusammengestellt (vgl. Übersichtskarte Abb. 1):

Tabelle 1
Verbände im Bezirk WWA Lübeck (von Kiel bis Travemünde folgend)

Verband	Gründung Jahr	Uferlänge in m	Fläche in ha	Maßzahl-verhältnis[7])
WuBV Hagener Au	1902	250	48,02	5,0
DuEV Stein-Wendtorf	1888	890	33,5	26,5
DuEV Probstei	1880	12 200	1854,. .	6,6
DuEV Kembs-Behrensdorf	1932	4 600	262,61	17,6
DuEV Waterneverstorf-Neudorf	1882	3 700	1014,. .	3,6
DuEV Süssau	1935	1 600	82,11	19,5
DuEV Grube-Wessek	1878	7 800	5415,70	1,4

[5]) Vgl. LASH, Reg. 402 A 24, Nr. 24, 29, 35—37, 41.

[6]) HHW = Höchstes Hochwasser, MHW = Mittleres Hochwasser, MW = Mittelwasser.

[7]) Maßverhältnis = Verhältnis der Maßzahl der Deichlänge in Metern zur Maßzahl der Fläche in Hektar (vgl. S. 81).

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Tabelle 1 (Fortsetzung)
Verbände im Bezirk WWA Lübeck (von Kiel bis Travemünde folgend)

Verband	Gründung Jahr	Uferlänge in m	Fläche in ha	Maßzahl-verhältnis
WuBV Dahmer Moor	1931	820	41,85	19,6
DuEV Klostersee-Niederung	1880	9 300	1758,33	5,3
WuBV Klostersee	1923	—	487,2	—
WuBV Rettin	1928	2 200	68,13	32,3
WuBV Ostsee (Haffwiesen)	1928	2 500	199,31	12,5
WuBV Aalbek (Hemmelsdf. Seendg.)	1928	—	962,..	—
Insel Fehmarn:				
DuEV Presen	1881	2 090	564,99	3,7
DuEV Nördl. Seeniederung	1882	14 640	2 051,11	7,1
DuEV Püttsee-Kopendorf-B.	1881	6 790	895,10	7,6
WuBV Kopendorfer Au	1895	—	96,44	—
DuEV Sulsdorf-Orth	1881	2 250	303,..	7,4
DuEV Lemkendorf-Gollendorf	1881	2 520	133,48	18,9
DuEV Albertsdorf-Teschendorf	1884	1 620	89,47	18,1
DuEV Strukkamp-Albertsdorf	1881	1 820	94,88	19,2
DuEV Wulfen-Blieschendorf	1881	1 580	138,..	11,5
DuEV Burg	1882	1 370	56,..	24,5

Tabelle 2
Verbände im Bezirk WWA Schleswig (von Kiel bis Flensburg folgend)

Verband	Gründung Jahr	Uferlänge in m	Fläche in ha	Maßzahl-verhältnis
DuEV Friedrichsort	1931	1 350	34,16	39,5
DuEV Fuhlensee	1882	760	68,04	11,2
WuBV Alt-Bülk	1950	1 200	66,27	18,0
WuBV Goossee	1926	700	161,46	4,4
WV Seedeich Langholz	1938	500	8,49	58,8
WuBV Damp-Dorotheenthal	1886	3 300	130,23	25,4
WuBV Schwansener Seeniederung	1924	2 500	412,43	6,1
WuBV Schleibek (1933)	1933	3 300	168,04	19,6
WuBV Oehe	1938	4 000	308,28	13,0
WuBV Pottloch-Kronsgaard	1930	900	24,84	36,3
WuBV Beveroe	1926	6 300	340,38	18,5
Anschl. Gammeldamm	1938	150	11,82	12,7
WuBV Kl. Noor bei Gelting	1877/1931	100	151,80	0,7
WuBV Wackerballig	1940	1 900	36,52	52,0
WuBV Ohrfeld-Koppelheck (Deich)	1936	2 100	38,14	55,1
WuBV Habernis	1906	700	118,20	5,9
WuBV Freienwillen	1930	200	16,39	12,2
WuBV Holnis-Noor	1925	500	94,77	5,3

Das Schwergewicht der Niederungsgebiete an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste liegt im Küstenraum zwischen Kiel und Neustadt, besonders auf der Insel Fehmarn (Kreis Oldenburg), wie folgende Zusammenstellungen zeigen:

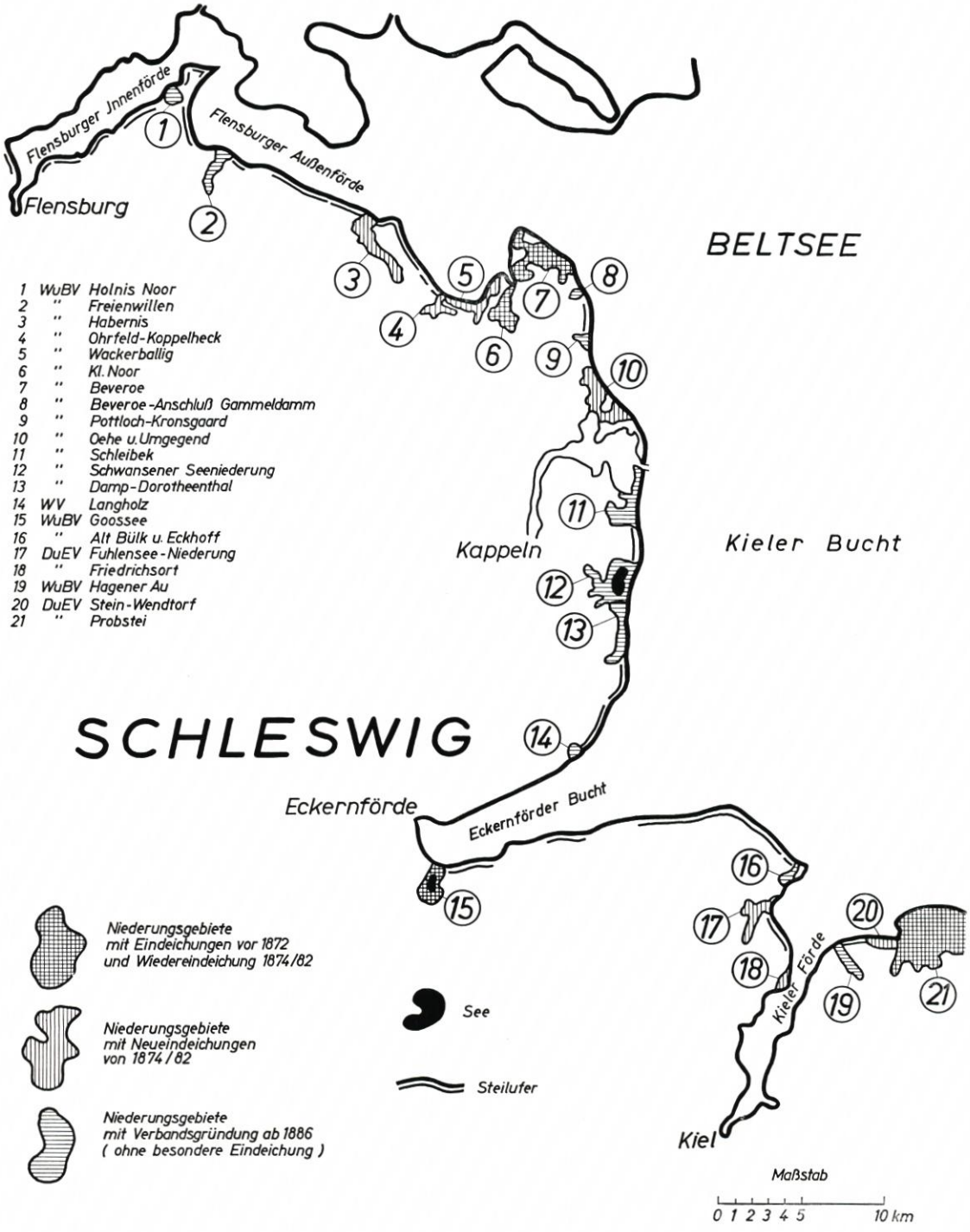


Abb. 1a. Übersichtskarte der Niederungsgebiete mit Verbandsgründung, Landesteil Schleswig

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

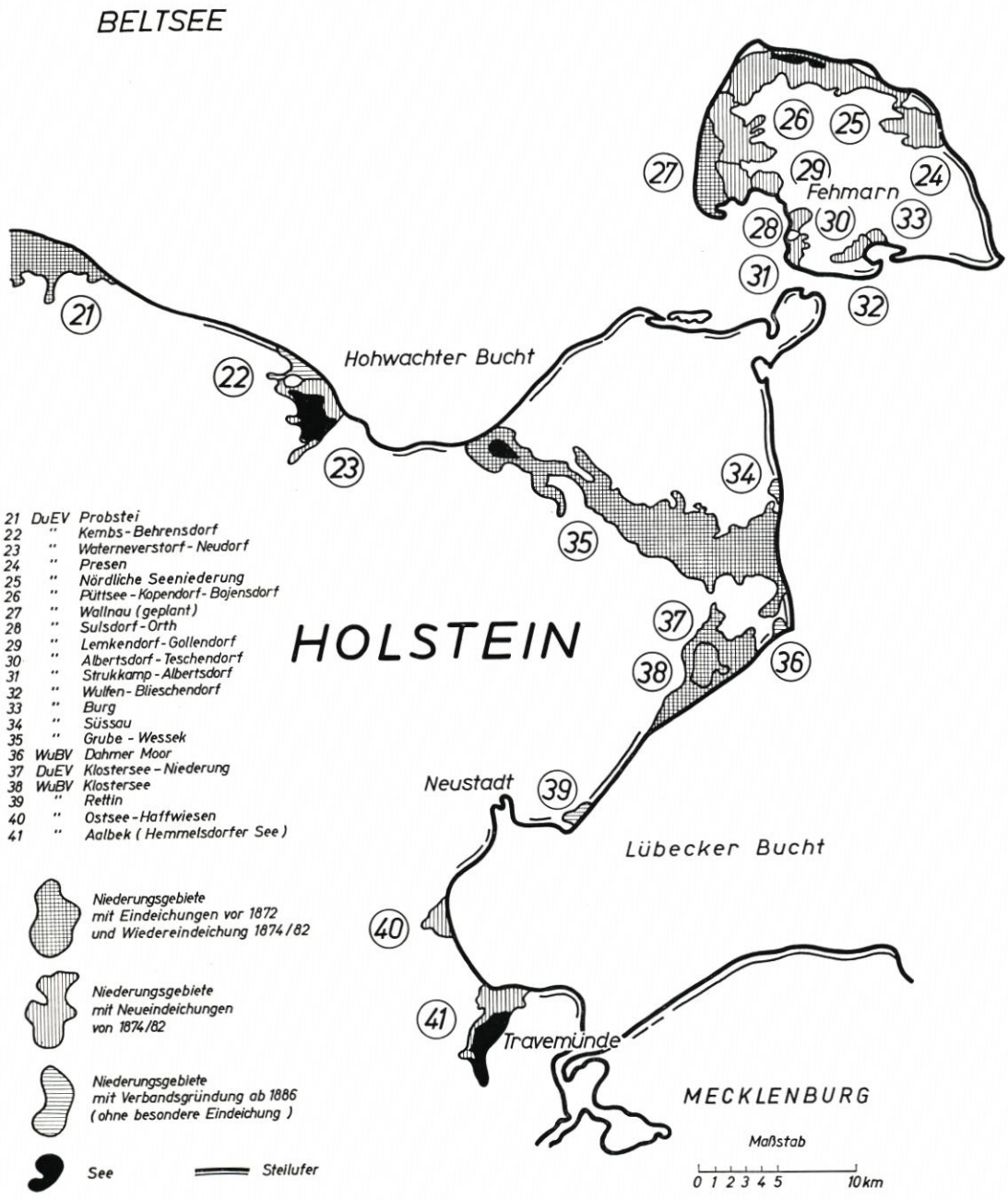


Abb. 1b. Übersichtskarte der Niederungsgebiete mit Verbandsgründung, Landesteil Holstein

Tabelle 3
Niederungsgebiete zwischen Kiel und Travemünde (Bez. WWA Lübeck)

	Niederungsverbände Zahl	Fläche	Sonst. Niederungen Zahl	Fläche	Gesamtfläche
Kreis Plön	5	3 212 ha	1	rd. 240 ha	rd. 3 450 ha
Kreis Eutin	2	1 161 ha	—	—	rd. 1 160 ha
Kreis Oldenburg	16	11 692 ha	8	rd. 910 ha	rd. 12 600 ha
Kiel—Travemünde	23	16 065 ha	9	rd. 1 150 ha	rd. 17 210 ha
davon Fehmarn	10	4 326 ha	2	rd. 650 ha	rd. 4 980 ha

Tabelle 4
Niederungsgebiete zwischen Kiel und Flensburg (Bez. WWA Schleswig)

	Niederungsverbände Zahl	Fläche	Sonst. Niederungen Zahl	Fläche	Gesamtfläche
Stadt Kiel	1	34 ha	—	—	rd. 35 ha
Kreis Eckernförde	7	1 015 ha	5	rd. 360 ha	rd. 1 375 ha
Kreis Flensburg	9	1 141 ha	7	rd. 190 ha	rd. 1 330 ha
Kiel—Flensburg	17	2 190 ha	12	rd. 550 ha	rd. 2 740 ha

Allein auf der Insel Fehmarn befinden sich Niederungsflächen von einer Gesamtgröße, die fast das Doppelte der gesamten Niederungsflächen an der Küste zwischen Kiel und Flensburg umfaßt.

IV. Nutzung der Niederungsgebiete

Die Nutzungsarten der Niederungsgebiete sind hauptsächlich Acker- und Grünland. Daneben spielen noch Gewässer (Binnenseen) eine gewisse Rolle. Unter den beiden erstgenannten Nutzungsarten liegt das Schwergewicht auf dem Grünland, dessen Anteil an der Gesamtfläche jedoch unterschiedlich ist.

Allgemein läßt sich folgendes sagen: Der Anteil des Grünlandes hängt von der Lage der Höhenlinienbegrenzung der Niederungsgebiete ab und ist um so größer, je niedriger die Beteiligungsgrenze liegt. Aus diesem Grunde ist der Anteil des Ackerlandes in den Niederungen der alten Deichverbände wesentlich höher als in den Niederungsgebieten mit späterer Verbandsgründung. Soweit in Niederungen ein Verband ohne gleichzeitig durchgeführte Küstenschutzmaßnahmen gegründet wurde und sich das Beteiligungsgebiet auf die von den Entwässerungsmaßnahmen nutznießende Fläche beschränkt, dürfte das Grünland mehr als 90 Prozent, oft sogar bis 100 Prozent der Niederungsfläche einnehmen. Die + 1-m-Isohypse bildet wahrscheinlich ungefähr die Grenze der Nutzung innerhalb der Niederungen, oberhalb derer Ackerbau vorherrscht, während unterhalb das Grünland allein vorhanden ist.

Gegenüber diesen Verallgemeinerungen gibt es jedoch eine Reihe von Abweichungen, die teils in besonderen topographischen und Bodenverhältnissen begründet liegen, teils durch Absenkung des Wasserspiegels bedingt sind. Auch durch eine Absenkung des Wasserspiegels infolge Schöpfentwässerung können sich vom allgemeinen Zustand abweichende Verhältnisse in der Nutzung der Niederungen ergeben haben. Diese Abweichungen sind jedoch erst durch die Eingriffe im letzten Jahrhundert möglich geworden.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Über den Umfang von Nutzungsänderungen in den Niederungen als Folge von Eingriffen, vor allem durch die Einführung der Schöpfentwässerung, liegen bisher keine Erhebungen vor. Eine Untersuchung dieser Frage könnte über den Erfolg von Entwässerungsmaßnahmen sicher manchen Aufschluß geben und erscheint bei den alten Deichverbänden durch Vergleich der Nutzung bei Verbandsgründung mit einer Kartierung der derzeitigen Nutzung möglich und erstrebenswert[8]).

Durch die noch vorhandenen Binnenseen geht einem Teil der durch Verbände organisierten Niederungsgebiete eine mehr oder weniger große Fläche der landwirtschaftlichen Nutzung verloren, doch werden die Seeflächen meistens fischereiwirtschaftlich oder teilweise auch durch Rethwerbung *(Phragmites communis)* genutzt.

V. Küstenschutz

Bei Küstenschutzmaßnahmen vor Niederungsgebieten an der Ostseeküste ist grundsätzlich zwischen Hochwasserschutz und Uferschutz zu unterscheiden. Der Hochwasserschutz hat die Aufgabe, das hinterliegende Land gegen Überschwemmungen durch Salzwasser zu sichern. Dagegen fällt dem Uferschutz die Aufgabe zu, das Ufer gegen Veränderungen durch abtragende Kräfte der Meeresbrandung zu sichern. Dem Hochwasserschutz dienen Deiche, dem Uferschutz Längs- und Querwerke.

1. Natürlicher Hochwasserschutz durch Strandwälle und Dünen

Sämtliche Niederungsgebiete der schleswig-holsteinischen Ostseeküste besaßen vor dem Eingreifen des Menschen als natürlichen Hochwasserschutz Strandwälle, seltener Dünen.

Strandwälle werden bei Hochwasser von der Brandung gestaltet, indem die Zone des Materialtransports gegen das Ufer in ein höheres Niveau auf den Strand verschoben wird, wobei Sand und Geröll unter bestimmten Bedingungen abgelagert werden. Die Höhe der Strandwälle ist verschieden. Sie beträgt im allgemeinen 1 bis 3 m über MW und liegt im Durchschnitt zwischen 1½ und 2½ m über MW.

Da die Strandwälle mariner Entstehung sind, können sie keinen absoluten Hochwasserschutz bieten, denn gerade die höchsten Hochwasser tragen am stärksten zu ihrer Gestaltung bei. Daher wurden die Niederungen stets von höheren Hochwassern überschwemmt.

Der Schutz, den die Strandwälle den Niederungsgebieten gegen Überschwemmungen durch Salzwasser bieten, wurde in früheren Zeiten noch dadurch in seinem Wert herabgemindert, daß sie oft eine Unterbrechungsstelle (Brök[9]) besaßen, wodurch die natürliche Entwässerung der

[8]) Lediglich von den trockengelegten Flächen des Klostersees bei Cismar und des Kopendorfer Sees auf Fehmarn ist einiges über größere Änderungen in der Nutzung dieser Gebiete bekannt, die jedoch vorwiegend durch betriebswirtschaftliche Umstellungen bedingt sind. Im Klostersee war nach Oldekop (1908, VII, S. 83) um 1905 eine Umstellung von vorherrschender Acker- zu vorherrschender Grünlandnutzung erfolgt. Von der Gesamt-Nutzungsfläche von 456 ha waren damals nur 113 ha Acker. Um 1921 wurden sogar nur noch 60 ha als Acker genutzt, während es heute schon wieder mehr als 100 ha sind. Auch der 1866—1870 trockengelegte Kopendorfer See wurde nach Oldekop (1908, VII, S. 169) zunächst „hauptsächlich zum Kornbau benutzt", dann aber um 1890 auf Weidebetrieb umgestellt und schließlich 1896 in eine Teichwirtschaft umgewandelt.

[9]) Die topographische Bezeichnung „Brök" tritt an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste häufig auf, und zwar an den Stellen, wo sich heute die Ausflüsse der Strandseen oder Auen befinden oder früher befanden, z. B. Weissenhäuser und Rosenhofer Brök in der Grube-Wesseker Niederung (Nr. 35 auf Abb. 1 b).

Niederungen erfolgte, wie es z. B. heute noch vor der Niederung des Sehlendorfer Binnensees und auch an der Lippingau-Mündung (Angeln) der Fall ist. Durch diese Lücken in den Strandwällen konnte jeder erhöhte Wasserstand in die Niederungen eindringen, sie je nach Höhenlage überfluten und nachher in die See zurückfließen. So war es beispielsweise bis zum Anfang des letzten Jahrhunderts noch in der Probsteier Salzwiesenniederung (Abb. 19), in die das Ostseewasser vom Barsbeker See her eintreten konnte, ohne daß gleichzeitig eine Überflutung der Strandwälle stattfinden mußte. Es ist daher nicht verwunderlich, daß viele Küstenniederungen die Bezeichnung „Salzwiesen" tragen.

Mit anderen Küstengebieten vergleichbare Dünen gibt es an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste nur an der Hohwachter Bucht bei Weissenhaus. Für den Küstenschutz von nicht zu unterschätzender Bedeutung sind jedoch die häufig anzutreffenden kleinen Vordünen und dünenartigen Erhöhungen der Strandwälle, die vorwiegend überall dort zu finden sind, wo die vorherrschenden westlichen Winde Sand in Bewegung setzen können. Dies betrifft vor allem Küstenabschnitte der Lübecker, Hohwachter und Eckernförder Bucht.

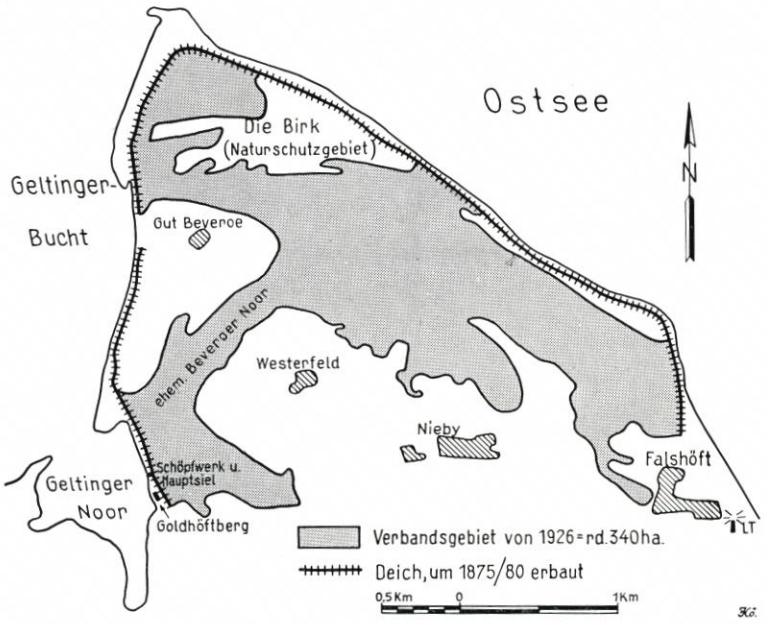


Abb. 2. WuBV Beveroe, Kreis Flensburg

2. Deichbau

Die dargestellten Mängel des früher allein bestehenden natürlichen Hochwasserschutzes durch Strandwälle gaben die Veranlassung zum Bau von Deichen. Die Gründe für die Errichtung von Deichen an den Ufern der Niederungsgebiete an der Ostseeküste unterscheiden sich sehr wesentlich von denen an der Nordseeküste. Während hier der Deichbau vorwiegend dem Landgewinn bzw. der Landrückgewinnung dient, wurde der Deichbau an der Ostseeküste zur Landsicherung bzw. Landerhaltung und zur Ertragssteigerung betrieben.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

a. Deichbauten vor 1860

Der früheste Deichbau an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste – soweit bisher bekannt – erfolgte mit der Eindämmung des Geltinger Noores um 1581. Nach dem späteren Verlust dieser Anlage wurde um 1750 der südliche Zipfel des Geltinger Noores, das früher

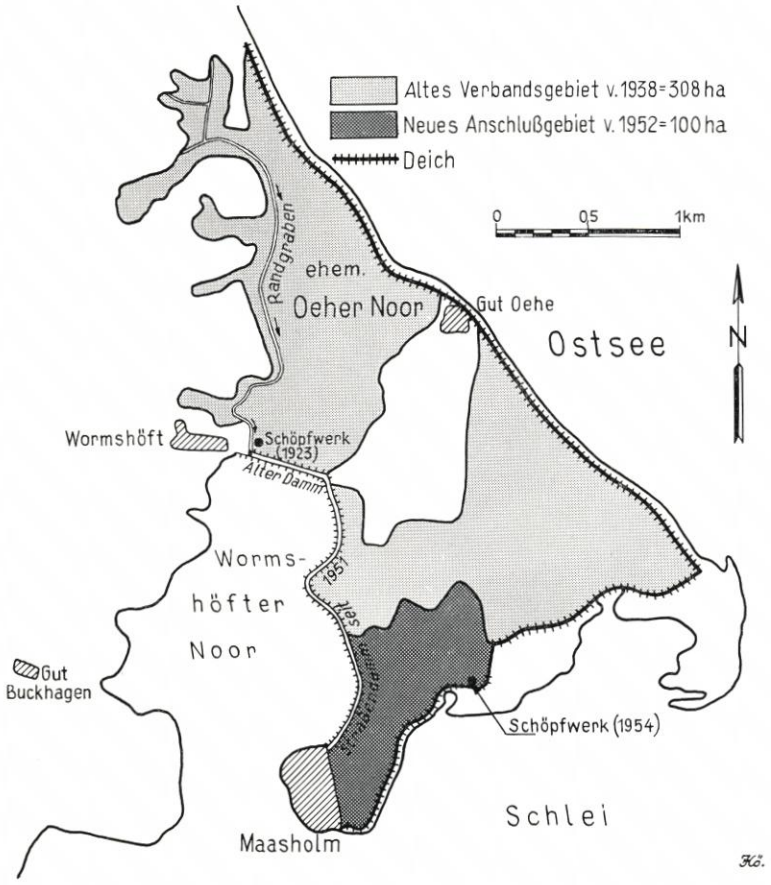


Abb. 3. WuBV Oehe, Kreis Flensburg

bis nach Gelting reichende sogenannte Kleine Noor, bei Grahlenstein abgedämmt (Abb. 1 a, Nr. 6). Eine zweite große Eindeichung am Geltinger Noor wurde in den Jahren 1821–1828 durch Dammbauten zwischen Goldhöft und Beveroe sowie zwischen Beveroe und der Birk vorgenommen, wobei man das sogenannte Beveroer Noor vom Geltinger Noor abtrennte (JENSEN 1844) (Abb. 2). In den Jahren 1797–1798 ließ der Besitzer des Gutes Oehe das Oeher Noor durch einen Damm zwischen Wormshöft und Oehe eindeichen und trockenlegen (SCHRÖDER 1837, S. 307) (Abb. 3).

Während die bisher erwähnten Eindeichungen noch einen Landgewinn aus seichten Meeresbuchten erstrebten, waren die seit 1821 in der Probsteier Niederung vorgenommenen Deichbauten echte Landsicherungsmaßnahmen. Da die Probsteier Salzwiesen bei allen höheren Ostseewasserständen stets von Westen her, wo sich vor dem Barsbeker See kein Strandwall befand, überschwemmt wurden, zog man hier vom im Norden liegenden Strandwall bis zum im Süden

ansteigenden Moränengebiet drei nordsüdlich verlaufende Deiche, von denen sich schließlich nach zahlreichen Brüchen und Schäden der Barsbeker Deich über Jahrzehnte bis 1872 hielt (vgl. Abb. 19)[10]).

b. Die Deichbauperiode kurz vor 1872

Die einsetzende Entwicklung der modernen Technik gab nach 1860 zunächst Privatinteressenten den Anlaß, zwei Trockenlegungen von Seen in Niederungsgebieten in Angriff zu nehmen und sie durch Eindeichungen zu sichern.

In den Jahren 1862—1864 wurde der etwa 440 ha große Klostersee bei Cismar trockengelegt und der Strandwall vor dem von der Lübecker Bucht getrennten See auf einem Abschnitt von etwa 2300 m Länge zwischen den beiden heutigen Ringkanalsielen zum Deich ausgebaut (Abb. 4)[11]).

Eine weitere Trockenlegung erfolgte 1866—1870 mit der Eindeichung des rund 380 ha großen Kopendorfer Sees im Westen der Insel Fehmarn (vgl. Abb. 5). Hier wurde ein Deich auf dem sich von Bojendorf bis zur ehemaligen Insel Flügge nach Süden erstreckenden Strandwall errichtet und der schmale Mündungsarm des Sees zwischen Flügge und Orth durchdämmt (Abb. 1 b, Nr. 27; Oldekop 1906, VII, S. 169).

Nach den politischen und kriegerischen Auseinandersetzungen der Jahre 1864—1866 kam Schleswig-Holstein endgültig als Provinz in den Preußischen Staat. Um Schleswig-Holstein in landeskultureller Hinsicht zu fördern, wurde bald ein größeres Vorhaben zur Eindeichung von hochwassergefährdeten Niederungen eingeleitet. — Die Pläne[12]) sahen Eindeichungen der Probsteier Salzwiesen, der Grubersee-Niederung, der Klostersee-Niederung sowie der Nördlichen Seeniederung und des Fastensees auf Fehmarn vor (vgl. Abb. 1 b, Nr. 21, 35, 37 u. 25). Zur Ausführung gelangte zunächst nur der 1868—1869 errichtete Deich vor dem Gruber See zwischen Dahme und Rosenfelde, während die Eindeichung der Nördlichen Seeniederung auf Fehmarn noch nicht vollendet war, als die Hochwasserkatastrophe vom 13. November 1872 alles bisher Geschaffene wieder vernichtete.

Sämtliche in dieser Periode als Hochwasserschutz erbauten Deiche, die eine Kronenhöhe von 2,7 bis 3,8 m über dem damaligen Mittelwasser aufwiesen, waren durch Kappenaufsätze auf die vorhandenen Strandwälle entstanden.

Eine Übersicht über die bis zur Hochwasserkatastrophe 1872 errichteten Deich- und Dammanlagen findet sich ebenfalls in dem Aufsatz von Kannenberg (1955, S. 53).

c. Das Hochwasser vom 13. November 1872 und die Deichschäden

Das Hochwasser vom 13. November 1872 erreichte an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste bis dahin noch nie gemessene Wasserstandshöhen, wie sie aus folgender Zusammenstellung hervorgehen (Deutsches Gewässerkundl. Jahrbuch):

Flensburg	=	3,08 m	über NNnS
Schleimünde	=	3,21 m	„ „
Kiel	=	2,97 m	„ „
Fehmarnsund	=	2,75 m	„ „
Travemünde	=	3,30 m	„ „

[10]) Nähere Einzelheiten über diese Deichbauten und ihre Lebensdauer finden sich in einem Aufsatz über „Deiche und Entwässerungsanlagen an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste vor 1872“ (Kannenberg 1955, S. 49—53).

[11]) Vgl. LASH, Reg. 402 B VI, Nr. 94.

[12]) LASH, Reg. 402 A 24, Nr. 28, 32, 34 und 40.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Die höchsten bis dahin bekannten Wasserstände gehen auf die Sturmfluten 1625 und 1694 zurück. Sie lagen etwa einen halben Meter tiefer als 1872. Es ist unbekannt, welche Wasserstandshöhen die damaligen Kronenoberkanten der Deiche bestimmten. Soweit es nicht der Hochwasserstand von 1694 war, dürften die Dezember-Hochwasser von 1835 und 1836 für die Deichhöhen maßgeblich gewesen sein[13]). Jedenfalls waren die damaligen Deiche in keinem

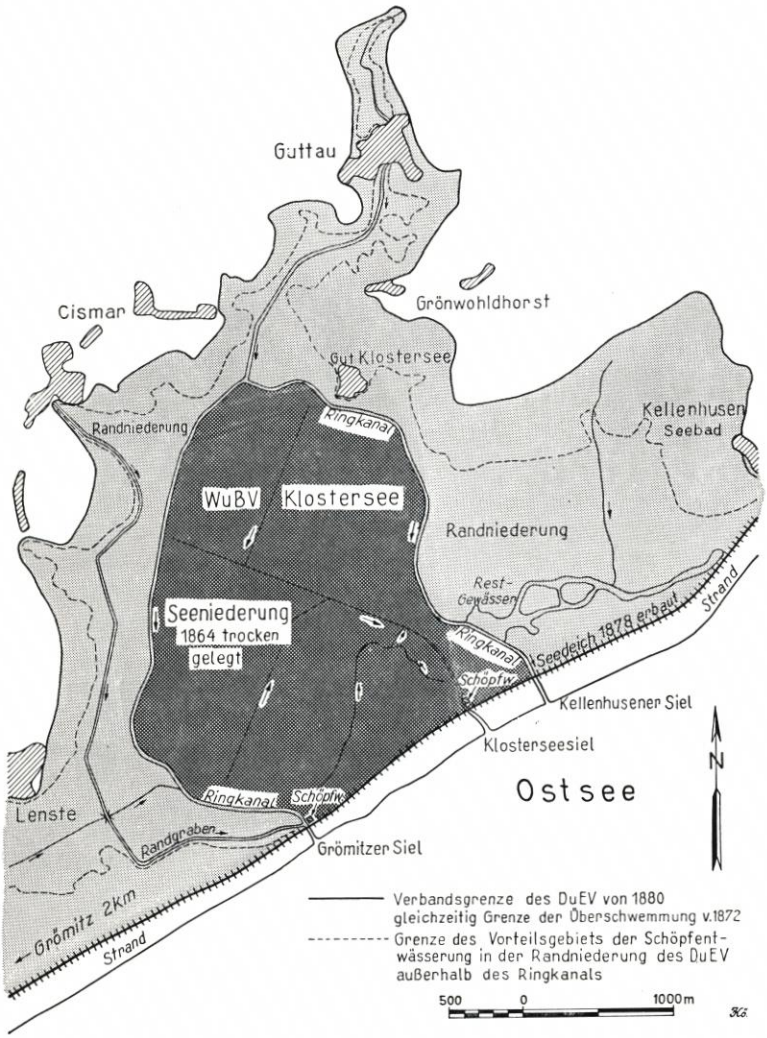
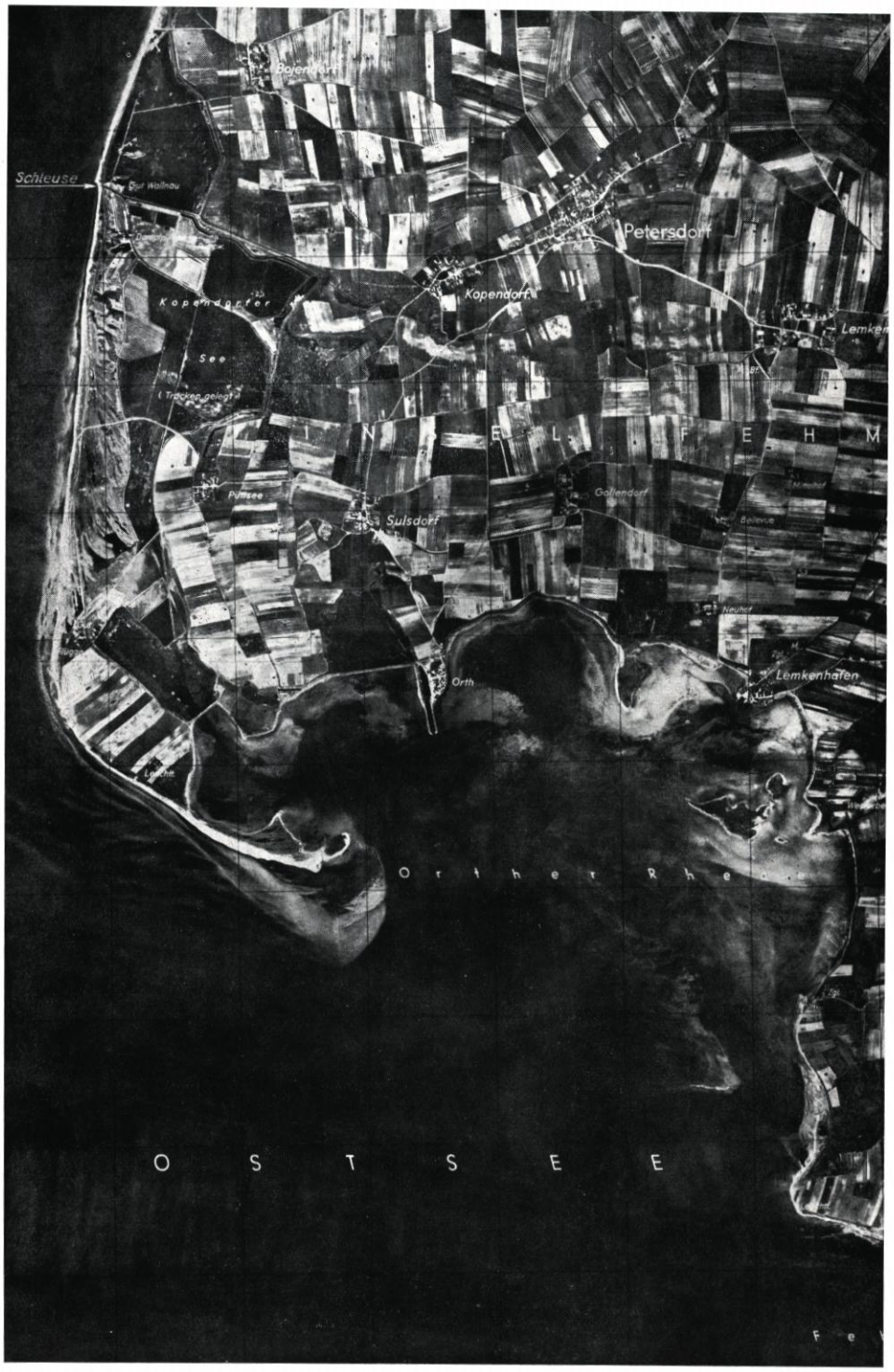


Abb. 4. DuEV Klostersee-Niederung und WuBV Klostersee, Kreis Oldenburg

Falle als Schutz gegen eine Wasserstandshöhe wie die von 1872 errichtet worden. Sie wurden daher durch das Hochwasser von 1872 fast ohne Ausnahme zerstört (Baensch 1875). Die Deichbrüche entstanden jedoch nicht allein wegen der mangelnden Höhe, sondern vor allem auch wegen ihrer Errichtung auf den vorhandenen Strandwällen.

[13]) Vgl. das Projekt zur Eindeichung der Probsteier Salzwiesen von Voss 1874: Die Projekte vor 1872 nehmen sämtlich als höchste Anschwellung der Ostsee die des Winters 1835/36, nämlich rund 2 m über Mittelwasser, und den höchsten Wellenauflauf mit rund 1 m an.



Archiv Landesamt für Wasserwirtschaft, Kiel

Abb. 5. Luftbild vom Küstenabschnitt im Südwesten der Insel Fehmarn (Orther Rhede)

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Der Barsbeker Deich (Abb. 19 und 28), der durch seine günstige Lage nicht der vollen Brandung ausgesetzt war, erlitt nur einige Grundbrüche, blieb aber sonst infolge des guten Materials ausbesserungsfähig. Dagegen wurden der Klostersee- und der Grubersee-Deich infolge des Sandmaterials, der ziemlich steilen Böschungen und der exponierten Lage zur Uferlinie bis zu einer gewissen Höhe abgetragen. Die Deiche im Norden der Insel Fehmarn wurden durch das an noch offenen Stellen eingedrungene Wasser zerstört. In dem vor dem Goossee liegenden Chausseedamm der Straße von Kiel nach Eckernförde entstanden infolge des Seegangs drei Durchbrüche. Während die seeseitige Lehmböschung erhalten blieb, war der dahinterliegende aus Sand aufgeschüttete Dammkörper durch den Seegang fortgespült worden (nach BAENSCH 1875).

Bevor die umfangreichen Deichbaumaßnahmen nach der vorangegangenen Planung in Angriff genommen werden konnten, waren bis zum Sommer 1873 die entstandenen Deichschäden behelfsmäßig ausgebessert worden, während an den Bruchstellen Notdeiche errichtet worden waren. Diese Notdeiche und Behelfssicherungen wurden großenteils beim Hochwasser am 10. Februar 1874, das eine Höhe von durchweg mehr als 2 m über Mittelwasser erreichte, wieder zerstört. Die Wirkung der durch dieses Hochwasser erfolgten Salzwasserüberflutungen wurde häufig in landwirtschaftlicher Hinsicht als viel schädlicher bezeichnet als die derjenigen vom November 1872, da das Meereswasser in vielen Niederungen stagnierte und schnell einfror. – Erst dieses Ereignis führte vielerorts zum endgültigen Beschluß, die vom Staat projektierte Eindeichung ausführen zu lassen.

d. Die Deichbauperiode als Folge des Hochwassers von 1872

Das Hochwasser vom 13. November 1872 gab dem Deichbau an der Ostseeküste, der bisher noch in den Anfängen gesteckt hatte und dem Erfahrungen und Vorbilder fehlten, ein reiches Anschauungsmaterial über die Wirkungsweise der marinen Kräfte und zahlreiche Hinweise für die künftige Planung.

Deichbau und Küstendynamik

Zur Anlage von Deichen an der Ostseeküste hatten sich bisher die vorhandenen Strandwälle in scheinbar idealer Weise geradezu angeboten, und sie hatten auch durchaus dem Bedürfnis nach Kostenersparnissen entsprochen. Dieser Sachlage standen aber wichtige Argumente entgegen, welche die künftige Deichplanung nicht umgehen konnte.

Einmal waren die Erfahrungen mit den bisher auf den Strandwällen errichteten Deichen – vor allem vor dem Klostersee und dem Grubersee – niederschmetternd und ließen daher diese Art des Deichbaues bedenklich erscheinen. Andrerseits lag den für die künftige Deichbauplanung verantwortlichen Behörden ein Beobachtungsmaterial über das Verhalten der Strandwälle bei Hochwasser vor, an dem nicht ohne weiteres vorbeigegangen werden konnte. BAENSCH, der damals an verantwortlicher Stelle in der Abteilung für Bauwesen des Ministeriums für öffentliche Arbeiten zu Berlin wirkte und dem die meisten Bedeichungsentwürfe zur Genehmigung vorlagen, hat folgende Beobachtungen über die Veränderung von Strandwällen durch das Hochwasser von 1872 niedergeschrieben (1875, Sp. 198 u. 204):

1. „Dieser Haffstock[14]) hat unter dem hohen Wogenandrange insofern eine Veränderung erlitten, als das Material mit den Wellen über den Scheitel des Kieswalles geschleudert ist, so daß der ganze parallel zur Küste liegende Sand- und Geschiebewall eine landeinwärts schreitende Bewegung gemacht hat. Die Bewegungsgröße selbst ist nicht festzustellen."
2. „Die ... nur 2—2½ m hohe Stranddüne mit etwa 12facher Anlage, ... wie sie u. a. bei Waterneverstorf ... auch am Schwansener Strande vorkommt, hat — abgesehen von einigen Brüchen

[14]) Die damals häufig verwandte Bezeichnung für Strandwall.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

infolge Überlaufens an niedrigen Stellen — in ihrer Form im wesentlichen sich erhalten, ist jedoch durchgängig in ihrem ganzen Bestande um etwa 10 m weiter landwärts gerückt, wobei die Entwässerungssiele an der Seeseite bloßgelegt und an der Landseite verschüttet worden sind."

Ferner lagen damals, als man an die Deichbauplanung ging, auch schon einzelne exakte Vermessungsunterlagen über die Verlagerung von Strandwällen vor. Aus einem Plan des Strandes der Waterneverstorf-Neudorfer Niederung von 1873, in welchem die Uferlinien von 1859/60 und 1873 eingetragen sind, geht hervor, daß in diesen vierzehn Jahren vor dem Kleinen Binnensee bei Behrensdorf (Abb. 6) eine Rückverlegung der Uferlinie und damit auch des Strandwalles um durchschnittlich 20 m, maximal bis 35 m, erfolgte[15]).

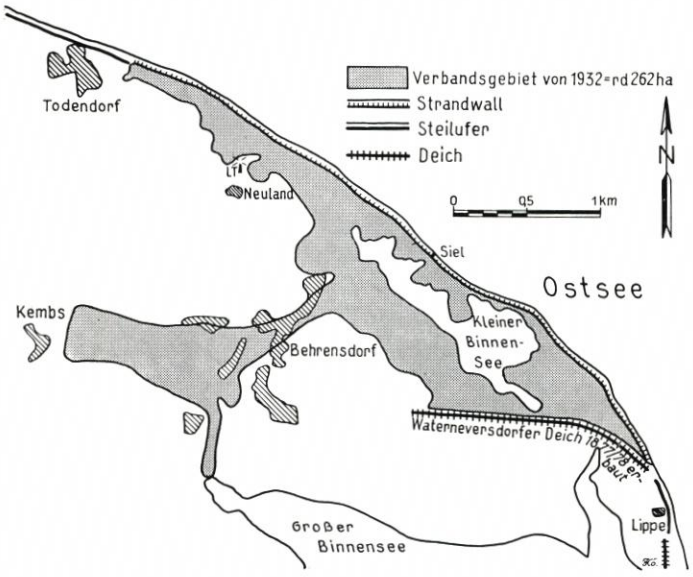


Abb. 6. DuEV Kembs-Behrensdorf, Kreis Plön

Aus diesen wenigen Beispielen ist ersichtlich, daß man sich schon zu damaliger Zeit über die Dynamik der Vorgänge an der Küste und die daraus resultierenden Veränderungen der Uferlinie und der dahinterliegenden Strandwälle wenigstens in großen Zügen im klaren war. In Erkenntnis dieser Situation wurde für den Neubau von Deichen bereits in einer Verfügung der Königlich-Preußischen Regierung zu Schleswig vom 2. Dezember 1872 festgelegt, daß die Deiche „im Schutze der vorliegenden, unberührt gebliebenen Dünen und des Strandes hergestellt werden". Auf dieser Grundlage beruhte im wesentlichen auch die neue Deichlinienplanung.

Deichlinienplanung

Aus den Karten der Wasserbau-Abteilung der Königlich-Preußischen Regierung ergeben sich einige interessante Gesichtspunkte über die damalige Planung von Deichbauten und deren Entwicklung, die weitgehend durch die Erfahrungen aus dem Hochwasser von 1872 und die Erkenntnis der Küstendynamik bedingt ist. Während in Situationsplänen zur Eindeichung von Niederungen an der Nordküste Fehmarns[16]) von 1871/72 eine Deichlinie in unmittelbarer Nähe der Uferlinie auf den Strandwällen vorgesehen war, wurden 1873 neue Pläne hergestellt oder nachträgliche Eintragungen vorgenommen, die Deichlinien mit einem beträchtlichen Uferabstand und Vorlandstreifen aufwiesen.

Allgemein muß festgestellt werden, daß die nach 1872 durchgeführte Deichlinienplanung für die bis 1882 ausgeführten Eindeichungen der Niederungsgebiete an der Ostseeküste vom heutigen Standpunkt der Landsicherung und des Küstenschutzes großzügig und weitschauend war. Entsprechend der Verfügung der Königlichen Regierung vom 2. Dezember 1872 sind die

[15]) LASH, Reg. 402 A 24, Nr. 27.
[16]) LASH, Reg. 402 A 24, Nr. 32—34.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Deichprofil und Baustoffe

Bereits kurz nach der Hochwasserkatastrophe vom 13. November 1872 setzte die damalige Königlich-Preußische Regierung zu Schleswig in ihrer Verfügung vom 2. Dezember 1872 die durch dieses Hochwasser bedingten und hinsichtlich des künftigen Deichbaues zu stellenden gesteigerten Anforderungen wie folgt fest:

> „Die Höhe des Deiches wird jetzt erfahrungsgemäß 5 m, die Kronenbreite 3—4 m, die äußere mit Rasen bedeckte Dossierung 1 : 6 und die innere 1 : 2 betragen müssen, wenn der Deich aus guter Erde und im Schutze der vorliegenden unberührt gebliebenen Dünen oder des Strandes hergestellt werden kann.
>
> Ist das Material mäßig, so wird der Bau mit mindestens 2 Fuß guter Bauerde überdeckt werden müssen. Sollte für einzelne Deichstrecken kein Raum hinter der Düne vorhanden sein und der Bau in exponierter Lage unmittelbar an der Ostsee ausgeführt werden müssen, so ist die äußere Böschung mit Steindecke auf Geröll-Unterlage und am Deichfuß eine Pfahlwand zum Schutze gegen Unterspülung zu projektieren."

Wie sich schon an Hand der Deichlinienplanung zeigte, ließ sich diese Verfügung nicht vollkommen durchführen. Hinsichtlich der Deichhöhe mußten noch erheblichere Abstriche gemacht werden, um den Deichbau in seinem geplanten Umfang finanziell überhaupt einigermaßen tragbar zu machen. Für den Bau der Deiche vor den großen Niederungen mußte man sich im allgemeinen mit einer maximalen Deichkronenhöhe von 4 m über Mittelwasser begnügen (Runde 1883). „Die Höhe von 4 m wurde an besonders gefährdeten Stellen noch dadurch .. vergrößert, daß man die Deichkappe nicht horizontal, sondern von der äußeren nach der inneren Seite zu .. ansteigend herstellte." In der notgedrungenen Beschränkung war man sich durchaus bewußt, daß diese Deiche kaum imstande sein würden, „eine Sturmflut wie die vom Jahre 1872 abzuhalten", denn eine übrigbleibende Höhe von kaum 1 m für die auflaufenden Wellen wurde als zu gering bemessen angesehen (Runde 1883). So sah z. B. Irminger[17]) im Projekt für die Bedeichung der Probsteier Salzwiesen die vorgesehene Deichhöhe von 4 m über dem damaligen Mittelwasser lediglich gegen die Hochwasser von 1694 und 1836 als sicher an, nicht aber gegen das bekannte Hochwasser von 1872!

Genaue Angaben über die Sollhöhen der alten Deiche der Bauperiode 1874 bis 1882 sind mit Ausnahme der Fehmarnschen Deiche nicht vorhanden. Ein deichpolizeilich festgesetztes Bestick wie für die Landesschutzdeiche an der Nordseeküste gibt es für die Ostseeküstendeiche nicht. Die Sollhöhe der Deiche auf dem Festland (Klostersee, Grube-Wessek, Waterneverstorf-Neudorf, Probstei und Fuhlensee) dürfte nach den bisherigen Ermittlungen allgemein auf + 4,0 m Mittelwasser liegen (vgl. Runde 1883). Eine Ausnahme bildet lediglich der Deich vor der Stein-Wendtorfer Niederung bei Laboe, der etwa 1 m niedriger als der Probsteier Deich ist. Die Deiche auf der Insel Fehmarn haben Sollhöhen zwischen 3,1 m und 4,1 m über Mittelwasser, wobei jeweils die Exposition zur Hauptangriffsrichtung der Hochwasser aus Nordosten und die Lage zur Uferlinie entscheidend sind.

Die Breite der Deichkrone beträgt 2 bis 4 m, „je nach der Belegenheit und dem Deichmaterial" (Runde 1883). Für den Probsteier Deich war 1880 eine Breite von 3 m vorgesehen. Auf Fehmarn haben die an der Nord- und Ostküste gelegenen Deiche eine Breite von 4 m, während die Deichbreiten zur Südseite der Insel hin bis auf 2 m abnehmen.

Die Deichaußenböschungen, die nach obiger Verfügung eine Neigung von 1 : 6 besitzen sollen, sind mit unterschiedlichen Neigungen von 1 : 3 bis 1 : 6 ausgeführt worden (Runde 1883). Auf Fehmarn beträgt die Außendossierung mit Ausnahme der Deiche der Nördlichen Seeniederung und von Presen nur 1 : 2,5, die Innendossierung nur 1 : 1,5. Der

[17]) Prüfungsvermerk in den Entwurfsunterlagen von 1880.

Probsteier Deich wurde 1880 mit seeseitiger sechsfacher und binnenseitig zweifacher Böschung angelegt.

Über die beim Deichbau verwendeten Baustoffe ist wenig bekannt. Die Deiche dürften entsprechend ihrer örtlichen Lage nur in den seltensten Fällen aus Lehm aufgebaut worden sein. Im allgemeinen haben sie einen Sandkern, der mit einer Lehmschicht unterschiedlicher Mächtigkeit abgedeckt ist. Eine Pflasterung der Außenböschung wurde ursprünglich nur beim Gruber Deich vor dem Dorfe Dahme ausgeführt, da der Deich hier der Ortschaft wegen in eine exponierte Lage seewärts vorgerückt werden mußte.

Umfang der Eindeichungen

Über den Umfang der Eindeichungen, die als Folge des Hochwassers von 1872 durchgeführt wurden, gibt es zwei Zusammenstellungen von Runde (1883) und Kres (1911, S. 617), die sich allerdings z. T. widersprechen, so daß hier eine neue Aufstellung angebracht erscheint. Es sind Eindeichungen mit und ohne Verbandsbildung zu unterscheiden. Die meisten Verbandsbildungen kamen erst nach Ausführung der Eindeichung zustande.

Tabelle 5
Eindeichungen im Zeitraum 1874—1882 mit nachfolgender Verbandsbildung (vgl. Abb. 1 a und b)

Verband	Entwurf	vom	Ausführung	Statut
DV Presen	Heydorn	15. 1. 1874	1874	24. 3. 1881
DV Nördliche Seeniederung	„	25. 3. 1874	1874	31. 7. 1882
DV Püttsee-Kopendorf-B.	„	15. 3. 1874		25. 3. 1881
DV Sulsdorf-Orth	„	28. 3. 1876		26. 3. 1881
DV Orth				25. 1. 1882
DV Lemkendorf-Gollendorf	„	28. 3. 1876		27. 3. 1881
DV Albertsdorf-Teschendorf	„	15. 8. 1873		23. 4. 1884
DV Strukkamp-Albertsdorf	„	20. 7. 1873		28. 3. 1881
DV Wulfen-Blieschendorf	„	25. 1. 1874		29. 3. 1881
DV Burg	„	15. 2. 1874	1876	9. 1. 1882
DV Klostersee-Niederung	Pralle	12. 1. 1875	1878/79	3. 5. 1880
DV Grube-Wessek	„		1874/76	25. 2. 1878
DV Waterneverstorf-Neudorf	„	10. 7. 1874	1877/78	6. 2. 1882
DV Probstei	Voß/Runde	Apr. 1880	1880/82	23. 6. 1880
DV Stein-Wendtorf	?			5. 11. 1888
DV Fuhlensee	?		1876	6. 2. 1882
DV Kl. Noor bei Gelting	?			20. 7. 1877

Neben diesen Eindeichungen kamen zur gleichen Zeit noch einige weitere Deichbauten zustande, die ohne Verbandsbildung erfolgten, z. T. weil nur ein Nutznießer vorhanden war. Derartige Deichbauten erfolgten besonders im Kreise Flensburg, z. B. Oehe und Beveroe. Teilweise sind auch diese Anlagen mit staatlicher Unterstützung ausgeführt worden.

Durch die 1874 bis 1882 errichteten Verbandsdeiche von insgesamt rund 69,5 km Länge wurden rund 14600 ha Niederungsflächen gegen Meeresüberschwemmungen geschützt. Bei den gleichzeitig erfolgten weiteren, z. T. privaten Eindeichungen von insgesamt 16,5 km Länge erhielten weitere 1400 ha Niederungen einen Schutz. Damit waren rund 16000 ha, d. h. etwa 80 Prozent aller Niederungsflächen an der schleswig-holsteinischen Ostküste, gegen Salzwasserüberflutungen geschützt.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

e. Deichbaumaßnahmen nach der Deichbauperiode 1874—1882

In den späteren Jahrzehnten folgten noch zahlreiche Deichbaumaßnahmen, die sich jedoch von den bisherigen wesentlich unterschieden. Der einzige Deichneubau erfolgte im Jahre 1924 mit der Trockenlegung des Holnis-Noores (Abb. 1 a, Nr. 1). Bei den meisten sogenannten Deichbaumaßnahmen handelte es sich um Verstärkungen und Erhöhungen von vorhandenen Strandwällen, um den Wiederaufbau oder die Verlegung sehr stark beschädigter oder völlig vernichteter Deichstrecken und schließlich um die Erhöhung von Deichen. Es muß im voraus bemerkt werden, daß es sich bei dem Wiederaufbau bzw. der Verlegung von Deichen in keinem Falle um die im Zeitraum 1874—1882 erbauten Verbandsdeiche handelt — mit Ausnahme des Probsteier Deiches!

Im Zeitraum von 1885 bis 1940 bewirkte mangelnder Hochwasserschutz bei folgenden Niederungsgebieten Verbandsgründungen zur Durchführung von Deichbaumaßnahmen, die jedoch meistens nur die Voraussetzung für eine weiterhin geplante Verbesserung der Entwässerung bilden sollten (vgl. Abb. 1 a und b):

Tabelle 6
Verbandsgründungen mit geplanten Deichbaumaßnahmen ab 1885

Niederungsgebiet	Verbands-gründung	Uferlg. in m	Fläche in ha	Maßzahl-verhältnis
Damp-Dorotheenthal	1886	3 300	130,23	25,4
Schwansener See	1924	2 500	412,43	6,1
Kembs-Behrensdorf	1932	4 600	262,61	17,6
Süssau	1935	1 600	82,11	19,5
Ohrfeld-Koppelheck	1936	2 100	38,14	55,1
Langholz	1938	500	8,49	58,8
Oehe	1938	4 000	308,28	13,4
Wackerballig	1940	1 900	36,52	52,0
		20 500	1 278,81	16,0

Weiterhin kamen aber auch mehrere private Deichbaumaßnahmen, teilweise mit finanzieller Unterstützung oder auch nur technischer Beratung durch staatliche Behörden zur Ausführung. Dies war fast ausschließlich in Niederungsgebieten der Fall, in denen in späterer Zeit Verbandsgründungen vorgenommen oder angestrebt wurden. Derartige Deichbaumaßnahmen erfolgten am Oeher Noor (1895—1896), bei Süssau (1902 und 1905), am Kopendorfer See bei Wallnau auf Fehmarn (1916—1917) sowie am Kleinen Binnensee bei Behrensdorf (1917).

Bei allen diesen sogenannten Deichbaumaßnahmen handelte es sich im großen ganzen um eine Verstärkung und Erhöhung der vorhandenen Strandwälle durch Aufsetzen einer Deichkappe aus Lehm und manchmal auch durch Aufbringen einer Lehmdecke auf die Außenböschung. Diese Maßnahmen waren infolge der Verquickung von Hochwasser- und Uferschutz und fehlenden Vorlandes für den Hochwasserschutz meistens nur von geringem Erfolg und kürzerer Lebensdauer, da bei jedem höheren Wasserstand erhebliche Schäden und Durchbrüche an diesen Strandwalldeichen auftraten. Dadurch wurden im Laufe der Zeit zur Sicherstellung des Hochwasserschutzes bei derartigen Deichanlagen in zunehmendem Maße kostspielige Uferschutzmaßnahmen notwendig!

Aufn. C. Hensen, 1959

Abb. 8. WuBV Damp-Dorotheenthal, Kreis Eckernförde; Strandwall-Deich bei Nieby, im Hintergrund das Steilufer von Schönhagen südlich der Schleimündung

Das eindrucksvollste Beispiel in dieser Hinsicht bietet der Strandwall vor der Niederung von Damp-Dorotheenthal im Kreise Eckernförde (Abb. 8), zumal sich hier die Vorgänge infolge des schon frühzeitigen Eingriffs in die natürliche Entwicklung des Strandwalls über eine längere Zeitdauer verfolgen lassen.

Der für die Deichbauten von 1874 bis 1882 maßgebliche Grundsatz, den Hochwasserschutz der Niederung „im Schutz der vorliegenden unberührt gebliebenen Dünen" bzw. des Strandwalls herzustellen, wurde hier wieder verlassen. Der von Baurat Runde im Februar 1886 aufgestellte Entwurf sah folgende Schutzmaßnahmen vor:

> „Der Strandwall längs der gesamten Niederung wird ordnungsmäßig und gleichmäßig bis auf + 3 m Ostsee-Null erhöht und mit möglichst flacher Dossierung versehen, welche zu besoden resp. mit Grassamen anzusäen sind. Mit dieser Strandwallhöhe können Sturmfluten von + 2 m Ostsee-Null abgehalten werden, wie sie am häufigsten vorkommen."

Dieser Plan wurde von Runde folgendermaßen begründet:

> „Für noch höhere Fluten Sicherheit zu schaffen, würde weder rationell sein, noch wegen der sonst zu großen Kosten zu empfehlen sein."

Aus den gleichen Gründen verbot es sich, den geplanten Hochwasserschutz in Form eines Deiches hinter dem Strandwall zu errichten, zumal sich die landwirtschaftlich nutzbare Fläche dadurch infolge der großen Küstenlänge von 3300 m bei einer durchschnittlichen Niederungsbreite von nur 400 m weiter verringert hätte (vgl. Abb. 9). — Die endgültige Ausführung des Hochwasserschutzes hatte nach Angaben von 1891 folgende Form erhalten:

> „Der natürliche aus Geröll bestehende Strandwall war ... durch Aufsetzen eines Deiches von 2 m Kronenbreite, 3facher äußerer und 1½facher innerer Böschung auf eine durchgehende gleichmäßige Höhe von 3 m über Ostsee-Null gebracht."
>
> „Das Deichmaterial war der durch Verbreiterung eines Entwässerungsgrabens gewonnene moorige Wiesenboden, bei größerer Deichhöhe mit einem Kern aus Geröll."

Dieser 1887 errichtete Deich erlitt bereits beim Hochwasser am 25. November 1890 ganz erhebliche Schäden, indem die Krone fast auf der gesamten Strecke fortgespült wurde. Nach der Wiederinstandsetzung im Jahre 1892 mit verringerter Höhe von 2,8 m über Mittelwasser traten weitere umfangreiche Schäden und Durchbrüche bei den Hochwassern am 31. Dezember 1904, am 9. Januar 1908, am 14. Oktober 1910 und schließlich am 30./31. Dezember 1913 auf, die immer wieder in gleicher Weise durch Wiederherstellung des Profils mit Be-

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

festigungen der Außenböschung durch Pfähle und Buschwerk ausgebessert wurden. Die Wiederherstellungsentwürfe von 1891, 1905, 1911 und 1914 umfaßten eine Kostensumme von insgesamt 83 600 Mark, während die Errichtung der Gesamtanlage einschließlich der Entwässerungsmaßnahmen im Jahre 1886 mit 10 400 Mark veranschlagt worden war. Erst im Jahre 1914 entschloß man sich zur Sicherung des Deiches durch Betonmauern auf zwei Teilstrecken von insgesamt 1600 m Länge. Dieser Plan kam jedoch infolge des ersten Weltkrieges nicht zur Ausführung.

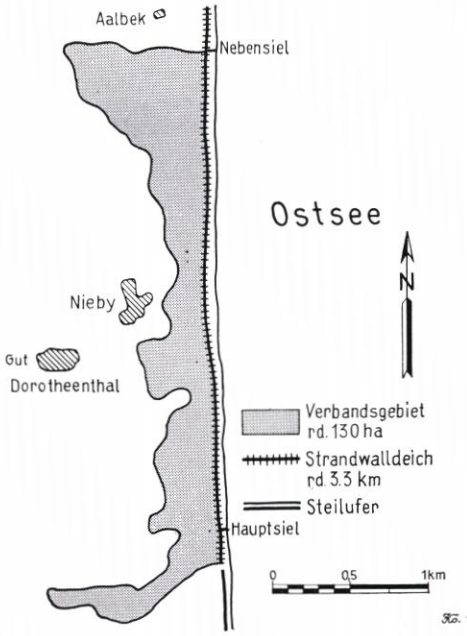


Abb. 9. WuBV Damp-Dorotheenthal, Kreis Eckernförde

Auf Grund der Erfahrungen, die bisher mit dem Anschluß von Deichen an höheres Land mit rückgängigen Steilufern — dargestellt an den Beispielen Dahme und Presen — gemacht wurden, muß es als bedenklich angesehen werden, wenn seitlich an rückgängige Steilufer anschließende Strandwälle mit Deichkappen versehen werden. Noch bedenklicher muß aber eine Verquickung von Steilufern mit anschließenden Strandwall-Deichen sein, wie es an der Geltinger Bucht bei Ohrfeld-Koppelheck und Wackerballig geschehen ist. Hier wurden niedrige Steilufer von 2 bis 3 m Höhe in die Deichstrecken einbezogen und in Deiche umgestaltet. Die für abbrechende Steilufer kennzeichnende Abtragung, die sich nicht nur auf den Steilhang beschränkt, sondern auch den Unterwasserstrand, die sogenannte Abrasionsfläche, betrifft, blieb bei dieser Eindeichung unberücksichtigt. Umfangreiche Schäden und Zerstörungen nach jedem Hochwasser — auch nach Befestigung durch Steindeckwerke — waren die unausbleibliche Folge (Abb. 10 u. 11).

3. Deichvorland und Uferschutz

Bei den umfangreichen Eindeichungen im Zeitraum 1874—1882 wurde angestrebt, den zu errichtenden Deichen ein ausreichendes Vorland zu lassen, um sie von den zwischen der Uferlinie und dem Strandwall vor sich gehenden stärksten Beanspruchungen bei auflaufender Brandung fernzuhalten. Dieses ist in großzügigem Maße bei den Deichen der meisten Niederungen geschehen, wie bereits auf Seite 64 angegeben wurde. Auf der Südseite der Insel Fehmarn wurden die Deiche jedoch als sogenannte Schardeiche fast durchweg an die Uferlinie gesetzt, da hier infolge der günstigen Lage gegenüber den bei Nordoststürmen auftretenden Hochwassern im Schutze der Insel keine gefährdende Brandung zu befürchten ist, sich andrerseits aber auch die landwirtschaftlich nutzbare Bodenfläche fast bis ans Ufer erstreckte. Nur dort, wo kein ausreichender Raum hinter dem Strandwall vorhanden war und der Deich in exponierter Lage errichtet werden mußte, sollte er durch zusätzliche Uferschutzmaßnahmen gesichert werden. Das Deichvorland sollte also im allgemeinen kostspielige Uferschutzbauten vermeiden helfen.

Aufn. Fr. Heym

Abb. 10. WuBV Ohrfeld-Koppelheck, Geltinger Bucht, Kreis Flensburg; Deich östlich Hunhoi mit Böschungsdeckwerk und Holzpfahlbuhnen

Aufn. Schneidewind

Abb. 11. WuBV Wackerballig, Geltinger Bucht, Kreis Flensburg; Deichschäden nach dem Hochwasser am 2. März 1949. Pegelstand 618 = 125 cm über dem Mittelwasser der Ostsee. Der Deich wurde durch diese Sturmflut (aus NO) fast restlos zerstört

a. Funktion des Deichvorlandes

Das Deichvorland setzt sich im allgemeinen, von der Uferlinie gesehen, aus dem Strand (Sand, Kies oder Geröll), dem Strandwall oder mehreren hintereinander liegenden Strandwällen (oft mit dünenartigen Aufwehungen) und flachen Salzwiesen zusammen.

Dieses Deichvorland hat eine zweifache Aufgabe. Zunächst soll es bei ansteigenden Wasserständen die Brandung vom Deich fernhalten und bei Überflutung der Strandwälle die auflaufenden Wellen brechen, ehe sie die Deichböschung erreichen. Dadurch wird der Wellen-

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Aufn. Archiv Landesamt für Wasserwirtschaft, Kiel, Jan. 1954

Abb. 12. DuEV Klostersee-Niederung, Kreis Oldenburg; Deichvorland südwestlich vom Seebad Kellenhusen. Zustand unmittelbar nach dem Hochwasser vom 4. Januar 1954; Deichvorland hinter zerstörtem Dünenwall im Bereich der Lee-Erosion der Kellenhusener Strandpromenade teilweise noch überschwemmt

Aufn. Fa. Dehning & Co., Kiel, 5. Jan. 1954

Abb. 13. Strandwall-Deich beim Gut Schmoel, Kreis Plön; südostwärts an den Deich des DuEV Probstei anschließend; Schäden nach dem Hochwasser am 4. Januar 1954

auflauf verringert und ein Überschlagen von Wellen über die Deichkrone weitgehend verhindert. Die wesentlichste Funktion des Deichvorlandes besteht aber darin, daß ein freier Spielraum für die natürliche Umlagerung und Gestaltung der Strandwälle und des Strandes verbleibt.

Die Entstehung von Querströmungen zwischen Strandwall und Deich, wie sie im Entwurf zur Eindeichung der Probsteier Niederung (1874) für den Fall der Anlage des Deiches mit

Abstand hinter dem Strandwall befürchtet wurde, wird sich nicht immer vermeiden lassen, kann aber durch kleine Querverwallungen herabgesetzt werden. Dieses Argument muß aber gegenüber dem großen Vorteil, den das Deichvorland durch eine Dämpfung des Seegangs und Herabsetzung der Brandungsenergie bietet, zurückgestellt werden. Das Vorland des Klostersee-Deiches zwischen Deich und Strandwall ist z. B. seit 1872 wahrscheinlich nur dreimal überflutet worden und hat den Deich bis heute von jeglicher Beanspruchung und Gefährdung ferngehalten[18]) (vgl. Abb. 12).

Im obigen Entwurf wurde weiterhin befürchtet, daß die Bodenfläche zwischen Strandwall und Deich einer Versumpfung und Versandung ausgesetzt sein würde. Dieses Schicksal muß man einer kleinen Fläche zumuten können, um die übrige Fläche der Niederung ein für allemal gesichert zu wissen, wie es beispielhaft bei der Eindeichung der Klostersee-Niederung durchgeführt worden ist. Dort aber, wo das Deichvorland fehlt oder verlorengegangen ist, sieht man sich allgemein binnen kurzem genötigt, die Deichböschung durch Deckwerke zu befestigen, um immer wiederkehrenden Zerstörungen Einhalt zu gebieten (z. B. Holnis-Noor, Oehe-Süd, Probstei; vgl. Abb. 13).

b. Erhaltung des Deichvorlandes

Entsprechend der erheblichen Bedeutung des Deichvorlandes für den Schutz des Deiches besteht die Hauptaufgabe der Deichverbände bezüglich des Uferschutzes in der Erhaltung des Vorlandes.

Der Strand und der dahinterliegende Strandwall werden bei Hochwassern stets Veränderungen und Umgestaltungen unterworfen sein. Hier gilt es, die zwischen den Hochwassern in Erscheinung tretenden aufbauenden Kräfte des Meeres und Windes in Form von Strandaufsandungen und Sandaufwehungen zu fördern. Während die aufbauenden Kräfte des Meeres unter normalen Verhältnissen sich selbst überlassen werden sollen, begünstigt man die aufbauenden Kräfte des Windes durch biologische Maßnahmen, vor allem durch Anpflanzung von Strandhafer.

Da diese Maßnahmen jedoch nicht immer den gewünschten Erfolg hatten und streckenweise Strandabtragungen vorkamen, wurden schließlich Eingriffe in die natürliche Strandentwicklung vorgenommen, um eine Anlandung und Verbreiterung des Strandes zu fördern. An derartigen Stellen schritt man sehr bald zur Errichtung von Buhnen, tat dies jedoch ohne Kenntnis der natürlichen Entwicklungstendenzen der Küste, von denen zu Ende des letzten Jahrhunderts fast noch nichts bekannt war. Aus diesem Grunde hatten die Eingriffe in die Strandentwicklung oft zahlreiche unerwartete Folgeerscheinungen, die zu weiteren umfangreicheren und noch kostspieligeren Maßnahmen zwangen und auch die Unterhaltungskosten erheblich steigerten.

Zum Schutz des Strandes gegen Abtragung wurden in den achtziger Jahren Steinbuhnen vor der Probsteier und der Klostersee-Niederung errichtet. Vor dem Klostersee waren diese Buhnen am Strande jeweils südwestlich der durch Molen gesicherten Auslaufkanäle der drei Deichsiele notwendig, um die Wirkungen der durch diese Molen hervorgerufenen Lee-Erosion herabzumindern. Am Probsteier Deich mußten Buhnen vor Brasilien und den Stakendorfer Fischerkaten (vgl. Abb. 14) gebaut werden, weil hier der Strand unmittelbar vor der Deichböschung ansetzte. Wegen dieser Siedlungen war man genötigt, den Deich auf den Strandwall zu setzen, während er sonst hinten an ihn angelehnt wurde. Acht Jahre nach Errichtung der ersten Buhnen vor dem Probsteier Deich mußte 1890 festgestellt werden, daß sie „in keiner

[18]) Neben der letzten Überflutung am 4. Januar 1954 wurde das Deichvorland auch bei den Hochwassern von 1904 und 1913 überflutet.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Weise fördernd auf die Verstärkung des Strandes eingewirkt haben", und nach weiteren acht Jahren war „die Gefahr für den Deich infolge des Zurückweichens des Vorstrandes" offensichtlich[19]).

Wenn ein Uferabschnitt des Deichvorlandes einer Niederung infolge exponierterer Lage gegenüber den benachbarten Uferabschnitten in den Bereich der Abtragung gelangt oder bereits in ihm liegt[20]), so wäre zu erörtern, ob dieser Uferabschnitt durch Buhnen oder die Abbruch-

Archiv Landesamt für Wasserwirtschaft, Kiel

Abb. 14. Luftbild vom Küstenabschnitt im Ostteil des DuEV Probstei, Kreis Plön; Grenze des Verbands- und Niederungsgebietes als weiße Linie; Deich unmittelbar hinter dem Strand

kante des Strandwalls durch ein Deckwerk zu sichern sei. Bei beiden Maßnahmen, die einen harten Eingriff in die natürliche Weiterentwicklung des Strandes bedeuten, besteht die Gefahr, daß sie negative Folgeerscheinungen im nächstfolgenden Küstenabschnitt nach sich ziehen, die sich bei etwa notwendig werdenden weiteren Maßnahmen wellenartig an der Küste fortsetzen. Daher ist als dritte Lösungsmöglichkeit auch stets eine Rückverlegung des Deiches zu erörtern, sofern das dabei zu opfernde Land nicht besonders hochwertig ist und in einem tragbaren Verhältnis zur Gesamtfläche der Niederung steht, da eine derartige Rückverlegung im Gegensatz zu anderen Maßnahmen keine weiteren Unterhaltungskosten erfordert. Im Deichvorland wären nur biologische Maßnahmen erforderlich.

In neuerer Zeit — vor allem zwischen 1930 und 1939 sowie seit 1949 — wurden Buhnen in größerem Umfang vor den Strandwällen und Strandwall-Deichen mehrerer Niederungs-

[19]) Nach Protokollen des Probsteier Deichverbandes von 1890 und 1898.
[20]) Z. B. Deichvorland der Klostersee-Niederung südwestlich Kellenhusen auf rund 1 km Länge.

gebiete errichtet. Meistens geschah dies im Gefolge von Hochwasserschäden an derartigen Anlagen, um die gleichzeitig verlorenen Strandbreiten wiederzugewinnen.

An Hand der bisherigen Erfahrungen bei Uferschutzmaßnahmen vor den Niederungen der schleswig-holsteinischen Ostseeküste kann zusammenfassend gesagt werden:

Dort, wo die Entwicklungstendenz der Küste bzw. die Bilanz des Materialhaushalts an der Küste negativ ist, d. h. wo der küstenparallele Abtransport den Antransport übertrifft, hat ein Uferschutz durch Buhnen die Sicherung des Hochwasserschutzes nicht gewährleisten können, ganz gleich, ob es sich um natürliche Strandwälle, Strandwälle mit Deichkappenverstärkung oder auch um Deiche ohne Vorland handelte. — Infolge der anfänglichen Unkenntnis dieser Tatsachen und der späteren zu geringen Beachtung der gesammelten Erfahrungen wurden zum Schutze mehrerer Niederungsgebiete Uferschutzmaßnahmen eingeleitet, die oft weitere negative und „unvorhergesehene" Folgeerscheinungen hatten und daher zu noch umfangreicheren, kostspieligeren und letzthin nicht mehr rentablen Küstenschutzmaßnahmen zwangen, denen aber dennoch kein Erfolg beschieden war, wie es vor allem der Küstenschutz der Niederung von Ohrfeld-Koppelheck, Kreis Flensburg (Abb. 1a, Nr. 4), bewiesen hat.

Die Voraussetzung aller Küstenschutzmaßnahmen muß daher in stärkerem Umfang als bisher eine Analyse der natürlichen Entwicklungstendenzen der Küste sein. Bei allen Maßnahmen an der Küste ist stets zu bedenken, daß die Küstenentwicklung ein sehr langwieriger Prozeß ist, der schon 3000 bis 4000 Jahre dauert und noch nicht abgeschlossen ist.

c. Nutzung des Deichvorlandes für den Seebadebetrieb

Ein besonders schwieriges Problem stellt an vielen Stellen der Niederungsgebiete die Nutzung des Deichvorlandes für den Seebadebetrieb durch die Strandbebauung und neuerdings auch durch die Einrichtung von Campingplätzen dar.

Nach der Eindeichung der großen Niederungen in den Jahren 1874 bis 1882 war man bestrebt, das Deichvorland „durch Ankauf der Vorlandstrecken und durch verschiedene polizeiliche Bestimmungen .. ganz dem Privatverkehr und der Privatnutzung zu entziehen und .. in das Eigentum der Deichverbände übergehen zu lassen" (RUNDE 1883). Die Entwicklung des Seebadewesens hat jedoch bald diese anfänglichen Bestrebungen durchbrochen.

Die ersten Anfänge des Seebadebetriebes wurden schon vor 1872 gemacht — vor allem in der Lübecker Bucht. Sie waren fast ausschließlich an bestehende Siedlungen und dort vorhandene feinkörnige, steinfreie Strandabschnitte gebunden, wie sie gerade für die Niederungsgebiete häufig kennzeichnend sind. Als die Deiche errichtet wurden, war der damals herrschende Badebetrieb sowohl in seiner Form als auch in seinem Umfang für die Erhaltung des Deichvorlandes in seiner natürlichen Entwicklung unbedenklich. Dieser Zustand änderte sich aber um die letzte Jahrhundertwende mit der nun einsetzenden sprunghaften Entwicklung des Seebadewesens. Die erste Vorbedingung hierfür lag darin, daß den Seebädern durch den Anschluß Schleswig-Holsteins an Preußen und das Deutsche Reich ein umfangreiches Hinterland erschlossen worden war. Die zweite wesentlichere Vorbedingung für die schnelle Entwicklung des Seebadewesens beruhte aber auf der gesteigerten Entwicklung des Verkehrs, sowohl der Eisenbahn als auch der Bäderschiffahrt als den Hauptzubringern der Badegäste zu damaliger Zeit. Mit der wachsenden Zahl der Badegäste und deren sich steigernden Ansprüchen sowie mit dem nun beginnenden Wettbewerb der Seebäder untereinander setzte dann eine Entwicklung ein, die zur Erschließung des bis dahin vom Badebetrieb ungenutzten Deichvorlandes führte.

An der schleswig-holsteinischen Ostseeküste befinden sich die Seebäder Grömitz, Kellenhusen, Dahme, Hohwacht, Schönberger Strand, Schilksee und Strande im Bereich von eingedeichten Niederungen aus der Zeitperiode 1874/1882. Von besonderem Interesse sind hier nur die drei erstgenannten, an der äußeren Lübecker Bucht gelegenen Seebäder, da hier die weitestgehenden Eingriffe in den natürlichen Zustand des Deichvorlandes stattfanden. Daher beschränkt sich die weitere Betrachtung auf diese drei Seebäder.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Für die seit der letzten Jahrhundertwende fortschreitende Umgestaltung und Nutzung des Deichvorlandes der drei Seebäder Grömitz, Kellenhusen und Dahme sei die Entwicklung in Dahme (vgl. Abb. 7) als Beispiel näher erläutert (nach REHER 1931):

1898 Erbauung eines Warmbades am Strande,
1902 Anlage einer Wandelbahn aus Brettern am Strandwall,
1912 Bau einer Wandelbahn aus Betonplatten am Strandwall,
1920 Errichtung einer Zentralbadeanstalt mit Damen- und Herrenbad,
1921 „Entwurf zu einem Strandbebauungsplan"
Beginn der geschlossenen Strandbebauung,
1922 Sicherung der Wandelbahn durch eine seeseitige Betonmauer.

Die Wandelbahn aus Betonplatten erlitt beim Hochwasser am 30. Dezember 1913 starke Zerstörungen, da sie seeseitig nicht gesichert war. Daraufhin wurde 1922 eine in den Strand eingesenkte Uferschutzmauer zur Sicherung der Wandelbahn gebaut und später nach Süden (1930) und nach Norden verlängert. Mit der Fertigstellung der durch diese Schutzmauer gesicherten Wandelbahn setzte dann die unmittelbar dahinterliegende Bebauung des Deichvorlandes ein. Sie fand im wesentlichen schon in den zwanziger Jahren ihren Abschluß.

Ähnlich ist die Entwicklung in Grömitz und Kellenhusen verlaufen. Auch hier bestand zunächst eine ungesicherte Wandelbahn aus Betonplatten. Eine Uferschutzmauer zur Sicherung der Wandelbahn wurde in Kellenhusen 1922 errichtet und 1929 nach Süden verlängert, während in Grömitz dieselben Maßnahmen erst um 1926 begannen.

Wenn auch nicht bestritten werden kann, daß diese Uferschutzmauern eine zusätzliche Sicherung für den dahinterliegenden Deich bedeuten, so ist hier doch ein harter Eingriff in die natürliche Weiterentwicklung des Strandes erfolgt, dessen Folgen sich erst jetzt nach etwa dreißig Jahren an vielen Stellen bemerkbar machen. Hochwasser sind durch die Ufermauern in ihrem freien Auslauf gehemmt und erzeugen darum eine Kolkung, die sich in Strandabtragungen und auch in Strandbreitenverlusten äußert. — Infolgedessen sahen sich die Seebäder Kellenhusen und Grömitz zu Buhnenbauten genötigt, um den für ihre Existenz lebenswichtigen Badestrand gegen weitere Abtragung zu sichern.

Die Strände von allen drei Seebädern liegen, von der allgemeinen Küstenentwicklung aus gesehen, weder im Bereich der Abtragung noch in dem der Anlandung. Sie befinden sich in einer ausgesprochenen Durchwanderungszone, in der sich über längere Zeitabschnitte An- und Abtransport des Sandes die Waage halten, wobei die vorherrschende Drift bei Dahme von Norden nach Süden und ab Dahmeshöved am Nordufer der Lübecker Bucht buchteinwärts geht.

Am ungünstigsten und folgenreichsten für das benachbarte Deichvorland sind die Eingriffe am Strande vor dem Seebad Kellenhusen gewesen. Dies ist vor allem dadurch bedingt, daß hier das Niederungsgebiet mit dem weitaus größten Abschnitt des Deichvorlandes in Lee des durch die Strandbauten des Seebades gestörten Materialtransports längs der Küste liegt. Außerdem hat die Wandelbahn von Kellenhusen eine ungünstige Anlage erfahren, weil ihr südlicher Abschnitt, der 1929 als Verlängerung des 1922 errichteten nördlichen Teiles erbaut wurde, unter einem spitzen Winkel gegen die Seeseite abknickt. Heute ist der Badestrand vor dem Südabschnitt der Wandelbahn besonders schmal, da Hochwasser immer wieder, wie auch weiter südwestlich, abtragend wirken. Ferner hat der südliche Abschluß der Wandelbahn infolge seiner immer ungünstiger werdenden Lage die Lee-Erosion im nächsten Uferabschnitt begünstigt. Bei der hier vorherrschenden Tendenz zur Abtragung wurden der ehemals vorhandene Strandwall und kleine Dünen innerhalb der letzten fünfzehn Jahre streckenweise restlos abgebaut, so daß der Strand jetzt unmittelbar in das niedrige Deichvorland übergeht und das Wasser sofort ungehindert bis an den Deich gelangen kann (vgl. Abb. 12).

Während sich bis zum letzten Kriege das Badeleben fast ausschließlich auf die Strände der Seebäder beschränkte, hat die nach dem Kriege einsetzende Entwicklung des Campingwesens eine wesentliche Ausdehnung der Inanspruchnahme des Deichvorlandes mit sich gebracht. Hiervon wird vorwiegend das Deichvorland der Klostersee- und der Grube-Wesseker Niederung betroffen, da sich Campingplätze vor allem im Anschluß an die Seebäder Grömitz, Kellenhusen und Dahme gebildet haben. Aber auch die Dünen bei Weissenhaus und der Uferabschnitt bei Hohwacht erfreuen sich einer großen Beliebtheit zur Anlage von Zeltplätzen.

Das Niedertreten der Vegetation des Deichvorlandes auf immer benutzten „Trampelpfaden" und die Beschädigung der kleinen Vordünenkante vor dem Strandwall durch Anlage von Zelten und Strandburgen stellen hier die größten Gefahren dar, die sich durch strenge Zeltplatzordnungen und eine laufende Beaufsichtigung zur Einhaltung der Anordnungen einigermaßen eindämmen lassen.

Daß die genannten Gefahrenmomente durchaus nicht zu unterschätzen sind, beweisen Schilderungen von BAENSCH (1875, Sp. 205) und die Erfahrungen am Probsteier Deich bei den Übergangsstellen der Fischer, aber auch die neuesten Beobachtungen nach dem Hochwasser am 4. Januar 1954. Immer wieder traten dort zuerst Einbrüche und Durchbrüche in Strandwällen und Vordünen auf, wo vorher die Grasnarbe beschädigt oder sogar zerstört worden war.

Am zweckmäßigsten und erfolgversprechendsten erscheint es, das für den Zeltbetrieb innerhalb des Deichvorlandes bereitzustellende Gelände zu beschränken und in drei Abschnitte zu unterteilen, von denen jeweils nur einer in jedem Sommer freigegeben wird. Bei diesem dreijährigen Turnus erhält jeder Abschnitt eine zweijährige Ruhepause zur Regeneration der Vegetation, wie es im Deichvorland bei Weissenhaus in vorbildlicher Weise durchgeführt wird.

Zusammenfassend ist folgendes zu sagen:

Es ist kaum angängig und vertretbar, die Sandstrände im Deichvorland der Niederungsgebiete der Erholung suchenden Großstadtbevölkerung für den Seebadebetrieb zu entziehen. Jedoch müssen die Gebote des Deich- und Dünenschutzes unter allen Umständen den Vorrang vor den Erfordernissen des Seebade- und Campingbetriebes behalten!

4. Deichsackungen und Deicherhöhungen

Alle künstlichen Erdaufschüttungen führen im Laufe der Zeit zu gewissen Setzungen, die sich einerseits in einer Eigensetzung des geschütteten Materials, andrerseits aber auch in Setzungen des darunterliegenden Bodens durch die zusätzliche Belastung äußern können. Die letztgenannte Art der Setzung hängt von der Beschaffenheit des Untergrundes ab und ist bei allen Deichen in den Niederungen der Ostseeküste als sicher anzunehmen, da die Deiche fast durchweg auf moorigen Böden angelegt werden mußten.

Das Problem von etwaigen Deichsackungen an der Ostseeküste tauchte erst in den zwanziger Jahren auf, als bei den Fehmarnschen Deichen entsprechende Beobachtungen gemacht wurden.

Im Gutachten über die Aufhöhung der Deiche der Insel Fehmarn finden sich keine Angaben über die Ursache der Deichsackungen. Nach den Beobachtungen am Gollendorfer Deich scheint es sich vorwiegend um Eigensetzungen zu handeln. An der erheblichen Sackung des Deiches bei Blankenwisch dürften allerdings auch Setzungen des Untergrundes beteiligt sein.

Die Aufhöhung der Fehmarnschen Deiche auf ihr ursprüngliches Maß wurde dann in den Jahren 1934—1935 vorgenommen, nachdem hierzu 1933 als korporativer Zusammenschluß aller Deichverbände der Insel der Fehmarnsche Deichband gegründet worden war.

Auf ganz anderem Wege kam eine Erhöhung des Deiches der Fuhlensee-Niederung zwischen Schilksee und Strande an der Kieler Förde zustande. — Wegen des seit Jahren zur Gewohnheit gewordenen Fuhrwerksverkehrs auf dem Deich zwischen beiden Orten beschloß der Deichverband im Juni 1932 eine Kontrollmessung der Deichkronenhöhe. Dieses Deichnivellement hatte das Ergebnis, daß die Kronenhöhe des Deiches zwischen 3,42 und 4,1 m NN schwankte. Da die Sollhöhe des Deiches damals nicht mehr bekannt war, wurde sie nach der Höhe der festen Krone über dem Siel und der Oberkante der Fluttore einer Deichstöpe im Gelände der TVA Schilksee festgesetzt, die beide auf + 3,8 m NN lagen. Etwa 250 m Deichstrecke befanden sich tiefer als diese Sollhöhe. — Der Regierungspräsident verfügte daraufhin die Aufhöhung des Deiches auf eine gleichmäßige Höhe von + 3,8 m NN, die im Frühjahr 1935 ausgeführt wurde.

5. Deichschutz für Siedlungen an der Ostseeküste

Eine summarische Betrachtung könnte zu dem Ergebnis gelangen, daß sich der Deichschutz an der Nordseeküste von dem an der Ostseeküste dadurch unterscheidet, daß die

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

im Schutze der Nordseedeiche liegenden Marschen dicht besiedelt sind, während die im Schutze der Ostseedeiche liegenden Niederungen praktisch siedlungsleer sind. Eine genauere Untersuchung ergibt jedoch, daß diese Unterscheidung nicht ganz gerechtfertigt ist und nur ein gradueller, doch bemerkenswerter Unterschied besteht.

Die Zentren der Niederungsgebiete der Ostseeküste, d. h. die Flächen etwa unter + 1 m NN sind, von wenigen Ausnahmen abgesehen, siedlungsfrei. Diese Tatsache hängt damit zusammen, daß die Niederungen in den vergangenen Jahrhunderten durch den geringeren Hochwasserschutz der Strandwälle zeitweise Überschwemmungen hinzunehmen hat-

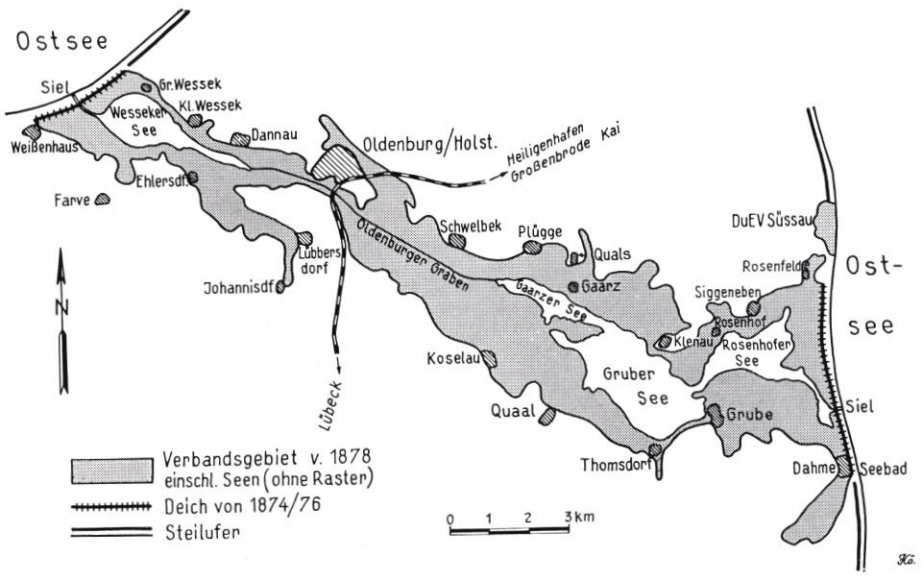


Abb. 15. DuEV Grube-Wessek (Oldenburger Niederung), Kreis Oldenburg; Zustand vor Einführung der Schöpfentwässerung (1927)

ten, so daß eine Besiedlung auf natürliche Weise unterbunden wurde. Die Siedlungen bildeten sich daher bevorzugt an den Niederungsrändern, wie es sich besonders gut am Rande der Probsteier Salzwiesen-Niederung beobachten läßt (vgl. Abb. 14). Teilweise dehnte sich die Besiedlung jedoch schon beträchtlich nah an die Überschwemmungszone aus, so daß es nicht verwunderlich ist, daß bei extremen Hochwassern Verluste an Menschenleben und Vieh eintraten, wie sie geschichtlich vor allem aus dem 17. Jahrhundert durch die bekannten Höchstwasserstände von 1625 und 1694 überliefert sind. In diesen beiden Jahren wurde neben zahlreichen Dörfern am Rande der Probsteier Niederung vor allem das Dorf Presen auf Fehmarn schwer heimgesucht.

Das Hochwasser vom 13. November 1872 stellte jedoch auch bezüglich der Überschwemmung von Siedlungen alles Vergangene in den Schatten. Eine Karte des gesamten Überschwemmungsgebietes an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste gibt es nicht. Aber die auf Grund der damaligen Überschwemmungsflächen festgelegten Beteiligungsgebiete der zu gründenden Deichverbände[21]) geben ein eindrucksvolles Bild von dem Umfang der betroffenen Siedlungen. Neben vielen an der Küste liegenden Orten, von denen die Tatsache der Überflutung im Jahre 1872 allgemein bekannt ist, wurden im Binnenland Teile der Stadt Olden-

[21]) LASH, Reg. 402 A 24, Nr. 24, 29, 35, 36 u. 37 (vgl. Abb. 4).

burg, das Dorf Grube und das Gut Rosenhof am Gruber See (vgl. Abb. 15), das Dorf Guttau bei Cismar in der Klostersee-Niederung (vgl. Abb. 4) und in Angeln das Dorf Gelting sowie auf der Insel Fehmarn insgesamt 24 Dörfer überschwemmt[22]) (Abb. 16). Allen diesen Siedlungen kommt der 1874—1882 errichtete Deichschutz ebenso zustatten wie den landwirtschaftlich genutzten Flächen.

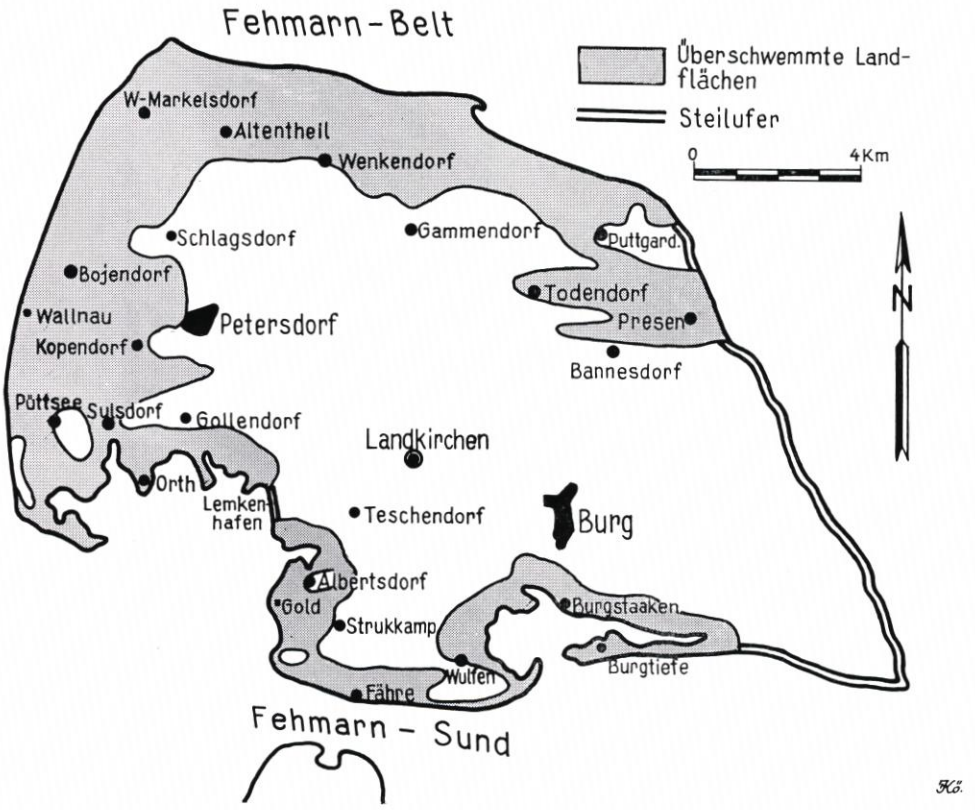


Abb. 16. Überschwemmungsgebiete der Insel Fehmarn beim HHW 13. Nov. 1872 (nach einer Zeichnung von HEYDORN 1872)

In jüngerer Zeit sind verschiedene der im Zeitraum 1874—1882 eingedeichten Niederungen in zunehmendem Maße besiedelt worden, allerdings nicht mit landwirtschaftlichen Betrieben, sondern fast ausschließlich im Zusammenhang mit der Entwicklung des Seebadewesens und der Sommerkolonien. Dies ist in stärkstem Umfange an der Küste der Probsteier Niederung unmittelbar hinter dem Deich, aber auch durch die Ausdehnung der Badeorte Grömitz und Dahme geschehen.

Alle Siedlungen im Bereich der Niederungsgebiete müssen jedoch trotz des Deichschutzes weiterhin als gefährdet angesehen werden[23]), denn die in der Deichbauperiode 1874—1882 er-

[22]) Nach DÜRING (1937, S. 105) wurden allein auf der Insel Fehmarn beim Hochwasser 1872: 24 Häuser völlig zerstört und 205 Häuser schwer beschädigt.

[23]) In einem Erlaß der Wasserwirtschaftsverwaltung der Landesregierung Schleswig-Holstein vom 6. November 1951 wurden die Landräte der an die Ostseeküste grenzenden Kreise auf die „Gefährdung der tief gelegenen Wohnsiedlungsgebiete an der Ostseeküste bei außergewöhnlichem Hochwasser der Ostsee" eindringlich hingewiesen.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

richteten Deiche sind gegen ein extremes Hochwasser in dem Ausmaß von 1872 nicht hoch genug! Die Königlich-Preußische Regierung zu Schleswig hatte auf Grund der Erfahrungen vom 13. November 1872 ursprünglich eine Deichkronenhöhe von 5 m über MW für notwendig erachtet, allgemein wurden jedoch nur Deichkronenhöhen von 4 m über MW geschaffen. Im Entwurf zur Eindeichung der Probsteier Niederung von 1874 wurde eine Kronenhöhe von 4 m über MW gegen die Hochwasser von 1694 und 1836 mit Wasserständen von etwa 2,5 m über damaligem MW als ausreichend angesehen. Die Deichkronenhöhe von 4 m über MW muß nach den für 1872 angegebenen Wasserständen mit allgemein mehr als + 3 m NN (mit Ausnahme von Fehmarn) als unzureichend angesehen werden, da ein Zuschlag für den Wellenauflauf von weniger als 1 m nach den neuesten Erkenntnissen zu gering bemessen ist[24]). An den Nordseedeichen wird neuerdings mit einem Wellenauflauf von 2,0 bis zu 4,0 m gerechnet[25])!

6. Über die Wirtschaftlichkeit von Eindeichungen

Bei Eindeichungen sind nicht nur rein technische Probleme, sondern auch noch andere Fragen, wie zum Beispiel diejenigen der Wirtschaftlichkeit, zu lösen.

Nach Runde (1883) ist es „in den eigentlichen Marschgegenden an der Nordsee ein alter Erfahrungssatz, daß eine Bedeichung alsdann anzuraten sei, wenn die für dieselbe erforderliche Deichlänge in Ruthen zu je 16 Fuß hamburg. gerechnet, die dadurch zu gewinnende oder geschützte Dematzahl nicht übersteigt". Im metrischen Maßsystem ist eine hamburgische Ruthe = 4,585 m und ein Demat = 0,49 ha. Auf die heute üblichen Maße übertragen heißt dieser Erfahrungssatz, daß eine Bedeichung dann ratsam ist, wenn auf 1 ha eingedeichter Fläche eine Deichlänge von nicht mehr als 10 m benötigt wird. Setzt man die Maßzahl der Deichlänge in Metern zur Maßzahl der Fläche in Hektar ins Verhältnis, so soll dieses nach obigem Erfahrungssatz die Zahl 10 nicht überschreiten.

Dieser Erfahrungssatz ist nach heutigen Vorstellungen über die Wirtschaftlichkeit einer Neubedeichung (Privatwirtschaft — Volkswirtschaft) nur noch als grober Anhalt zu werten. Mit wesentlichen Verschiebungen dürfte neuerdings auch an der Nordseeküste zu rechnen sein (vgl. Petersen 1954).

Betrachtet man zunächst das Maßzahlverhältnis bei den im Zeitraum 1874—1882 durchgeführten Eindeichungen[26]), so ergibt sich, daß bereits ein Teil der damals gegründeten Deichverbände diesen Erfahrungssatz nicht erfüllt. Dies ist vor allem bei den auf der Südseite der Insel Fehmarn liegenden Deichverbänden der Fall, wie es aus der Zusammenstellung auf Seite 53 hervorgeht. Für die Eindeichung der Südküste von Fehmarn dürften jedoch infolge der 1872 erfolgten Überflutung von zahlreichen Dörfern besondere Verhältnisse vorgelegen haben. Da sich die Landoberfläche Fehmarns im Norden, Westen und großenteils auch im Süden ganz flach zur Küste abdacht, ohne immer eine ausgesprochene Niederung zu bilden, und die meisten Verbandsgebiete unmittelbar — ohne orographische Trennung — ineinander übergehen (vgl. Abb. 17), dürfte eine Gesamtbetrachtung der Inseleindeichung mit den durch sie geschützten Flächen gerechtfertigt sein. Auf Fehmarn geben 34 680 m Deiche einem Gebiet von 4325 ha Schutz. Das Maßzahlverhältnis der Inseleindeichung ist 8.

Von den neunzehn nach 1885 erfolgten Verbandsgründungen in Niederungsgebieten überschreiten vierzehn Verbände das Maßzahlverhältnis 10, sieben Verbände sogar das Maßzahl-

[24]) Vgl. Magens 1957, S. 38.
[25]) Vgl. Hundt 1955, S. 135—139, Petersen 1955, S. 161—162.
[26]) Vgl. Seite 52 und 53.

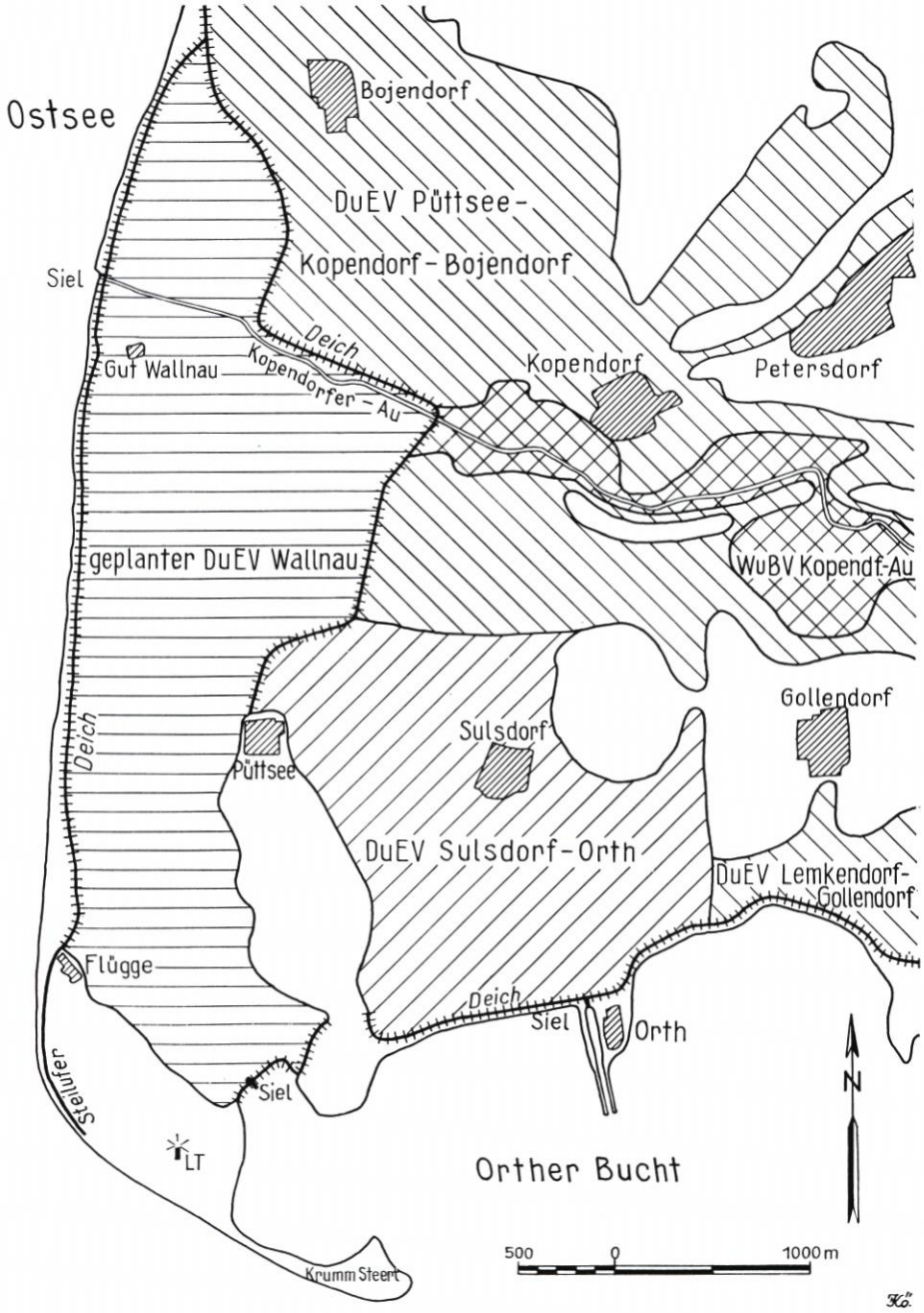


Abb. 17. Deich- und Entwässerungsverbände im Südwesten der Insel Fehmarn, vgl. Luftbild auf Seite 62

verhältnis 20. Hierbei muß jedoch berücksichtigt werden, daß verschiedene Verbände gegründet wurden, ohne daß an dem Hochwasserschutz, der durch vorhandene Strandwälle gegeben war, nennenswerte Veränderungen vorgenommen wurden, wie es z. B. in Pottloch-Kronsgaard (Maßzahlverhältnis 36), Rettin (32), Dahmer Moor (19) der Fall war, oder wo vorher aus-

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

reichende Deichanlagen errichtet worden waren, wie z. B. in Friedrichsort (39) und Beveroe (18). Andrerseits fanden drei Verbandsgründungen mit einem sehr hohen Maßzahlverhältnis statt, die gleichzeitig mit umfangreichen Ausbauten der vorhandenen Strandwälle zu Deichen verbunden waren. Dies war in den Niederungen der Gemarkungen Langholz (59), Ohrfeld-Koppelheck (55) und Wackerballig (52) der Fall (vgl. z. B. Abb. 18). Hier kann eine Wirtschaftlichkeit der durchgeführten Maßnahmen bezweifelt werden.

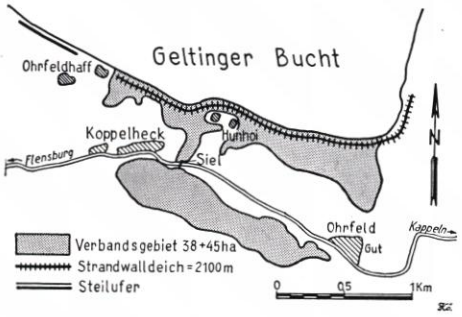


Abb. 18. WuBV Ohrfeld-Koppelheck, Geltinger Bucht, Kreis Flensburg; der südlich der Straße gelegene Teil von 45 ha wird durch das Siel unter der Straße (Damm) geschützt

VI. Entwässerung

Vor dem Eingreifen des Menschen bestand in den Niederungsgebieten eine natürliche Entwässerung. Im Zusammenhang mit Eindeichungen und Meliorationen erfuhr diese zwei Formen der Umgestaltung. Bei Eindeichungen mußte die Sielentwässerung eingeführt werden. Durch Trockenlegung oder Maßnahmen zur intensiveren landwirtschaftlichen Nutzung entstand als zweite, gesteigerte Form des Eingriffs in die natürlichen Verhältnisse die Schöpfentwässerung.

1. Natürliche Entwässerung

Die Entwässerung der Niederungsgebiete erfolgte in ihrem natürlichen Zustand an Durchbruchstellen der Strandwälle. Da die marinen Kräfte durch die unperiodisch auftretenden Hochwasser den stärksten Einfluß auf die Gestaltung der Strandwälle ausüben, hing die Entwässerung und der Ort des Austritts des Wassers aus der Niederung sehr stark von den Veränderungen der Strandwälle sowie von der vorherrschenden Richtung der Küstenversetzung ab.

Die Küstenversetzung (Sandwanderung entlang der Küste) und die durch sie bei Hochwasser gestalteten Strandwälle bewirkten also allgemein eine wesentliche Hemmung der natür-

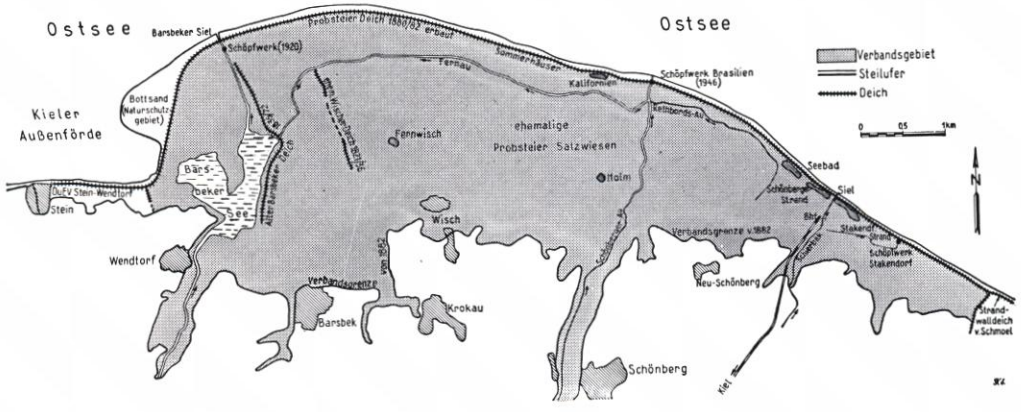
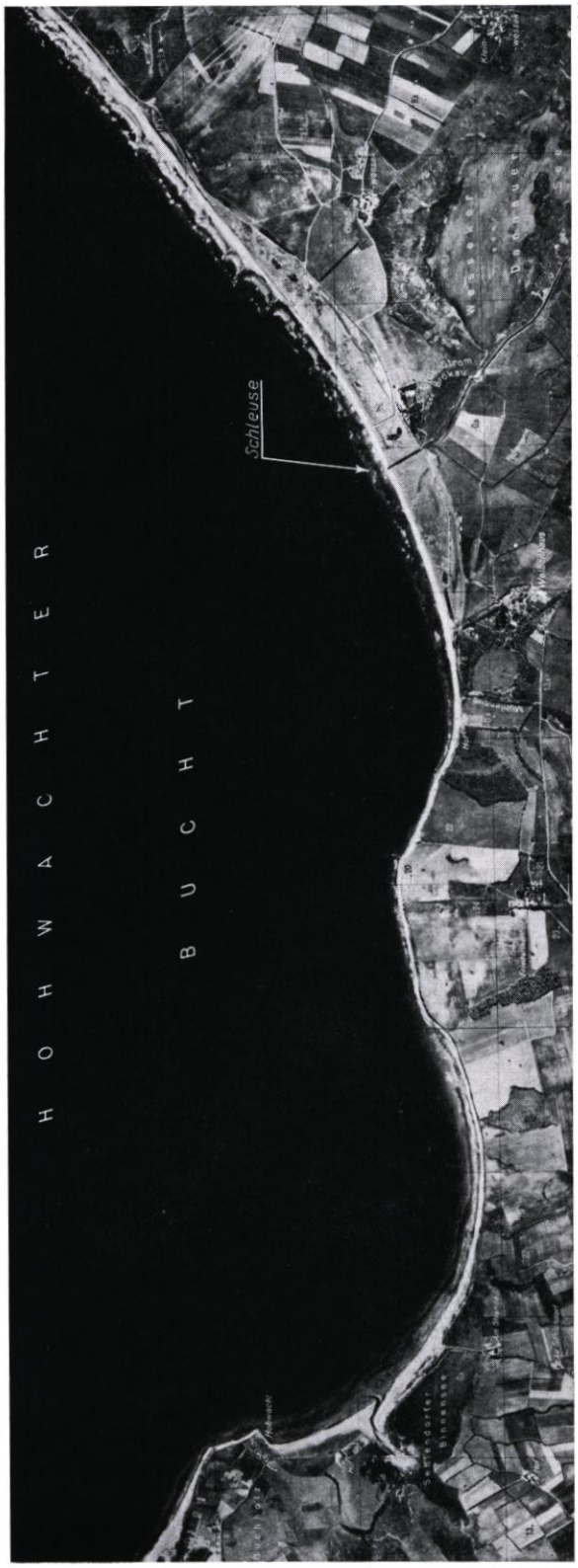


Abb. 19. DuEV Probstei (ehemalige Probsteier Salzwiesen), Kreis Plön



Archiv Landesamt für Wasserwirtschaft, Kiel

Abb. 20. Luftbild vom Küstenabschnitt der Hohwachter Bucht zwischen Hohwacht (Kreis Plön) und Gr. Wessek (Kreis Oldenburg) mit Sehlendorfer Binnensee im Westen und Wesseker See im Gebiet des DuEV Grube-Wessek im Osten

lichen Entwässerung der Niederungsgebiete. Die dem natürlichen Gefälle folgenden Wasserläufe erfuhren dadurch innerhalb der Niederungen oft eine beträchtliche Verlängerung, meist mehr oder weniger parallel zur Küste. Dieser Zustand führte zu einer weitgehenden Versumpfung, zumindest der ufernächsten und niedrigsten Flächen. Der Umfang dieser Erscheinung richtete sich im allgemeinen nach der Ausdehnung der Niederung entlang der Küste. — Am eindrucksvollsten lassen sich die soeben geschilderten Vorgänge am Beispiel der Probsteier Salzwiesen beobachten, wo die Fern-Au, die ihr Wasser parallel der Küste, also senkrecht zur allgemeinen Abdachung des Geländes, dem Barsbeker See zuführt, den auffälligsten Zug in der Entwässerung darstellt (Abb. 19).

Eine natürliche Entwässerung von Niederungen ist heute nur noch sehr selten, da eindringende Hochwasser und auch die meisten Niederungen ohne Verbandsbildung ein Siel besitzen, um vor allem gegen Salzwasserschäden gesichert zu sein. Natürlich entwässert werden noch die Niederungen des Sehlendorfer Binnensees (ohne die Futterkamper Niederung) in der Hohwachter Bucht (vgl. Abb. 20), die Niederungen von Noer und Kronsort in der Eckernförder Bucht sowie der Lipping-Au (vgl. Abb. 21) und Langballig-Au in Angeln.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

2. Sielentwässerung

Der größte Nachteil der natürlichen Entwässerung bestand zweifellos in den unperiodischen Einbrüchen von Salzwasser bei höheren Ostseewasserständen in die Niederungsgebiete. Deren Wert wurde dadurch noch mehr herabgesetzt, als es schon durch stauende Nässe und gelegentliche Binnenüberschwemmungen nach Dauerregen geschehen war. Daher war man bestrebt, wenigstens derartige Gefahren durch einen verbesserten Hochwasserschutz abzuwenden. Diese Bestrebungen führten zu den im vorigen Kapitel beschriebenen Eindeichungen, die zwangsläufig die Sielentwässerung nach sich zogen.

Abb. 21.
Mündung der Lippingau in die Geltinger Bucht, Kreis Flensburg
Aufn. Fr. Heym

An einzelnen Stellen waren die natürlichen Vorfluter der Niederungen in den Strandwällen schon vorher mit „Schleusen" versehen worden, wobei die seitlich an diese Bauwerke anschließenden Lücken zugeschüttet wurden. Dadurch war wenigstens für das Sommerhalbjahr ein Eindringen von Salzwasser in die Niederungen verhindert und eine bessere Nutzung möglich. Häufige Schäden durch Hochwasser und die relativ schnelle Versandung solcher Sielanlagen infolge ihrer Errichtung innerhalb der Strandwälle dürften nicht gerade sehr förderlich und beispielgebend gewirkt haben. Da die Strandwälle bei Höchstwasserständen meist landeinwärts verlagert oder überschoben werden, wurden gleichzeitig „die Entwässerungssiele an der Seeseite bloßgelegt und an der Landseite verschüttet", wie es Baensch (1875, Sp. 204) auf Grund von Beobachtungen an Strandwällen und den damals auf den Strandwällen errichteten Deichen nach dem Hochwasser von 1872 beschrieb.

a. Anlagen der Sielentwässerung

„Bei allen Deichanlagen spielen ... die zur Abführung des Binnenwassers erforderlichen Siele eine Hauptrolle, sowohl in betreff der Ermittlung der zu wählenden Abmessungen, wie auch wegen der Ausführung" (Runde 1883).

Mit Rücksicht auf die Anlage der Deiche hinter den Strandwällen ergab sich die Notwendigkeit, eine Zweiteilung der Sielbauwerke in Deichsiele und Vorstrandsiele vorzunehmen (vgl. Abb. 22—24).

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Abb. 22.
DuEV Grube-Wessek, Kreis Oldenburg; Deich bei Weißenhaus, links die Niederung
Aufn. WOHLENBERG, 1959

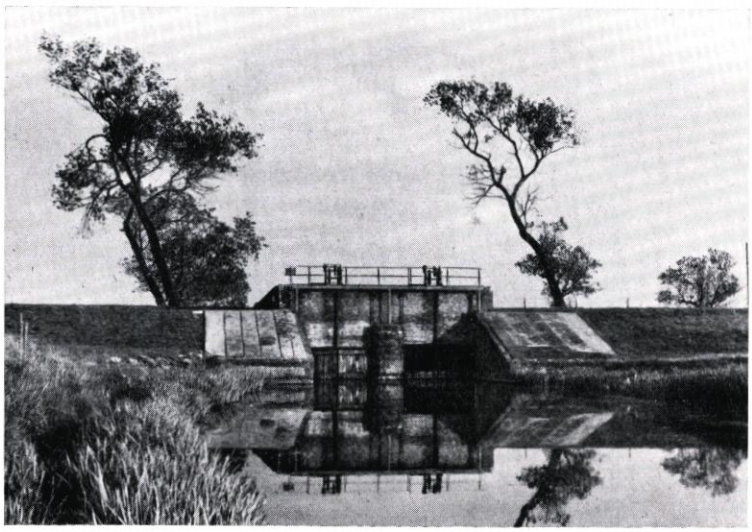
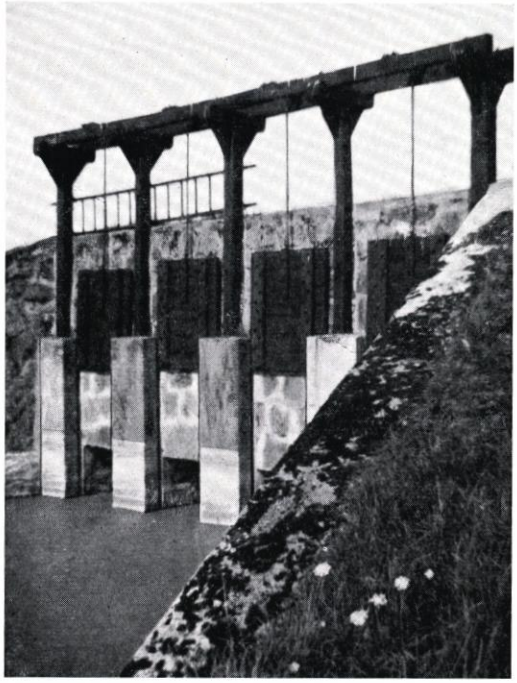


Abb. 23.
DuEV Grube-Wessek, Kreis Oldenburg; Deichsiel bei Weißenhaus, vom Außenkanal gesehen
Aufn. WOHLENBERG, 1959

Abb. 24.
DuEV Grube-Wessek, Kreis Oldenburg; Sielanlagen bei Weißenhaus: rechts die Betonumwallung des Außenkanals, links das gedeckte Vorstrandsiel
Aufn. WOHLENBERG, 1959

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Die Deichsiele sind Bestandteile des Deiches. Sie haben daher neben der Funktion der Entwässerung auch eine Funktion im Hochwasserschutz. Für die Projektierung und Herstellung der Deichsiele während der Deichbauperiode 1874—1882 fehlte es an Erfahrungen, so daß den Berechnungen fast ausschließlich theoretische Überlegungen zugrunde gelegt werden mußten (RUNDE 1883). So kam es, daß man die bei den zuerst durchgeführten Bedeichungen (Fehmarn, Grube-Wessek, Waterneverstorf und Fuhlensee) mit den Sielbauwerken gemachten Erfahrungen erst bei den späteren Eindeichungen (Klostersee und Probstei) anwenden konnte. Diese Erfahrungen betrafen in erster Linie die Tiefe der Sohlenlage bei den Sielbauwerken im Zusammenhang mit dem Eintreiben von Seesand in die Außenkanäle. Nach RUNDE schwanken die Sohlentiefen der Siele zwischen — 0,7 m und — 1,5 m Ostsee-Null. Im allgemeinen wurde eine Tiefe von — 1,0 m angenommen, doch „die Erfahrung hat gezeigt, daß — abgesehen von einzelnen besonderen örtlichen Verhältnissen — diese Tiefe nicht zu überschreiten ist, daß vielmehr eine Tiefe von — 0,7 m noch besser sein würde" (RUNDE 1883). Unter Einbeziehung der Erfahrungen weiterer Jahrzehnte berichtete KRES (1911, S. 757): „In der für die Wasserlösung wichtigsten Zeit von Mitte März bis Mitte April liegt dort (an der Ostseeküste) das MW etwa 4 cm und das MNW der Ostsee 55—60 cm unter dem Jahres-MW. Erfahrungsgemäß entspricht letztere Höhenlage der zweckmäßigsten Drempeltiefe der Entwässerungsschleusen. Meistens sind die Drempel der Schleusen niedriger gelegt, ihre Außentiefe leiden aber oft durch Versandung, falls keine wirksame Spülung möglich ist. Tiefer als das Jahres-MW sollten sie auch bei guter Spülung nicht gelegt werden."



Aufn. KANNENBERG, 1955

Abb. 25. WuBV Kopendorfer Au (Fehmarn), Kreis Oldenburg; Deichsiel, Innenseite

Neben der Unregelmäßigkeit der Außenwasserstände, die bei erhöhtem, länger anhaltendem Ostseewasserstand oft tagelang eine Entwässerung verhindern können, trat als weitere Schwierigkeit für die Berechnung der Weiten der Sielbauwerke eine noch geringe Kenntnis über das Ausmaß von Extrem-Niederschlägen hinzu, so daß man den Berechnungen „ungünstige Annahmen zugrunde legen mußte, um Überschwemmungen des Binnenlandes tunlichst zu vermeiden" (RUNDE 1883). So wurde den Berechnungen eines Entwässerungsentwurfs zur Bemessung von Sielbauwerken im Jahre 1895 eine ungünstigste Niederschlagsmenge von 25 mm in 24 Stunden zugrundegelegt. Die späteren Jahrzehnte haben jedoch gelehrt, daß die Extreme und Intensitäten der Niederschläge wesentlich höher liegen können, so daß die Niederungen zeitweise von erheblichen Binnenüberschwemmungen heimgesucht wurden, wie sie besonders nach den Regenkatastrophen vom 7. bis 9. Juli 1931 und vom 25. bis 27. August 1946 oder zuletzt am 24. August 1954 auftraten[27]).

[27]) Nach der Statistik des Wetteramts Schleswig fielen in Schleswig innerhalb von 24 Stunden folgende extremen Niederschlagsmengen: am 9. 7. 1931 = 108 mm, am 27. 8. 1946 = 106 mm, am 24. 8. 1954 = 94 mm.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

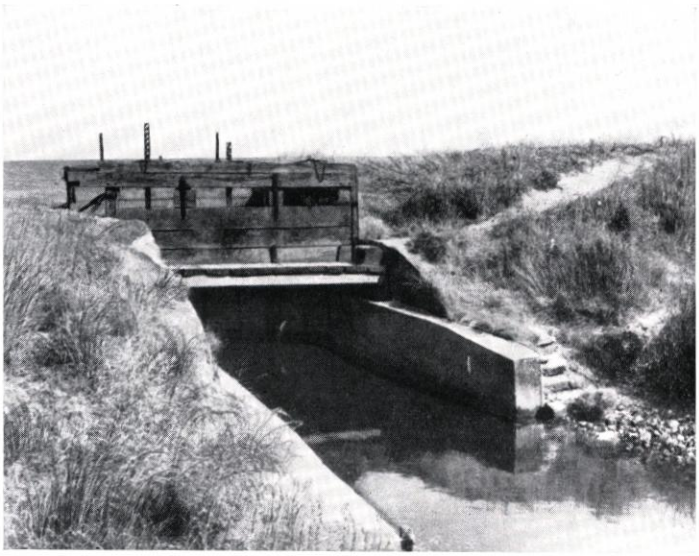


Abb. 26.
WuBV Damp-Dorotheenthal, Kreis Eckernförde; Bokenau-Siel im Strandwall
Aufn. C. Hensen, 1959

Abb. 27.
WuBV Damp-Dorotheenthal, Kreis Eckernförde; Blick vom Bokenau-Siel auf die Niederung
Aufn. C. Hensen, 1959

Die während der Bauperiode 1874—1882 errichteten Deichsiele bestehen — soweit sie in massiver Bauweise hergestellt waren — auch heute noch. Nur die hölzernen Deichsiele mußten inzwischen durch neue Bauwerke ersetzt werden. Das jetzige Waterneverstorfer Deichsiel bei Lippe entstand 1936 als Betonbauwerk neben dem baufälligen Holzsiel, während am Auslauf vor dem Kleinen Noor bei Grahlenstein 1929 ein neues Holzbauwerk eingesetzt wurde. Von den beiden hölzernen Sielen der Deichanlagen von Burg (Fehmarn) wurde das erste bereits 1899 stillgelegt, das andere 1942 durch ein Röhrensiel ersetzt.

Infolge der an der Ostseeküste durch die Sandwanderung gegebenen Verhältnisse war bei den Sielanlagen zur Sicherstellung der Entwässerung die Einrichtung von Vorstrandsielen notwendig, die unmittelbar an der Mündung des vor dem Deichsiel befindlichen Außenkanals angelegt wurden. Die Aufgabe dieser Vorstrandsiele besteht darin, ein Eintreiben von Sand

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Archiv Landesamt für Wasserwirtschaft, Kiel

Abb. 28. Luftbild vom Küstenabschnitt im Westteil des DuEV Probstei (Kreis Plön); Grenze des Verbands- und Niederungsgebietes als weiße Linie; das breite Band der Sandwanderung mit den Riffen verdeutlicht die Schwierigkeiten für die Entwässerung am Barsbecker Siel (Gr. Schleuse)

und Seetang in den Außenkanal zu verhindern, damit einerseits keine Hemmung bei der Entwässerung auftreten kann, andrerseits aber auch ein festes Schließen des Deichsiels gewährleistet ist, da sonst durch dessen Versandung die Gefahr besteht, daß bei höheren Wasserständen Salzwasser in die Niederung eindringen kann (vgl. Abb. 28—32).

Eine zweckmäßige Anlage der Vorstrandsiele hat immer wieder erhebliche Schwierigkeiten bereitet, da sie durch ihre Lage in der Uferlinie stets den stärksten Kräften der Brandung

ausgesetzt sind, häufig Schäden erlitten und immer wieder Reparaturen und Abänderungen verlangten. Die Vorstrandsiele haben sich im wahrsten Sinne des Wortes als notwendiges Übel herausgestellt, denn vom Standpunkt des Uferschutzes tragen sie erhebliche Nachteile in sich, worauf noch eingegangen werden soll.

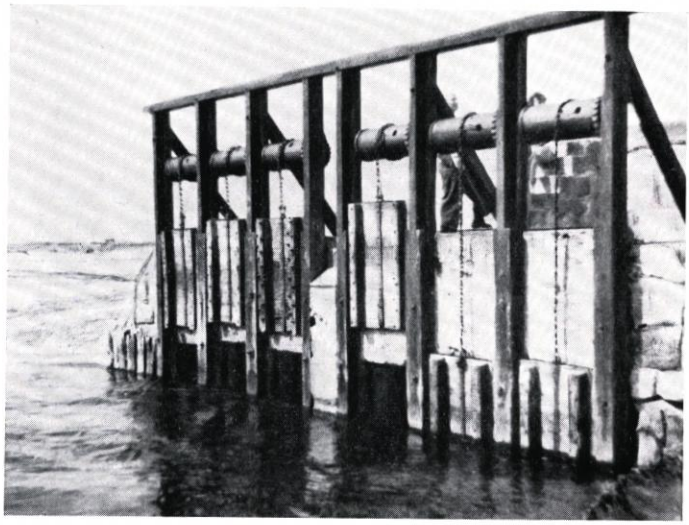


Abb. 29.
DuEV Klostersee-Niederung, Kreis Oldenburg; Vorstrandsiel des Grömitzer Siels
Aufn. KANNENBERG, 1955

Abb. 30.
Klostersee-Niederung, Kreis Oldenburg; Versandetes Vorstrandsiel der Klostersee-Sielanlage.
Aufn. KANNENBERG 15. Mai 1959

Die Außenkanäle der Deichsiele wurden im allgemeinen beiderseits mit Verwallungen, oft mit Steinbelag verstärkt, ausgeführt. Manchmal versah man sogar den gesamten Außenkanal noch zusätzlich mit einer Holzbohlenabdeckung (RUNDE 1883). An einzelnen Stellen wurde auch eine einseitige Mole zum Schutze des Vorstrandsiels errichtet, so z. B. ursprünglich bei den Sielanlagen der Klostersee-Niederung (vgl. RUNDE, Abb. 15). Für die Tiefe der Sohle der Vorstrandsiele gilt dasselbe in erhöhtem Maße wie für die Deichsiele.

Während die massiven Deichsiele der alten Deichverbände ausnahmslos noch heute erhalten und in Tätigkeit sind, besteht von den alten Vorstrandsielen keins mehr. Teils sind sie

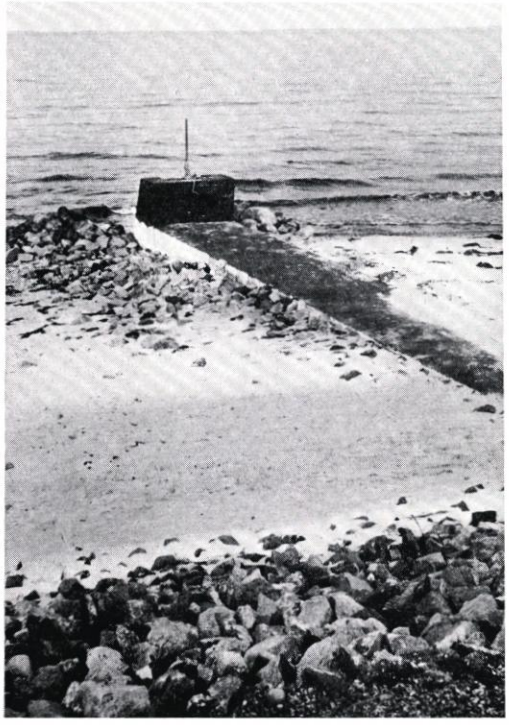
Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

ganz verschwunden, teils wurden sie stark verändert, die meisten mußten jedoch in abgeänderter Bauweise später völlig neu errichtet werden. Die Schwierigkeiten, die eine zweckmäßige Anlage der Vorstrandsiele bereitete, gab bereits RUNDE (1883) wie folgt an:

> „Es ist eine sorgfältige Beobachtung der örtlichen Wind- und Strömungsverhältnisse erforderlich, um die solchen Umständen entsprechende zweckmäßigste Einrichtung dieses wichtigsten Teiles des Schleusenwerkes zu wählen, von der oft allein die Wirksamkeit der Schleuse selbst abhängig ist. An manchen Stellen sind daher mehrfache Veränderungen notwendig geworden, nachdem die Erfahrung andere Resultate ergeben hatte, als anfänglich angenommen wurde, was als natürliche Folge davon anzusehen ist, daß an der Ostsee bislang keine größeren Abwässerungsschleusen vorhanden waren, nach welchen man sich richten konnte."

Auf die Bedeutung der Höhenlage der Oberkante bei den Deichsielbauwerken als Bestandteilen des Deiches — d. h. des Hochwasserschutzes — ist schon hingewiesen worden.

Die Vorstrandsiele stellen durch ihre Lage in der Uferlinie und besonders, wenn sie noch zusätzlich durch Molen gesichert werden, jeweils einen harten Eingriff in die Strandentwicklung dar, denn sie haben die Wirkung einer Buhne mit ihren Vor- und Nachteilen. Auf diese Schwierigkeit hat auch schon RUNDE (1883) hingewiesen. Ein Herausschieben des Vorstrandsiels in tieferes Wasser hat überall dort, wo eine starke Sanddrift herrscht, zu keinem Erfolg geführt, da der Sand auf der Luvseite aufgefangen wird und den Sielauslauf langsam verflacht, bis die Sandwanderung wieder unmittelbar vor der Mündung liegt. Zu diesem nachteiligen Vorgang, der die beabsichtigte Wirkung verhindert, tritt aber nun noch die bleibende Wirkung der Lee-Erosion. An vielen Stellen trat daher bald nach Errichtung der Vorstrandsiele in Lee dieser Bauwerke bezüglich der vorherrschenden Sanddrift ein Strandrückgang ein, der je nach Ausmaß dieser Erscheinung wiederum Buhnenbauten nach sich zog. Dies machte sich besonders dann bemerkbar, wenn die Eingriffe im Strand zur Sicherung der Sielanlagen durch Molen usw. verschärft wurden (vgl. Abb. 34 u. 35).



Aufn. FR. HEYM

Abb. 31. DuEV Probstei, Kreis Plön; Schierbek-Siel am Schönberger Strand, Blick vom rauhdeckwerkbewehrten Deich auf das überdeckte Vorstrandsiel

Beim Übergang von der natürlichen zur Sielentwässerung wurde teilweise der Auslauf der ehemaligen Entwässerung nicht beibehalten und das Deichsiel an anderer Stelle errichtet. Diese Notwendigkeit ergab sich aus dem Umstand, daß die natürliche Entwässerung durch die Sandwanderung häufig in einen unnatürlichen Zustand gedrängt worden war, wie es besonders kraß in der Probsteier Niederung in Erscheinung trat. Manchmal vollzog sich die Entwässerung auch an Schwächestellen der Strandwälle, wo oft Durchbrüche erfolgten, so daß an derartigen Stellen die Errichtung eines Deichsiels unzweckmäßig erschien.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Abb. 32.
DuEV Kembs-Behrensdorf, Hohwachter Bucht, Kreis Plön; Vorstrandsiel nach dem Hochwasser am 4. Januar 1954
Aufn. Loyal, 6. Jan. 1954

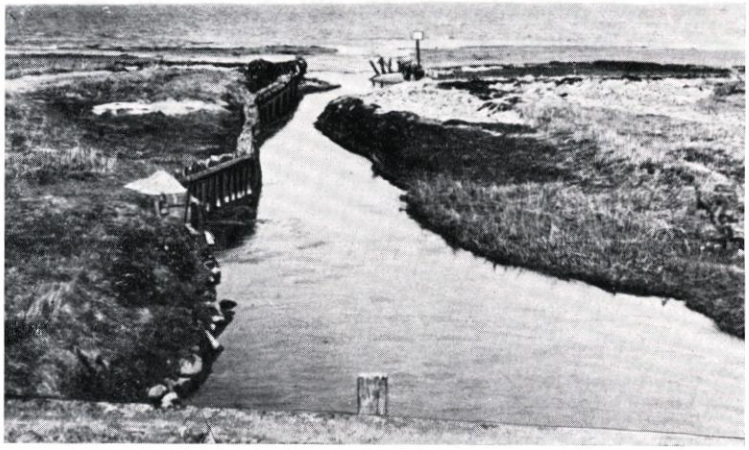


Abb. 33.
WuBV Habernis, Flensburger Förde, Kreis Flensburg; Blick vom Strandwall-Siel auf den Außenkanal ohne Vorstrandsiel, Zustand bei — 0,4 m MW
Aufn. M. Petersen, April 1956

Änderungen in der Ortslage der Entwässerungsausläufe von Niederungen beim Übergang zur Sielentwässerung im Zusammenhang mit den Eindeichungen wurden vor allem in der Gruber Seeniederung 1866 vom Rosenhofer Brök um etwa 2½ km nach Süden zum heutigen Auslauf und in den Probsteier Salzwiesen 1880 vom Barsbeker See um 1½ km nach Norden zum jetzigen Barsbeker Siel (vgl. Abb. 19), aber auch am Schwansener Binnensee (1925) und am Kleinen Binnensee bei Kembs-Behrensdorf vorgenommen.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

b. Erste umfassende Entwässerungsmaßnahmen in den alten Deichverbänden

Während der Eindeichungen der Niederungsgebiete in den Jahren 1874—1882 lag das Schwergewicht der Baumaßnahmen beim Deichbau. Daneben erfolgte die Anlage der Sielbauwerke und ein gewisser Ausbau der Hauptentwässerungszüge. Doch konnte diesem Unternehmen bei dem Umfang der anderen Arbeiten nur eine untergeordnete Bedeutung beigemessen werden. So ist es nicht verwunderlich, daß RUNDE über den Ausbau der Entwässerungszüge keine weiteren Angaben machte.

Mit der Eindeichung und der dadurch verhinderten Salzwasserüberflutung war für die landwirtschaftlich intensivere Nutzung der Niederungsgebiete ein großer Fortschritt erzielt worden. Gelegentliche Binnenüberschwemmungen durch starke kurzfristige Niederschläge dürften manchmal Rückschläge gebracht haben, die jedoch in keinem Verhältnis zu den früher aufgetretenen Schäden standen.

Während man sich in den ersten Jahrzehnten nach der Eindeichung mit den Fortschritten zufrieden gab, setzten seit etwa 1901—1910 die ersten Klagen über eine schlechter werdende Entwässerung ein. In den einzelnen Verbandsgebieten wurden diese Stimmen jedoch erst einige Jahre später laut. Ein gewisses Bild von dieser Entwicklung geben die Jahreszahlen der für die einzelnen alten Deichverbände aufgestellten ersten Entwässerungsentwürfe, die aus der folgenden Tabelle zu entnehmen sind. Die ersten Klagen und Beschwerden lagen jedoch häufig um mehr als ein Jahrzehnt weiter zurück.

Aufn. FR. HEYM

Abb. 34. DuEV Probstei, Kreis Plön; Barsbeker Siel, Betonmole zur Sicherung der Außenkanalmündung gegen Versandung; die Holzpfähle sind Reste eines Vorstrandsiels

Aufn. FR. HEYM

Abb. 35. DuEV Probstei, Kreis Plön; Barsbeker Siel, Blick vom Ende der Betonmole auf den Außenkanal, im Hintergrund Deichsiel und Schöpfwerk

Tabelle 7
Zusammenstellung der in den alten Deichverbänden ausgeführten ersten Entwässerungsmaßnahmen

Verband	Statut	Entwäss. Entwurf	Baujahr und Art der Maßnahme
WuBV Kl. Noor b. Gelting	1877	25. 10. 1929	1929 Deichsiel-Neubau
			1930 Schöpfwerk-Bau
			1931 Hauptgraben-Ausbau
DuEV Fuhlensee	1882	27. 9. 1929	1931 Vorstrandsiel-Neubau
			1931 Hauptgraben-Ausbau
DuEV Probstei	1880	4. 4. 1914	1920 Schöpfwerk-Bau
			1921 Hauptgraben-Ausbau
DuEV Waterneverstorf	1882	19. 6. 1913	1916 Binneneindeichung
			1919 Randgrabenbau
DuEV Grube-Wessek	1878	20. 11. 1924	1927 Randkanalbau u. Ausbau
			1928 Schöpfwerkbau Dahme
DuEV Klostersee-Niederung	1880	24. 5. 1933	1934 Schöpfwerkbau
			1935 Randgrabenbau
			1936 Ringkanalausbau
DuEV Presen/Fehmarn	1881	19. 12. 1933	1935 Ausführung abgelehnt
		20. 4. 1953	1955 Schöpfwerkbau u. Ausbau
DuEV Püttsee-Kopendorf	1881	20. 9. 1895	1896 Ausbau durch die EG Kopendorfer Au
DuEV Burg/Fehmarn	1882	30. 4. 1941	1942 Grabenausbau
			1944 Schöpfwerkbau

In den Deichverbänden Stein-Wendtorf, Nördliche Seeniederung sowie allen übrigen Verbänden auf der Südseite der Insel Fehmarn sind bisher umfassende Entwässerungsmaßnahmen nicht ausgeführt worden. Die Entwässerung des östlichen Teiles des DuEV Stein-Wendtorf wurde 1929 an diejenige der Probsteier Niederung angeschlossen.

Aus der obigen Zusammenstellung geht hervor, daß die meisten Entwässerungsmaßnahmen bereits einen Übergang von der Sielentwässerung zur Schöpfentwässerung mit sich brachten.

3. Schöpfentwässerung

Mit der Einführung der Schöpfentwässerung sollten zwei Ziele erreicht werden: einerseits die Trockenlegung von eingedeichten seichten Gewässern im Meeresniveau, und zwar sowohl von tiefer ins Land eindringenden flachen Meeresbuchten (Nooren) als auch von flachen Strand- und Binnenseen innerhalb der Niederungsgebiete, andrerseits die Verbesserung der bis dahin nicht ausreichenden Sielentwässerung. Den Anlaß zur Einführung der Schöpfentwässerung an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste gaben Trockenlegungen wesentlich früher als eine unzureichende Sielentwässerung.

a. Trockenlegung von Gewässern

Die Einführung der Schöpfentwässerung begann an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste im Zusammenhang mit Landgewinnungsarbeiten bei der Eindeichung von seichten Meeresarmen (vgl. Abb. 2 und 3), und zwar des Oeher Noores (1797) und des Beveroer Noores (1821—1828). Erst fast ein halbes Jahrhundert später gab auch eine geplante landwirtschaftliche Nutzung von Binnenseen die Veranlassung zur Anwendung der Schöpf-

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

entwässerung, und zwar im Klostersee bei Cismar (1862) und im Kopendorfer See an der Westküste der Insel Fehmarn (1867). Als jüngster Landgewinn aus flachem Meeresboden folgte im Jahre 1925 die Trockenlegung des Holnis-Noores an der Flensburger Förde. Die Trockenlegung des Gruber Sees und seiner Nebengewässer durch die Anlage mehrerer Köge und Binnenschöpfwerke (1934—1939) war bei der allgemeinen Einführung der Schöpfentwässerung in der Grube-Wesseker-Niederung (1928) nicht vorgesehen; sie ergab sich erst als Möglichkeit, nachdem die geplante Wasserspiegelabsenkung um 1 m im Laufe weniger Jahre auf 1,6 m erweitert wurde und dabei breite Randstreifen dieses Binnensees zunehmend trockenfielen.

Die Anwendung der Schöpfentwässerung für Trockenlegungen hatte eine nur geringe Wassertiefe in den dazu vorgesehenen Gewässern zur Voraussetzung, da der Hubhöhe der Pumpenanlagen sowohl in wirtschaftlicher als auch in technischer Hinsicht Grenzen gesetzt waren.

b. Unzureichende Sielentwässerung

Das Streben zu intensiverer landwirtschaftlicher Nutzung von Niederungsflächen, die unter nicht ausreichender Sielentwässerung litten, gab den Anlaß zur Einführung der Schöpfentwässerung in größerem Umfang. In geringem Maße geschah dies schon bald nach der Eindeichungsperiode von 1874—1882 durch einzelne Interessenten, in gesteigertem Maße jedoch erst nach dem ersten Weltkrieg im Zusammenhang mit den ersten umfassenden Entwässerungsmaßnahmen in den Niederungen der alten Deichverbände.

Die Ursache der sich seit der letzten Jahrhundertwende in zunehmendem Maße einstellenden unzureichenden Sielentwässerung kann in einer allmählich einsetzenden Versumpfung der Niederungen gesucht werden. Dies ist teils durch den allgemeinen Anstieg der Wasserstände in den Weltmeeren infolge des weltweiten Rückgangs der Gletscher, teils aber auch durch die Setzung des Bodens der Niederungsflächen (vgl. S. 100) als Folge der ersten Entwässerungsmaßnahmen nach der Eindeichung bedingt. Hinzu kommen aber auch noch andere, weniger klar faßbare Faktoren, wie u. a. die intensivere landwirtschaftliche Nutzung der Flächen im Einzugsgebiet, z. B. durch Meliorationen, Dränungen usw., die im allgemeinen einen schnelleren Wasserabfluß bewirkten. Alle diese Faktoren mußten naturgemäß bei dem geringen Gefälle der Wasserläufe innerhalb der Niederungen nachteilige Folgen mit sich bringen.

c. Einrichtung von Teichwirtschaften

Eine weitere Veranlassung zur Anlage einer Schöpfentwässerung in Niederungen gab die Einrichtung von Teichwirtschaften, allerdings bisher nur auf der Insel Fehmarn. Diese Schöpfentwässerung ist jedoch ganz von der Wirtschaftsform der Fischereizuchtbetriebe abhängig, da sie im allgemeinen nur zur Abfischung der Teiche, vorwiegend im Oktober und November, in Betrieb gesetzt wird.

Am bekanntesten ist das Teichgut in Wallnau auf Fehmarn (Abb. 5), das 1896 auf diese Wirtschaftsform umgestellt wurde, wobei der bis dahin trockengelegte und zuerst als Acker, später als Weide genutzte ehemalige Kopendorfer See großenteils wieder in ein Gewässer verwandelt wurde. Heute bestehen dort drei teichwirtschaftliche Betriebe mit insgesamt rund 370 ha Fläche. Bei geringerer Konjunktur des Edelfischabsatzes wird ein Teil der Teiche auch zur Rethgewinnung genutzt. — Weitere Teichwirtschaften bestehen auf Fehmarn im Sahrensdorfer Binnensee und in der Sulsdorfer Wik, während die teichwirtschaftliche Nutzung der nördlichen Seeniederung bei Wenkendorf nur von 1923 bis 1930 dauerte. Alle diese Betriebe besitzen private Schöpfanlagen. In Wallnau und Flügge wurden diese modernisiert und den heutigen Verhältnissen angepaßt.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Abb. 36.
DuEV Grube-Wessek, Kreis Oldenburg, Gem. Rosenfelde nördl. Dahme; Betonfundamente für Wasserschnecken von zwei ehemaligen Schöpfanlagen der Rosenhöfer Mühle am ehemaligen Gruber See, Rosenhöfer Teil
Aufn. KANNENBERG, 1959

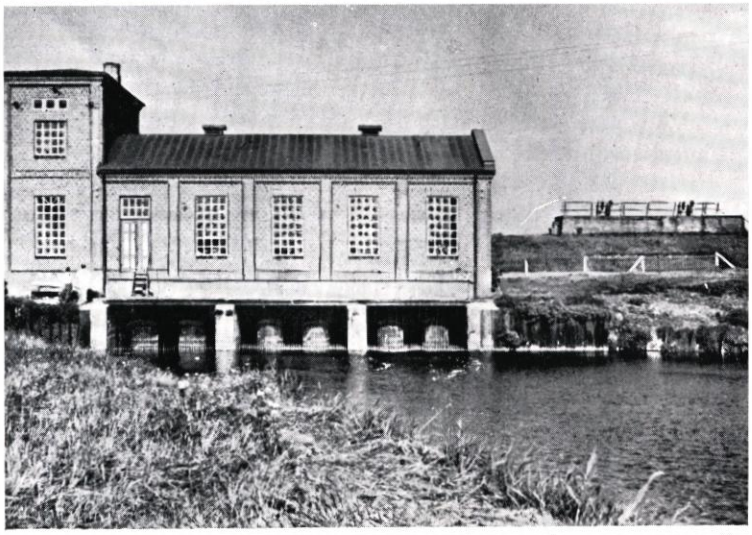


Abb. 37.
DuEV Grube-Wessek, Kreis Oldenburg; Schöpfwerk Dahme, Baujahr 1927/28; Blick vom Hauptvorfluter (Oldenburger Graben), rechts Deichsiel
Aufn. WWA LÜBECK

Abb. 38.
DuEV Grube-Wessek, Kreis Oldenburg; Deichstöpe im Steindeich vor Dahme, Baujahr 1875
Aufn. KANNENBERG, 1959

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

d. Technische Mittel der Schöpfentwässerung

Da die Schöpfentwässerung in den Niederungen an der Ostseeküste in ihren Anfängen schon über 150 Jahre zurückliegt, hat sie in dieser Zeitspanne eine bedeutende technische Entwicklung durchgemacht.

Abb. 39.
DuEV Grube-Wessek, Kreis Oldenburg; Schöpfwerk bei Weißenhaus an der Hohwachter Bucht, im Vordergrund bedeichter Hauptvorfluter (Oldenburger Graben)
Aufn. Wohlenberg, 1959

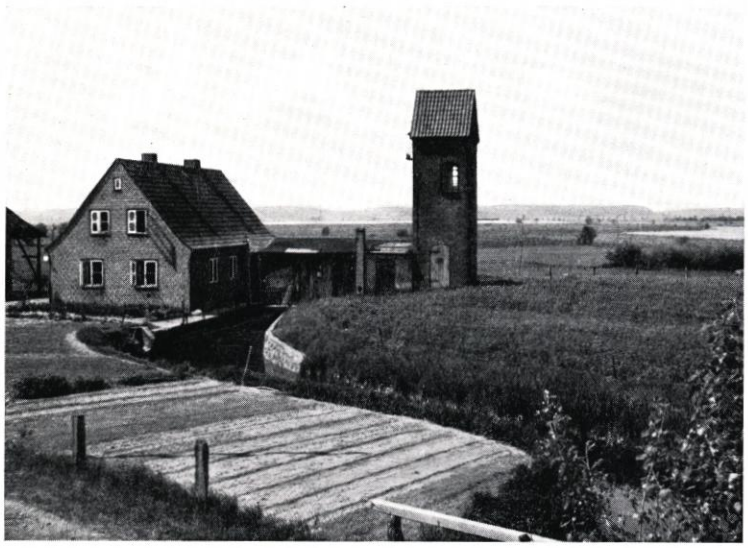


Abb. 40.
WuBV Klostersee, Kreis Oldenburg; Schöpfwerk beim Klostersee-Siel, Blick vom Deich auf das Schöpfwerk und die dahinterliegende Niederung des ehem. Klostersees
Aufn. Kannenberg, 1959

Bei allen Schöpfanlagen muß in erster Linie zwischen Pumpe und Antrieb unterschieden werden. — Die Pumpe des vorigen Jahrhunderts und der folgenden Zeit bis zum ersten Weltkrieg war die Wasserschnecke. Erst nach 1920 fanden in zunehmendem Maße die dem Fortschritt der Technik entsprechenden Kreiselpumpen, Propellerpumpen und Schraubenschaufler Verwendung. — Als Antriebskraft der Wasserschnecken dienten ursprünglich Windmühlen, später vor allem Windmotore. Sofern man von der Zufälligkeit des Windes unabhängig sein wollte, stellte man seit etwa 1860 Dampfmaschinen auf. Der Dieselmotor wurde als Antrieb

mit der gleichzeitigen Umstellung auf neuzeitliche Pumpen seit etwa 1920 verwendet. Der Elektromotor, der heute das Feld als Antriebskraft von Schöpfwerken beherrscht, kam erst später als zweckmäßigster Antrieb zur Geltung, teils notgedrungen durch die Zwangsmaßnahmen des letzten Krieges, die eine Umstellung aller stationären Anlagen mit Dieselantrieb auf Elektroantrieb verlangten. — Die Zeit zwischen 1920 und 1940 ist bei den schon von früher bestehenden Anlagen durch zahlreiche Zwischenlösungen gekennzeichnet, da eine sofortige völlige Umstellung des Schöpfbetriebes auf neuzeitliche Anlagen häufig finanziell nicht durchführbar war. Meistens wurde zuerst die Antriebskraft modernisiert, so daß Wasserschnecken oft von Diesel- oder Elektromotoren angetrieben wurden. — Um bei Windkraftantrieb nicht völlig von der Zufälligkeit des Windes abhängig zu sein, ging man vereinzelt dazu über, als Notbehelf in windschwachen Zeiten einen Trecker als Antriebskraft einzusetzen.

e. Entwicklung und Umfang der Schöpfentwässerung

Die vor 1872 eingerichteten Schöpfanlagen dienten ausschließlich der Entwässerung von trockengelegten ehemaligen Gewässern, teils von ehemaligen seichten Meeresarmen (Nooren), teils von ehemaligen Binnenseen, die der Landwirtschaft nutzbar gemacht wurden.

Die älteste Schöpfanlage wurde 1798 zur Trockenlegung und Entwässerung des Oeher Noores (rd. 100 ha) errichtet. Es war eine Windmühle mit Wasserschnecke, die sich bis 1835 in Betrieb befand. Weitere Schöpfanlagen gleicher Art wurden vor 1872 am Beveroer Noor (1826 und 1832) und nordwestlich von Beveroe sowie zur Trockenlegung des rund 420 ha großen Klostersees bei Cismar (1862) und des rund 300 ha großen Kopendorfer Sees auf Fehmarn (1867) errichtet. Auch zur Entwässerung kleinerer niedrig gelegener Flächen innerhalb der Niederungen fanden schon vor 1872 Schöpfanlagen Verwendung, so z. B. am Gruber See beim Gut Rosenfelde.

Durch das Hochwasser von 1872 wurden diese Anlagen außer Betrieb gesetzt, sofern sie nicht der Zerstörung anheimfielen.

Die Wiederinbetriebnahme dieser Schöpfanlagen erfolgte erst allmählich, nachdem die Deiche wiederhergestellt waren. — Bis zum Beginn des ersten Weltkrieges hatte die Schöpfentwässerung (nach Oldekop 1906/8) einen Umfang angenommen, wie es die folgende Zusammenstellung zeigt:

Tabelle 8
Schöpfanlagen in den Niederungen um 1914

Niederungsgebiet	Fläche	Art der Schöpfanlage	Betrieb seit
Beveroe	rd. 250 ha	2 Windmühlen mit Schnecke	?
Wallnau/Fehmarn	rd. 300 ha	1 Windmühle mit Schnecke	?
		1 Dampfmaschine mit Schnecke	
Klostersee	rd. 420 ha	1 Windrose mit 4 Pumpen	1878
		1 Dampfmaschine mit 2 Schnecken	
Rosenfelde b. Grube	rd. 350 ha	1 Windmühle mit Schnecke	1874
		1 Dampfmaschine mit Schnecke	1885
Burgstaaken/Fehmarn	rd. 25 ha	1 Windmotor mit Schnecke	1899
Süssau	rd. 50 ha	1 Windmotor mit Schnecke	1902
Sulsdorfer Wik/Fehmarn	rd. 35 ha	1 Windmotor mit Schnecke	?
		1 Dampfmaschine mit Schnecke	
Albertsdorf/Fehmarn	rd. 50 ha	1 Windmotor mit Schnecke	?
Ohrfeld, Krs. Flensburg	rd. 25 ha	1 Windmotor mit Schnecke	um 1910
Pottloch-Kronsgaard	rd. 25 ha	1 Windmotor mit Schnecke	1913

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

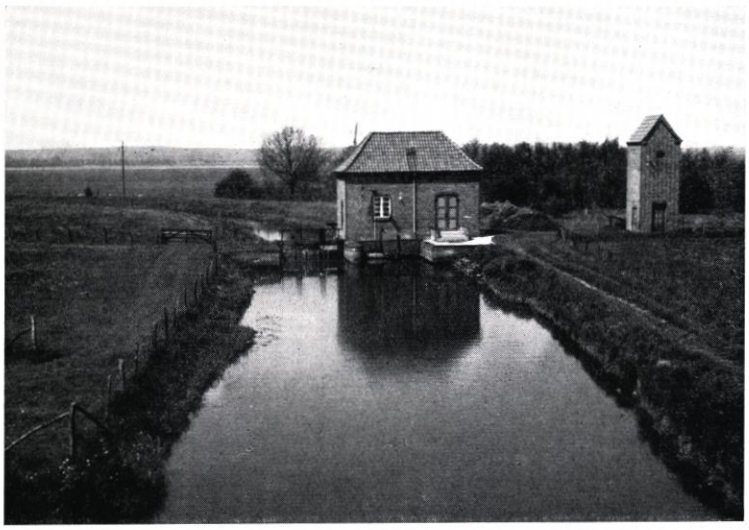


Abb. 41.
DuEV Klostersee-Niederung, Kreis Oldenburg; Grömitzer Siel, Blick vom Deichsiel auf das Schöpfwerk (1934) mit Stauraum
Aufn. KANNENBERG, 1959

Abb. 42.
DuEV Klostersee-Niederung, Kreis Oldenburg; Grömitzer Siel, Blick vom Vorstrandsiel auf Außenkanal und Deichsiel
Aufn. KANNENBERG, 1959

Abb. 43.
DuEV Klostersee-Niederung, Kreis Oldenburg; Grömitzer Siel, Seitenansicht des betonierten Außenkanals mit Vorstrandsiel
Aufn. KANNENBERG, 1959

Auch nach dem ersten Weltkrieg wurden noch mehrere Schöpfanlagen, die mit ihrem technischen Entwicklungsstand denen der vorhergehenden Zeit entsprachen, neu in Betrieb genommen. Daneben wurde an einigen Stellen bereits die Antriebskraft modernisiert. Die meisten dieser Maßnahmen lagen auch hier noch in privater Hand. Lediglich bei drei Verbandsgründungen der zwanziger Jahre wurden noch Schöpfanlagen von der alten Bauart errichtet, und zwar am Holnis-Noor (1925—1932), am Goossee (1925—1948) und bei Rettin (1929—1946).

Tabelle 9
Neuerrichtete private Schöpfanlagen 1920—1940

Niederungsgebiet	Fläche	Art der Schöpfanlage	Betrieb seit (bis)
Waterneverstorf	rd. 180 ha	2 Windmotore mit Schnecke	1921
Oehe-Nord	rd. 100 ha	1 Windmotor mit Schnecke	1923—1944
Nördliche Seeniederung	rd. 280 ha	1 Dieselmotor mit Schnecke	1924—1930
Alt-Bülk	rd. 50 ha	1 Windmotor mit Schnecke	1932—1940
Grube, Matzenkoog	rd. 130 ha	1 Windmotor mit Schnecke	1934

Mit der Errichtung des Schöpfwerks der Probsteier Niederung begann im Jahre 1920 die neue Entwicklung der Schöpfwerkentwässerung in den Niederungsgebieten. Zuerst, während der zwanziger Jahre, war diese Entwicklung noch zögernd; erst 1928 folgten die nächsten Betriebsaufnahmen von Schöpfwerken bei Dahme und Beveroe. Aber seit 1930 machte die Verbreitung der Schöpfwerkentwässerung schnelle Fortschritte und wurde nur während des zweiten Weltkrieges gehemmt.

Die allmähliche Zunahme von Schöpfwerken ist aus der Zusammenstellung in Tabelle 10 ersichtlich.

Nach dem letzten Kriege wurden an mehreren Stellen, an denen noch keine Verbände bestanden oder noch keine systematischen Entwässerungsmaßnahmen durchgeführt waren, private Schöpfwerke errichtet, und zwar bei Flügge/Fehmarn (Teichwirtschaft), am Gammendorfer Strand in der nördlichen Seeniederung, bei Haßberg in der Waterneverstorfer Niederung und bei Karlsminde in der Aassee-Niederung an der Eckernförder Bucht.

Im Küstenbereich zwischen Kiel und Flensburg (Bezirk WWA Schleswig) haben rund 965 ha und im Küstenbereich zwischen Kiel und Travemünde (Bezirk WWA Lübeck) rund 6320 ha Niederungsflächen Vorteil von der Schöpfentwässerung. Insgesamt werden zur Zeit in den schleswig-holsteinischen Ostseeküstenniederungen rund 7300 ha durch Verbandsschöpfwerke entwässert. Wenn hierzu noch die Privatschöpfwerke gerechnet werden, soweit sie nicht der Teichwirtschaft dienen, so ergibt sich in den Niederungen eine durch Schöpfwerke entwässerte Fläche von rund 7500 ha.

f. Folgeerscheinungen der Schöpfentwässerung

Mit der Einführung der Schöpfentwässerung sind infolge des scharfen Eingriffs in die natürlichen Verhältnisse verschiedene, z. T. folgenschwere Vorgänge verbunden. Unter diesen Folgeerscheinungen sind vor allem die Setzungen des entwässerten Bodens und die Änderungen des Kleinklimas, d. h. des Klimas der bodennahen Luftschicht, zu erwähnen. Die Bodensetzung ist ein Zusammensinken des Bodens unter seiner eigenen Last. Sie wird durch eine Senkung des Grundwasserspiegels hervorgerufen. Der Betrag der Bodensetzung ist von folgenden Faktoren abhängig:

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

1. dem Betrag der Wasserspiegelsenkung,
2. der Mächtigkeit der Bodenschicht, die der Setzung unterliegt,
3. der Zusammendrückbarkeit des Bodens.

Unter den verschiedenen Bodenarten ist die Zusammendrückbarkeit des Moorbodens am größten. Da große Flächen der Niederungsgebiete von Moorböden gebildet werden, spielt die Setzung bei Entwässerungsmaßnahmen eine entscheidende Rolle.

Die Möglichkeit von Bodensetzungen ist in früheren Jahrzehnten bei der Planung und Ausführung von wasserwirtschaftlichen Maßnahmen zu wenig berücksichtigt worden, so daß verschiedene Meliorationsunternehmen mit Schöpfentwässerung weitere schärfere Eingriffe in den ursprünglichen Zustand nach sich zogen. Das eindrucksvollste Beispiel für derartige Vorgänge lieferte die Grube-Wesseker Niederung seit den ersten Entwässerungsmaßnahmen in den Jahren 1927—1928. Hier traten in Gebieten aus reinem Niederungsmoor innerhalb von zehn Jahren Setzungen bis zu 50 und 60 cm auf.

Tabelle 10
Zeitliche Entwicklung der Inbetriebnahme von Schöpfwerken[28])

Jahr	Verband	Standort	Leistung	Pumpenart	Antrieb
1920	DuEV Probstei	Barsbeker Siel	2 000 l/s	1 Kr.	D+
1928	DuEV Grube-Wessek	Dahmer Siel	9 000 l/s	3 Kr.	E
1928	WuBV Beveroe	Goldhöftberg	660 l/s	2 Schr.	D
1929	DuEV Probstei	Barsbeker Siel	2 000 l/s	1 Prop.	D+
1929	DuEV Probstei	Stakendorf-Siel	250 l/s	1 Kr.	E
1930	WuBV Kl. Noor	Grahlenstein	275 l/s	2 Prop.	E
1931	WuBV Pottloch-Kronsg.	Pottloch	240 l/s	1 Prop.	E
1932	DuEV Süssau	Süssau-Strand	270 l/s	1 Schr.	D
1932	WuBV Holnis-Noor	Holnis-Noor	520 l/s	2 Prop.	E
1933	WuBV Dahmer Moor	Dahmeshöved	130 l/s	1 Prop.	D+
1933	WuBV Klostersee	Klostersee-Siel	1 100 l/s	3 Kr.	D+
1934	DuEV Klostersee-N.	Grömitzer Siel	2 000 l/s	1 Schr.	D+
1935	WuBV Schleibek	Weidefeld	1 000 l/s	1 Prop.	E
1937	WuBV Beveroe	Gammeldamm	65 l/s	1 Prop.	D
1938	DuEV Grube-Wessek	Grubersee-Koog	350 l/s	2 Schr.	E
1939	DuEV Grube-Wessek	Feddersen-Koog	210 l/s	2 Prop.	E
1939	WuBV Ostsee	Haffkrug	330 l/s	2 Prop.	E
1940	DuEV Grube-Wessek	Weißenhaus	3 000 l/s	2 Schr.	E
1942	WuBV Beveroe	Goldhöftberg II	550 l/s	1	E
1944	DuEV Burg/Fehmarn	Burgstaaken	740 l/s	2 Prop.	E
1946	DuEV Probstei	Kalifornien	400 l/s	1 Schr.	E
1946	WuBV Rettin	Rettin-Strand	400 l/s	1 Prop.	E
1948	WuBV Goossee	Altenhof-Bhf.	1 250 l/s	2 Prop.	E
1950	WuBV Alt-Bülk	Bülk-Leuchtturm	205 l/s	2 Prop.	E
1951	WuBV Schleibek	Weidefeld	300 l/s	1 Prop.	E
1951	DuEV Waterneverstorf	Neudorf	100 l/s	1 Prop.	E
1952	DuEV Waterneverstorf	Deichkamp	130 l/s	1 Prop.	E
1954	WuBV Oehe	Maasholm	480 l/s	2 Prop.	E
1955	DuEV Presen	Presen-Strand	1 600 l/s	3 Prop.	E
1958	WuBV Oehe	Wormshöft	480 l/s	2 Prop.	E

[28]) Erklärung der Abkürzungen:

Pumpenart:
Kr. = Kreiselpumpe
Prop. = Propellerpumpe
Schr. = Schraubenschaufler

Antrieb:
D = Dieselmotor
D+ = spätere Umstellung von D auf E
E = Elektromotor

Besondere technische Schwierigkeiten entstehen dann, wenn gleichzeitig mit der Einführung der Schöpfentwässerung eingedämmte Randkanäle und Binnendeiche innerhalb der Niederungen angelegt werden müssen. Neben den Setzungen durch die tiefere Entwässerung macht sich dann noch zusätzlich eine Setzung durch die vermehrte Belastung des Bodens bemerkbar, abgesehen von den Eigensetzungen der geschütteten Dammkörper. Dammbrüche an Randkanälen und Binnendeichen waren eine häufige und unangenehme Begleiterscheinung derartiger Anlagen in den ersten Jahren ihres Bestehens, vor allem am Randkanal der Klostersee-Niederung und an den Binnendeichen der Köge in der Grube-Wesseker Niederung.

Eine Untersuchung über die Änderung des Kleinklimas durch Trockenlegungen oder Wasserspiegelabsenkungen innerhalb der Niederungen ist bisher nicht vorgenommen worden, obwohl das Klima der bodennahen Luftschicht für die Bewirtschaftung der Niederungsflächen von großer Bedeutung ist. Da die bodennahe Luftschicht für das Pflanzenleben eine große Rolle spielt und das Wasser infolge seiner hohen Wärmekapazität eine erhebliche Bedeutung für den Temperaturausgleich besitzt, kann eine Senkung des Wasserspiegels oder sogar eine Trockenlegung größere Änderungen der Bedingungen für den Pflanzenwuchs sowie der phänologischen Verhältnisse (Vegetationsperiode) der näheren Umgebung mit sich bringen.

Im allgemeinen mindert das Wasser in den Übergangsjahreszeiten die Bodenfrostgefahr, aber andrerseits kann es im Frühjahr auch die Vegetationsentwicklung verzögern. Aus letzterem Grunde ist man beispielsweise in der nördlichen Seeniederung auf Fehmarn neuerdings bestrebt, wenigstens eine teilweise Schöpfentwässerung einzurichten, um den Wasserspiegel der Niederung ab Mitte März für zwei Monate soweit zu senken, daß die Vegetationsentwicklung hier etwa vier Wochen eher einsetzen kann. Die Gefahr, daß eine Absenkung des Grundwasserspiegels die Neigung zu Bodenfrösten steigert, wird noch durch die in den Niederungen in großem Umfang vorhandenen Moorböden verstärkt, da sie infolge ihrer gegenüber den Mineralböden wesentlich geringeren Wärmespeicherfähigkeit erhöht frostgefährdet sind. Entwässerte Moorböden gehören daher zu den „schlimmsten Frostlöchern". Derartige Gefahren kleinklimatisch ungünstiger Einflüsse können zudem noch durch Binnendeiche gefördert werden, welche die Bildung von sogenannten „Kälteseen" sehr begünstigen, weil der Kaltluft „Abflußwege" versperrt werden.

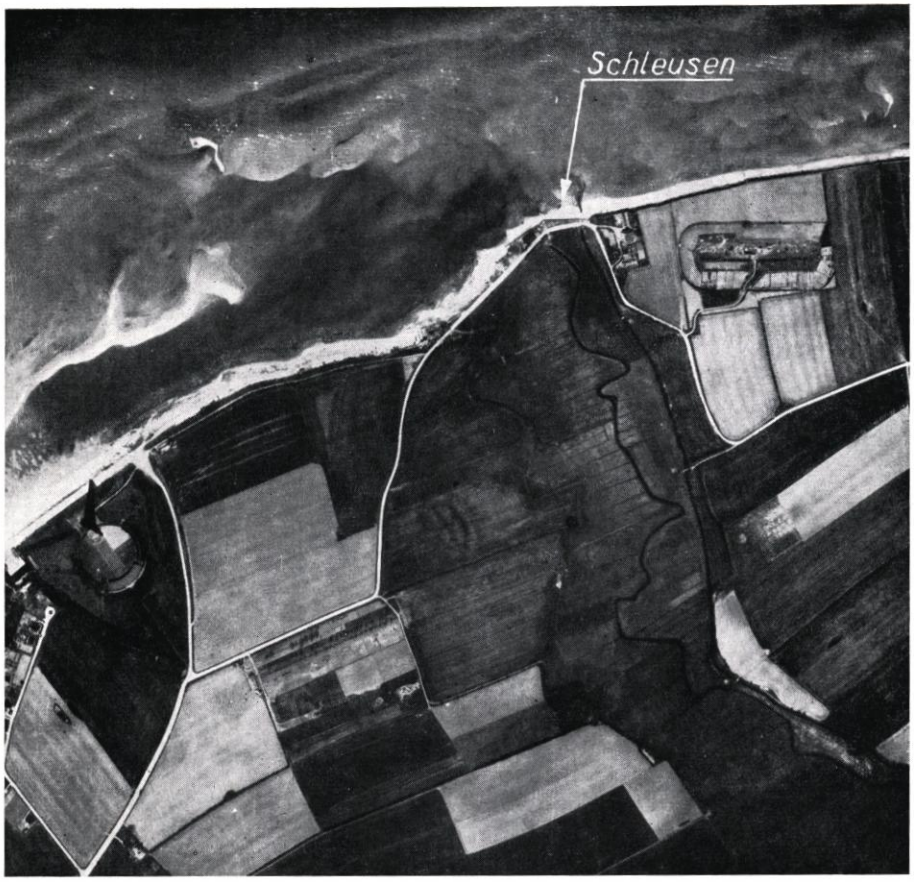
4. Anlage von Randkanälen

Randkanäle werden in den Niederungen zur Fernhaltung von Fremdwasserzuflüssen bzw. deren Ableitung angelegt. In erster Linie wurden Randkanäle in solchen Niederungen angelegt, die gleichzeitig durch Schöpfwerke entwässert werden sollten, damit lediglich das Niederungswasser gepumpt zu werden brauchte und die Betriebskosten eingeschränkt werden konnten.

In zwei Niederungen wurden jedoch Randkanäle angelegt, ohne daß eine gleichzeitige Schöpfentwässerung dazu Veranlassung gab. Dies war vor allem bei der Regulierung der Hagener Au kurz vor ihrer Einmündung in die Kieler Förde bei Laboe im Jahre 1902 der Fall. Hier wurde das Fremdwasser eines 124 qkm großen Einzugsgebietes vom Durchfluß durch das nur 48 ha umfassende Niederungsgebiet mit Hilfe eines Randkanals seitlich abgeleitet (vgl. Abb. 44).

Die erste Randkanalanlage, die zugleich wegen ihres Verlaufs eine einmalige Sonderstellung in den Niederungen an der Ostseeküste einnimmt, ist der um den Klostersee bei dessen Trockenlegung im Jahre 1862 hergestellte, rund 8 km lange Ringkanal. Er hatte das Wasser des gesamten 52,4 qkm großen Einzugsgebietes, für das der Klostersee den Vorfluter

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152



Aufn. Plan und Karte G.m.b.H., Münster/Westf.
Freigegeben: Reg. Präsident Münster/Westf. Nr. PK 1295 — 11. III. 1959

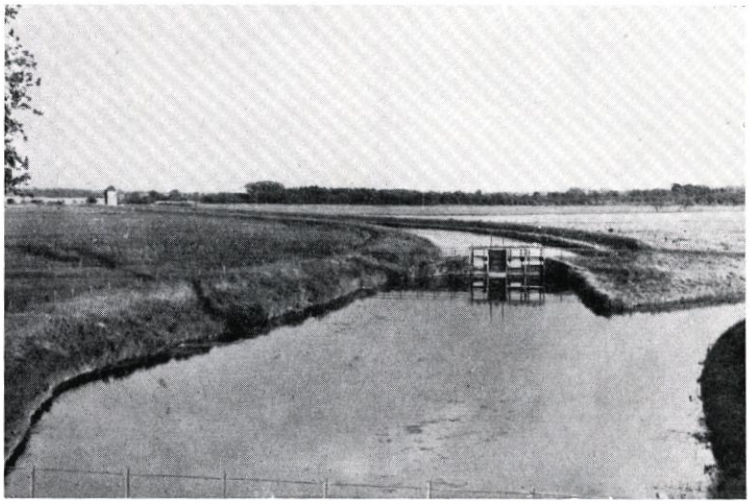
Abb. 44. Luftbild vom Küstenabschnitt der Hagener Au-Mündung (WuBV), Kieler Förde, Kreis Plön; rechts vom gekrümmten Lauf der Hagener Au der Randkanal, gans links das Marine-Ehrenmal Laboe, rechts der Sielanlagen das Steilufer von Stein

bildete, aufzunehmen (vgl. Abb. 4). — Weitere Randkanäle wurden vor dem ersten Weltkrieg am Oeher Noor (1896) und am Beveroer Noor (1902) angelegt.

Die späteren Randkanalbauten erfolgten im Zusammenhang mit Verbandsgründungen oder mit Entwässerungsmaßnahmen in den alten Deichverbänden, und zwar am Holnis-Noor (1925), in der Grube-Wesseker Niederung (1927) (vgl. Abb. 45), in der Klostersee-Randniederung (1934), in den Haffwiesen bei Scharbeutz (1939) und bei Alt-Bülk (1951). Auf die bei den Randkanalanlagen im Zusammenhang mit der Bodensetzung entstandenen Schwierigkeiten ist bereits hingewiesen worden.

VII. Zusammenfassung

Die Niederungsgebiete der schleswig-holsteinischen Ostseeküste sind am Ende der postglazialen Meerestransgression vor etwa 3000 bis 4000 Jahren entstanden. Sie sind in ihrer heutigen Ausdehnung nur noch Restteile von einst größeren Niederungen. Im Ablauf der



Aufn. WOHLENBERG, 1959

Abb. 45. DuEV Grube-Wessek, Kreis Oldenburg; Niederungsteil bei Weißenhaus an der Hohwachter Bucht; Blick vom Deichsiel auf den bedeichten Hauptvorfluter (Oldenburger Graben), rechts Einmündung des Randkanals von Johannisdorf-Ehlersdorf, im Hintergrund das Schöpfwerk

Küstenentwicklung stellt die derzeitige Küste nur einen Zwischenzustand dar. Die Niederungen können daher noch weitere Flächenverluste erfahren.

In den meisten Niederungsgebieten sind im Laufe der letzten achtzig Jahre Deich- oder Wasser- und Bodenverbände entstanden. Sie haben die Unterhaltung der Hochwasserschutz- und Uferschutzanlagen sowie der Entwässerungsanlagen und deren Betrieb sicherzustellen. Von rund 20 000 ha Niederungsflächen sind etwa 18 250 ha in Verbänden zusammengefaßt. Die hauptsächliche Nutzungsart ist das Grünland.

Strandwälle oder Dünen bildeten vor dem Eingreifen des Menschen einen natürlichen aber unzureichenden Hochwasserschutz. Erst durch die nach der Hochwasserkatastrophe von 1872 vorgenommenen Eindeichungen erhielten die meisten Niederungen einen wesentlich verbesserten Hochwasserschutz. Die Deiche wurden 1874—1882 wegen der schlechten Erfahrungen mit der Veränderlichkeit der Strandwälle nicht auf diesen, sondern in deren Schutz errichtet. Niederungsflächen von 14 600 ha fanden hinter derartig angelegten Deichen von 70 km Länge Schutz.

Bei allen späteren Deichbaumaßnahmen handelte es sich vorwiegend um eine Verstärkung und Erhöhung der vorhandenen Strandwälle durch Aufsetzen einer Deichkappe. Diese Art des Hochwasserschutzes war nur von geringem Erfolg und erforderte wegen des fehlenden Deichvorlandes zunehmend kostspielige Uferschutzmaßnahmen. Die wesentliche Funktion des Deichvorlandes besteht darin, daß sich in diesem freien Spielraum die natürliche Umlagerung und Gestaltung der Strandwälle und des Strandes vollzieht.

Neuerdings haben sich nachteilige Folgen für die Erhaltung des Deichvorlandes infolge seiner zunehmenden Nutzung für den Seebadebetrieb durch die Anlage von Strandpromenaden und die daran anschließende Strandbebauung sowie durch Campingplätze eingestellt.

Auch die Deiche an der Ostseeküste dienen nicht nur dem Schutz von landwirtschaftlichen Nutzflächen, sondern ebenso von Siedlungen. Ihre maximale Höhe von + 4 m NN ist jedoch für das HHW von 1872 mit Wasserständen von allgemein mehr als + 3 m NN wegen zu geringer Bemessung des Zuschlags für den Wellenauflauf nicht überall ausreichend.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Die natürliche Entwässerung der Niederungen wurde durch die Strandwälle und die Sandwanderung stark gehemmt. Bei der Eindeichung mußte infolge der Sandwanderung eine Zweiteilung der Sielbauwerke in Deichsiel und Vorstrandsiel vorgenommen werden.

Erste umfassende Entwässerungsmaßnahmen in den alten Deichverbänden waren allgemein nach 30—50jährigem Bestehen infolge zunehmender Versumpfung notwendig. Die Einführung der Schöpfentwässerung erfolgte jedoch schon wesentlich früher bei der Trockenlegung von seichten Gewässern. Die moderne Entwicklung der Schöpfentwässerung setzte seit 1920 mit dem Bau von Verbandsschöpfwerken ein, die mit Diesel- bzw. Elektromotoren und Pumpen ausgerüstet wurden. Vorher fanden fast nur Windmotoren und Wasserschnecken für den Schöpfbetrieb Verwendung. Heute werden rund 7500 ha Niederungsflächen durch Schöpfwerke entwässert.

Die Einführung der Schöpfentwässerung hatte infolge der Änderungen des natürlichen Verhältnisses zwischen Wasser und Boden im allgemeinen Bodensetzungen zur Folge. Außerdem ist mit einer ungünstigen Beeinflussung des Klimas der bodennahen Luftschicht zu rechnen.

VIII. Schriftenverzeichnis

Baensch: Die Sturmflut vom 12./13. Nov. 1872 an den Ostseeküsten des Preußischen Staates. Z. Bauwesen, Jg. 25, Sp. 155—220, Berlin 1875.

Brand, G.: Neuzeitliche Veränderungen der Ostseeküste vor der Kolberger Heide (Kieler Bucht). Meyniana, Bd. 4, S. 112—116, Kiel 1955.

Breckwoldt, J.: Die hydrographischen Veränderungen in Schleswig-Holstein. Schr. Naturwiss. Ver. Schlesw.-Holst., Bd. 16, H. 1, S. 44—164, Kiel 1914.

Düring, K.: Das Siedlungsbild der Insel Fehmarn. Forschgen zur Deutsch. Landes- u. Volkskde, Bd. 32, H. 1, Stuttgart 1937.

Fischer, O.: Landgewinnung und Landerhaltung in Schleswig-Holstein. Das Wasserwesen an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste, 3. Teil: Das Festland, Band 1: Sonderprobleme des Küstenraumes. Berlin 1955.

Gaye, J.: Wasserstandsänderungen in der Ostsee in den letzten 100 Jahren. Schr. Naturwiss. Ver. Schlesw.-Holst., Bd. 25, S. 196—203, Kiel 1951.

Gaye, J.: Die deutsche Küstenforschung und der Seewasserbau. Die Küste 3, H. 1/2, S. 13—17, Heide 1955.

Gudme: Wendtorfer und Wischer Hafdeich. Neues Staatsbürgerl. Mag., Bd. 2, S. 884—889, Schleswig 1834.

Hintz, R. A.: Die Entwicklung der Schleimündung. Meyniana, Bd. 4, S. 66—77, Kiel 1955.

Hundt, C.: Maßgebende Sturmfluthöhen für das Deichbestick der schleswig-holsteinischen Westküste. Die Küste 3, H. 1/2, S. 96—152, Heide 1955.

Jensen, H. N. A.: Angeln, zunächst für die Angler. Flensburg 1844.

Kannenberg, E. G.: Die Steilufer der schleswig-holsteinischen Ostseeküste. Schr. Geogr. Inst. Univ. Kiel, Bd. 14, H. 1, Kiel 1951.

Kannenberg, E. G.: Deiche und Entwässerungsanlagen an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste vor 1872. Die Heimat, Jg. 62, H. 3, S. 49—53, Neumünster 1955.

Kannenberg, E. G.: Extrem-Wasserstände an der deutschen Beltseeküste im Zeitraum 1901 bis 1954. Schr. Naturwiss. Ver. Schlesw.-Holst., Bd. 28, H. 1, S. 3—16, Kiel 1956.

Köster, R.: Die Morphologie der Strandwall-Landschaften und die erdgeschichtliche Entwicklung der Küsten Ostwagriens und Fehmarns. Meyniana, Bd. 4, S. 52—65, Kiel 1955.

Köster, R.: Die Küsten der Flensburger Förde. Schr. Naturwiss. Ver. Schlesw.-Holst., Bd. 29, H. 1, S. 5—18, Kiel 1958.

Kres, J.: Deutsche Küstenflüsse. Berlin 1911.

Magens, C.: Küstenforschungen im Raum Fehmarn-Nordwagrien. Die Küste 6, H. 1, S. 4—39, Heide 1957.

Martens, P.: Morphologie der schleswig-holsteinischen Ostseeküste. Veröff. Schlesw.-Holst. Univ. Ges. Nr. 7, Breslau 1927.

Oldekop, H.: Topographie des Herzogtums Schleswig. Kiel 1906.

Oldekop, H.: Topographie des Herzogtums Holstein. Kiel 1908.

Petersen, M.: Abbruch und Schutz der Steilufer an der Ostseeküste. Die Küste 1, H. 2, S. 100—152, Heide 1952.

Petersen, M.: Der Buphever-Koog auf der nordfriesischen Insel Pellworm. Wasser u. Boden, Jg. 6, H. 9, S. 287—295, Hamburg 1954.

Petersen, M.: Über die Grundlagen zur Bemessung der schleswig-holsteinischen Landesschutzdeiche. Die Küste 3, H. 1/2, S. 153—180, Heide 1955.

Reher: 50 Jahre Ostseebad Dahme. Neustadt/Holstein 1931.

Runde: Deichanlagen an der Ostsee in der Provinz Schleswig-Holstein. Ztschr. Arch. u. Ing.Ver. Hannover, Bd. 29, H. 6, Hannover 1883.

Schmitz, H.: Der zeitliche Verlauf der postglazialen Transgression an der holsteinischen Ostseeküste. Mitt. Geol. Staatsinst. Hamburg, H. 23, S. 150—155, Hamburg 1954.

Schröder, J. v.: Topographie des Herzogthums Schleswig. Schleswig 1837.

Schröder, J. v. u. Biernatzki: Topographie der Herzogthümer Holstein und Lauenburg. Oldenburg/Holst. 1855/56.

Tapfer, E.: Meeresgeschichte der Kieler und Lübecker Bucht im Postglazial. Geol. Meere u. Binnengewässer, Bd. 4, S. 113—244, Berlin 1940.

Wiese: Die Probsteier Salzwiesen-Niederung, deren Eindeichung und Entwässerung. In Clasen: Die Probstei in Wort und Bild. Schönberg/Holst. 1898.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Die Strandaufspülung Norderney 1951-1952 und ein Plan zu ihrer Fortführung

Von Johann Kramer

I. Einführung 107
II. Die Strandaufspülung 1951—1952 110
1. Schätzung der erforderlichen Sandmengen und technische Durchführung . . . 110
2. Strandentwicklung nach der Aufspülung 114
3. Ergebnisse der Strandaufspülung 1951—1952 120
III. Plan einer fortlaufenden Strandaufspülung 129
1. Ergänzung des ungenügenden natürlichen durch künstlichen Sandtransport . . 129
2. Fördermengen und Sandentnahme 132
3. Stellungnahme der Arbeitsgruppe Norderney zum Plan einer jährlichen Sandaufspülung 136
IV. Zusammenfassung und Schlußbetrachtung 137
V. Schriftenverzeichnis 138

I. Einführung

Seitdem begonnen wurde, die dem Angriff der See stark ausgesetzte Insel Norderney (Abb. 1) vor weiterem Abbruch zu bewahren, sind dort ausgedehnte Inselschutzwerke entstanden, die mit umfangreichen Planungen verbunden waren. Vor ungefähr hundert Jahren mußte die weitere Abnahme des Strandes und die Zerstörung der Dünenkette verhindert werden, in deren Schutz sich der Badeort Norderney seit Anfang des 19. Jahrhunderts entwickelt hatte. Das erste Dünenschutzwerk von rund 900 m Länge, das in den Jahren 1857 und 1858 um die Westspitze der Insel gelegt worden war, mußte im Laufe der Zeit mehrmals verlängert werden. Davor wurden Buhnen gebaut, um den Strand zu erhalten und zu verhindern, daß sich Längspriele bildeten, welche die Standfestigkeit des Deckwerkes gefährdet hätten. Nachdem um 1900 einige Buhnen mit weit vorgeschobenen Köpfen an der Westspitze der Insel zu sogenannten Unterwasserbuhnen ausgebaut worden waren, die den weiteren Abbruch des Inselsockels unterhalb NN —4,0 m (Abb. 2) durch das sich ostwärts verlagernde Seegat verhinderten, konnte man im Laufe der letzten Jahrzehnte erkennen, daß auf die Dauer ein ausreichender Inselschutz allein durch Deckwerke und Buhnen nicht zu erreichen sein würde. Nach wie vor nahm der Strand (Vorstrand, nasser und trockener Strand) oberhalb des Inselsockels bis zum Deckwerksfuß ständig an Breite und Höhe ab. Deshalb wurden in den dreißiger Jahren die ersten größeren Untersuchungen begonnen, um die Ursachen des Strandabbruchs zu erkennen und Grundlagen für weitere Planungen zur Inselsicherung zu schaffen. Das Ergebnis waren verschiedene Vorschläge, die darauf zielten, die ungünstigen Wirkungen der Naturkräfte oder ihre Ursache zu beseitigen. Die entworfenen Lösungen wurden gutachtlich behandelt und im Modell überprüft, ohne daß jedoch bis zum Jahre 1939 die bestehenden Inselschutzwerke durch eine größere Baumaßnahme erweitert werden konnten. An den Buhnen und Deckwerken traten in den Nachkriegsjahren erhebliche Schäden ein, deren Entstehung infolge der mangelnden Unterhaltung während der Kriegsjahre und nachher sowie durch die weitere Abnahme des Strandes begünstigt worden war. Sie gaben den Anlaß, daß von der Forschungsstelle Norderney die Untersuchungen mit der Zielsetzung, Planungen für eine Inselschutzmaßnahme von längerer und möglichst dauernder Wirksamkeit zu gewinnen, im Jahre 1949 verstärkt wieder aufgenommen wurden. Das Ergebnis

Aufnahme Plan u. Karte, Münster/W.

Abb. 1. Luftbild des Westteiles der Insel Norderney 1951 mit Riffgürtel, Ostende von Juist und Watten

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

dieser Arbeiten war schließlich die Wiederinstandsetzung der Inselschutzwerke und deren Verlängerung nach Osten während der Jahre 1949 bis 1954. Nunmehr sind ein Dünendeckwerk und um den ehemaligen Flugplatz eine senkrechte Uferwand von zusammen rund 6 km Länge vorhanden, vor denen sich 32 Buhnen in die See hinaus erstrecken. Der Bau der Schutzwerke — von Beginn bis zum gegenwärtigen Stand — und ihre konstruktive Gestaltung sind von PEPER (1955/56) beschrieben worden.

Zum Bericht über die Untersuchungen des Jahres 1949 (gekürzt veröffentlicht von THILO und KURZAK 1952) wurde von der Arbeitsgruppe Norderney des Küstenausschusses Nord- und Ostsee gutachtlich Stellung genommen (ARBEITSGRUPPE 1952) und die darin enthaltenen Vorschläge zum Schutz der Insel behandelt. Darüber hinaus wurde von den Gutachtern als beste Sicherung für die bestehenden Schutzwerke und damit für die Insel, die am schnellsten, sichersten und mit den geringsten Kosten ausführbar sei, empfohlen, durch Aufspülung von Sand den Strand künstlich wiederherzustellen. Die aus dem tiefliegenden Strand herausstehenden Buhnen und Deckwerke würden hierdurch mit Sand eingedeckt werden. Außerdem würde eine Aufspülung zeitweise zu einem

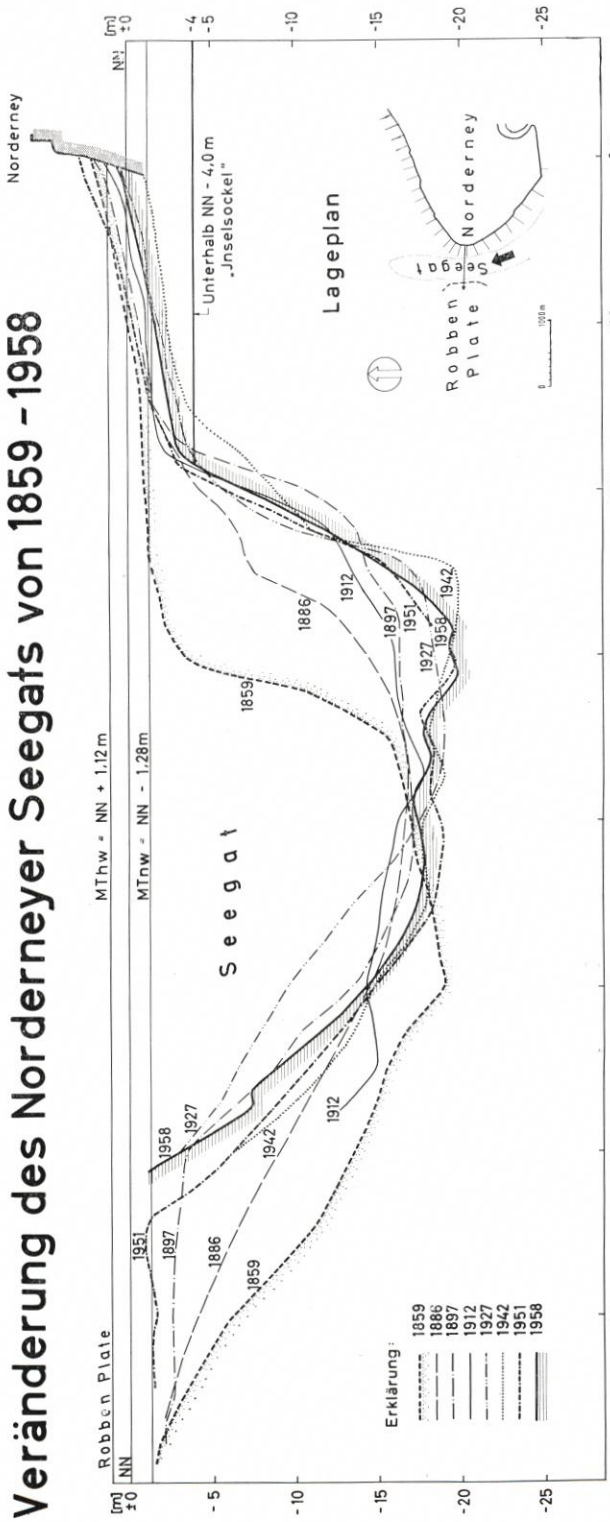


Abb. 2. Veränderungen des östlichen Teiles des Norderneyer Seegats (Hauptstromrinne) von 1859 bis 1958

hochwasserfreien Strand am Westende der Insel führen und damit gleichzeitig die Existenzgrundlage des Badeortes Norderney verbessern.

Seit der Aufspülung, die entsprechend den im Gutachten enthaltenen Vorschlägen in den Jahren 1951—1952 ausgeführt wurde, und auch seit dem Bau neuer Deckwerke und Buhnen von 1949 bis 1954 ist eine Reihe von Jahren vergangen, während der die Veränderungen des Strandes beobachtet werden konnten. Anhand dieser Beobachtungen ist es nunmehr möglich, das Ergebnis der Strandaufspülung zu beurteilen. Dagegen wird über den Erfolg der Verlängerung der Strandschutzwerke wegen der kurzen Zeitspanne erst in späteren Jahren ein vollständiges Urteil abgegeben werden können, zumal in der Zwischenzeit diesem Strandbereich aus dem Riffbogen heraus größere Sandmengen zugeführt worden sind, welche die Wirkung der Buhnen auf den Strand überdecken.

Außerdem konnten die vergangenen Jahre wiederum genutzt werden, um die Erkenntnisse über das Problem des Inselschutzes von Norderney weiter zu vertiefen und nach einer — auch wirtschaftlich tragbaren — Maßnahme zu suchen, durch die der Strand der Insel Norderney vor weiterem Abbruch bewahrt und im begrenzten Umfange wiederhergestellt werden kann.

II. Die Strandaufspülung 1951—1952

1. Schätzung der erforderlichen Sandmengen und technische Durchführung

Mit der Strandaufspülung Norderney wurde von der bisherigen „klassischen Bauweise" des Inselschutzes mit Deckwerken und Buhnen abgewichen. Der Plan einer Aufspülung war, zum Teil auch für Fachkreise, zunächst ungewöhnlich. Vor allem bestanden hinsichtlich der Funktion der Aufspülung, die ausschließlich die Sandverluste am Strande, die in der vorhergehenden Zeit eingetreten waren, ausgleichen sollte, erhebliche Unklarheiten. Der Aufspülung wurde von vornherein nur eine begrenzte Lebensdauer zugesprochen, da sie den herrschenden Naturkräften unterworfen war und nur deren Wirkungen ausgleichen, aber nicht deren Ursachen verhindern oder beseitigen konnte. Wesentlich erschien den Gutachtern auch, daß eine Aufspülung kein Hindernis für andere spätere Maßnahmen darstellte.

Erfahrungen über die künstliche Aufhöhung von Inselstränden an der deutschen Küste lagen derzeit nicht vor, wie auch solche des Auslandes, wo man bereits seit etwa zehn Jahren Strände aufgespült hatte, hier unbekannt waren. Die Erfahrungen mit den seit etwa 1930 an der Weser und Elbe ausgeführten Ufervorspülungen konnten nur für die Technik der Spülung herangezogen werden.

Um die für die Auffüllung des Strandes notwendige Sandmenge errechnen zu können, wurden die Jahresreihen 1897—1950 der Strandvermessungen ausgewertet, die zwar nicht vollständig, doch, um die Sandmenge zu bestimmen, ausreichend vorhanden waren. Der zeitliche Beginn lag so, daß die am Weststrand hergestellten Unterwasserbuhnen bereits wirksam waren, indem sie den weiteren Abtrag des Inselsockels verhinderten, so daß man sich auf die Veränderungen oberhalb — 5,0 m NN (im Gutachten — 3,50 m SKN, bezogen auf MSpTnw = — 1,50 m NN, festgesetzt durch das Deutsche Hydrographische Institut 1949) und bei geringeren Tiefen auf den Bereich oberhalb der größten vorhandenen Tiefen beschränkte. Die Sandmengenänderungen wurden im Gutachten (Arbeitsgruppe 1952) für fünf Strandabschnitte A bis E (Abb. 3) berechnet, in denen ein unterschiedliches Verhalten erkennbar war. Da ab 1930 Vermessungen für alle Strandabschnitte vorliegen, konnte für den Zeitraum 1930—1950 eine Gesamtbilanz gezogen werden (s. folgende Tabelle):

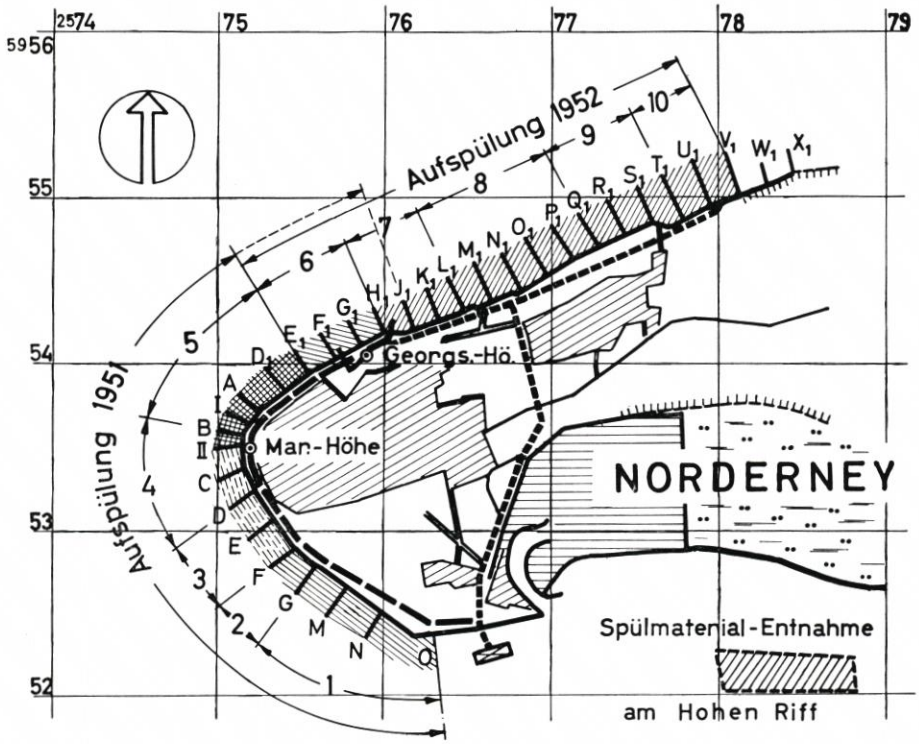


Abb. 3. Aufspülung 1951—1952. Lageplan der Sandentnahme, des Spülers und der Spülrohrleitungen sowie Einteilung der Strandabschnitte

Veränderungen 1930—1950

Abschnitt A	Zunahme	114 000 m³
Abschnitt B	Abnahme	6 000 m³
Abschnitt C	Abnahme	17 000 m³
Abschnitt D	Abnahme	245 000 m³
Abschnitt E	Abnahme	923 000 m³
	Abnahme	1 191 000 m³

Von der gesamten Strandstrecke waren somit von 1930 bis 1950 oberhalb — 5,0 m NN 1 191 000 — 114 000 = 1 077 000 m³ abgetragen worden.

Der jährliche Sandverlust nach Wiederherstellung eines hochwasserfreien Strandes wurde im Gutachten in den Abschnitten A bis E auf 0 + 5 000 + 15 000 + 16 000 + 54 000 =

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

90 000 m³ geschätzt, wovon 36 000 m³ auf die Strandabschnitte A bis D entfielen. Für den Abschnitt E, wo die weitere Entwicklung infolge des dort gleichfalls empfohlenen Baues von Buhnen am wenigsten zu übersehen war, wurde ein jährlicher Verlust von 54 000 m³ angenommen. Es wurde kein Anzeichen dafür gesehen, daß sich der Sandverlust nach der Aufspülung wesentlich über dieses Maß hinaus steigern würde.

Der Strand sollte wieder in den Zustand versetzt werden, wie er um die Jahrhundertwende vorhanden war. Der hochwasserfreie Strand hatte damals eine durchschnittliche Breite von 40 m und eine mittlere Höhe von 1,5 m über MThw (MThw der Jahresreihe 1937—1955 = NN + 1,12 m). Die Böschungsneigung betrug oberhalb MThw 1 : 22 bis 1 : 35, verflachte sich im Bereich zwischen MThw und MTnw (MTnw der Jahresreihe 1937—1955 = NN — 1,28 m) auf 1 : 30 bis 1 : 50 und wurde unterhalb MTnw wieder steiler mit Neigungen bis zu 1 : 7, im Mittel etwa 1 : 20. Für die Ermittlung der aufzubringenden Sandmengen wurde oberhalb MTnw eine Böschung 1 : 30 und darunter von 1 : 20 zugrunde gelegt. Die Höhe der Aufspülung wurde mit + 0,9 m MThw in 25 m Breite angenommen, so daß sich mit der anschließenden Böschung 1 : 30 ein 52 m breiter hochwasserfreier Strand ergab.

Um den Strand in diesen Abmessungen wieder aufzufüllen, wurden als notwendige Sandmengen errechnet:

Abschnitt A mit	940 m Länge	109 680 m³
Abschnitt B mit	740 m Länge	133 130 m³
Abschnitt C mit	600 m Länge	209 900 m³
Abschnitt D mit	715 m Länge	267 450 m³
Abschnitt E mit	2 150 m Länge	519 100 m³
	Insgesamt:	1 239 260 m³

Ausgehend von rund $1{,}25 \cdot 10^6$ m³ mit einem Zuschlag von 25 % für Auflockerung bei Schutenmaß und für Verluste während des Spülens waren rund $1{,}55 \cdot 10^6$ m³ Sand zu baggern. Je nach der Spülweite wurden die Kosten mit 1,50 bis 2,00 DM/m³ (Preisstand 1950) geschätzt, so daß als Gesamtkosten der Aufspülung rund 2,8 Mill. DM angesetzt werden mußten.

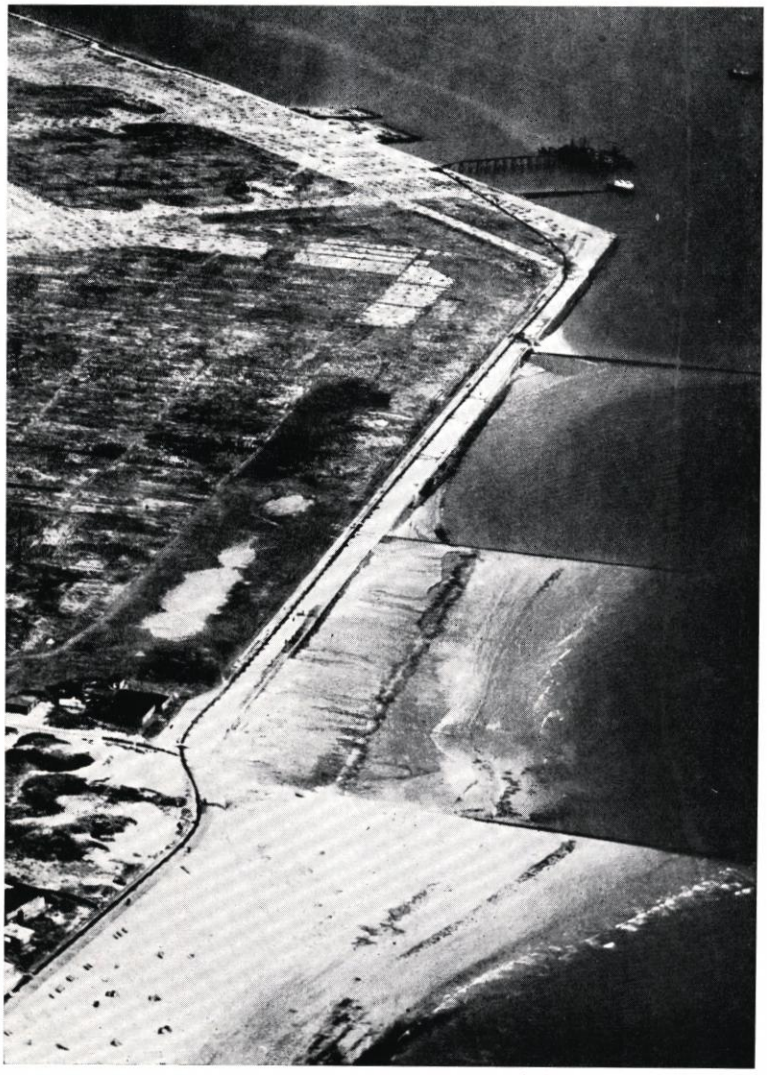
Auf die technische Durchführung der Strandaufspülung, die von Peper (1955/56) dargestellt worden ist, soll hier kurz der Vollständigkeit halber eingegangen werden. Sie wurde in zwei Jahren vorgenommen, zwischen Buhne O und J_1 wurde vom 25. 4. bis 28. 8. 1951 und zwischen Buhne E_1 und V_1 vom 13. 5. bis 15. 7. 1952 (Abb. 3) aufgespült. Im ersten Bauabschnitt führte die Rohrleitung auf der Strandmauer entlang und im zweiten Bauabschnitt quer über die Insel. Im Jahre 1951 wurden nach Schutenmaß 1 043 800 m³ und im Jahre 1952 772 700 m³ verspült. Die wöchentliche Höchstleistung betrug rund 100 000 m³.

Der Sand wurde mit zwei Eimerkettenbaggern südöstlich des Hafens, am Hang des Hohen Riffs, gebaggert und in Schuten zum Spüler transportiert. In einer Verdünnung von 1 Teil Sand auf 6 bis 7 Teile Wasser wurde der Sand vom Spüler (Abb. 4) angesaugt und durch eine Druckleitung aus Stahlrohren von 60 bis 70 cm Durchmesser verspült. Für die weitesten Entfernungen von rund 5 km mußten zwei Spüler hintereinander geschaltet werden, wodurch die Druckleistung des ersten Spülers von 4 auf 6 bis 7 Atmosphären erhöht werden konnte, um den Fließwiderstand in der Rohrleitung zu überwinden.

Für den Spülvorgang (Abb. 5) in den Buhnenfeldern war sehr bald die technisch günstigste Lösung gefunden. Von dem ursprünglichen Plan, vor dem Deckwerk einen horizontalen, hochwasserfreien Streifen mittels Spüldeichen und Spülbecken zu schaffen, wurde abgegangen, da die entstehende Kante sehr schnell von der Brandung zerstört war. Es wurde dann mit durchgehender Strandneigung aufgespült, wobei der hochwasserfreie Strand abschnittsweise entstand. Zu-

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

nächst ließ man das Sand-Wasser-Gemisch aus zwei Rohröffnungen von der Höhe der Wandelbahn aus in das Buhnenfeld abfließen. War die gewünschte Lage der Niedrigwasserlinie erreicht, so wurde eine Rieselleitung, die über die ganze Buhnenfeldbreite reichte, eingesetzt, um eine gleichmäßige Aufhöhung der Strandfläche oberhalb zu erhalten. Die Ausflußöffnungen der Riesel-



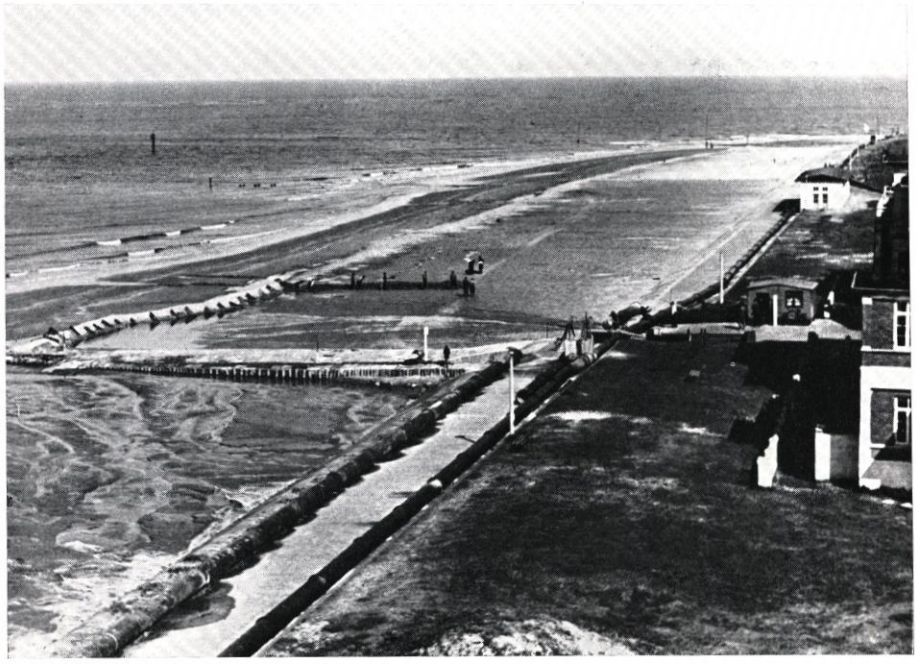
Aufnahme: PH. HOLZMANN AG

Abb. 4. Luftbild während der Aufspülung 1951 mit Spüler, Rohrleitung und Teil des bereits aufgespülten Südweststrandes, Blickrichtung nach Südosten

leitung, 0,30 m breit und 0,15 m hoch, waren in Abständen von etwa 2,50 m in den Rohren ausgeschnitten. Die Rieselleitung wurde einige Stunden vor Niedrigwasser abgeschaltet, um den Sand nicht unnötig in die Strömung vor dem Buhnenkopf zu leiten. In der Zwischenzeit konnten noch nicht aufgespülte Felder aus je zwei Rohröffnungen beschickt werden. Nach der Aufspülung war

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

zunächst ein rund 100 m breiter hochwasserfreier Strand geschaffen, der während des Sommers als Badestrand benutzt werden konnte, jedoch im unmittelbaren Einflußbereich des Seegats im folgenden Winter bereits verlorenging.



Arch. Aufn. Nr. 392, Forschungsstelle Norderney

Abb. 5. Aufnahme während der Aufspülung 1951 an der Westseite der Insel mit Buhne E, davor Rieselleitung in Betrieb, dahinter Spülung in Spülbecken mit Spüldeichen

2. Strandentwicklung nach der Aufspülung

Bereits vor der Aufspülung wurden zusätzliche Strandvermessungen und andere Beobachtungen begonnen und nachher in regelmäßigen Abständen wiederholt. Die Ergebnisse liegen für nunmehr acht und sieben Jahre — Stand vom Frühjahr 1959 — vor:

1. Nivellitische Vermessungen des Strandes oberhalb MTnw und Lotung des Vorstrandes unterhalb MTnw bis in die tiefe Rinne des Seegats oder — 5,0 m NN an der Nordwestseite der Insel. Die Vermessung des Vorstrandes bis zur Tiefenlinie — 5,0 m NN ist ausreichend, da der Inselsockel unterhalb — 4,0 m NN — durch Unterwasserbuhnen festgelegt — seit 1900 keine Veränderungen zeigt. Der Sand, welcher während der Aufspülung in den Bereich unterhalb dieser Tiefenlinie abfloß, wurde durch die Strömung des Seegats sofort weitertransportiert.
2. Jährliche fotografische Aufnahmen des aufgespülten Strandes in festgelegten Richtungen, die ein anschauliches Bild der Veränderungen geben.
3. Kornanalysen von Sandproben, die an der Baggerstelle und aus verschiedenen Buhnenfeldern unmittelbar nach der Aufspülung entnommen worden sind. Durch Wiederholung wurde die zeitliche Änderung der Kornzusammensetzung des auf den Strand gespülten Sandes bestimmt, der der Sortierung durch Brandung und Wind unterworfen ist.

Um die Strandveränderungen übersichtlich darstellen zu können, wurde der aufgespülte Bereich in Abschnitte mit gleichartiger Entwicklung zusammengefaßt, die sich abzeichneten,

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

nachdem die Profilaufnahmen mehrfach wiederholt worden waren. Im Sommer 1951 wurde in die Abschnitte 1 bis 6 (Abb. 3) und darüber hinaus in das Buhnenfeld H_1 — J_1 Sand verspült. Da jedoch im Abschnitt 6 während des Winters 1951/52 erhebliche Sandmengen verlorengingen, überwiegend durch Umlagerung in die östlich anschließenden, noch tief liegenden Buhnenfelder, wurde der Abschnitt 6 im Sommer 1952 erneut aufgespült. Als Gesamtmengen ergeben sich für den Bereich der Aufspülung 1951 (Abschnitte 1—5) und den Bereich der Aufspülung 1952 (Abschnitte 6—10):

Bereich Aufspülung 1951		Bereich Aufspülung 1952	
Spülsandmenge	1 043 800 m³	Spülsandmenge	772 700 m³
Abzügl. Abschnitt 6	263 400 m³	Zuzügl. Abschnitt 6	263 400 m³
Abzügl. Buhnenfeld H_1—J_1	19 100 m³	Zuzügl. Buhnenfeld H_1—J_1	19 100 m³
Gesamtmenge (Tab. I)	761 300 m³	Gesamtmenge (Tab. I)	1 055 200 m³

Anhand der jährlich vermessenen Strandprofile können durch Vergleich mit dem Ausgangszustand die aufgespülten Sandmengen und die Sandverluste berechnet werden, wozu im Mittel je Buhnenfeld vier Profile mit einem Abstand von rund 50 m verfügbar sind. Die Sandmengen ergeben sich, indem die Differenzflächen der zu vergleichenden Profile planimetriert und mit der zugehörigen Strandbreite multipliziert werden. Die Summierung ergibt die Menge je Buhnenfeld bzw. Abschnitt (Tabelle I). Nach oben werden die berechneten Volumen durch das Deckwerk und seitlich durch die Buhnen begrenzt. Die untere Grenze ist für die „Mengen oberhalb MTnw" die MTnw-Linie. Für die „Gesamtmengen" ist sie der Übergang vom Unterwasserstrand zum steileren Hang des Seegats oder dort, wo die größeren Tiefen weiter vom Strand entfernt sind, die Tiefenlinie — 5,0 m NN. Für die zeitliche Änderung wird von der Sandmenge ausgegangen, die nach der Aufspülung auf dem Strand verblieben und gleich 100 % gesetzt ist, so daß die Differenz (Tabelle I, Spalte 2 abzüglich Spalte 3) der Spülverlust ist. In den Spalten 4 bis 13 und 15 bis 26 sind die in den Abschnitten verbliebenen Sandmengen und die auf Spalte 3 bzw. 14 bezogenen Prozentsätze aufgeführt. Die Summen in den Bereichen der Aufspülung 1951 und 1952 sind getrennt angegeben, da in einer Zusammenfassung (weiteren Mittelbildung) die sehr unterschiedlichen Strandverhältnisse verdeckt werden.

Die Berechnung der Sandmengen oberhalb MTnw ist genauer als die der Gesamtmengen möglich, da für erstere nur nivellitische Messungen und für die letzteren zusätzlich Lotungen benutzt werden, deren Meßpunkte mittels Sextanten bestimmt werden. Vor allem dort, wo das Seegat verhältnismäßig nahe dem Strand liegt und der Unterwasserstrand stärker geneigt ist, wirken sich Lagefehler stärker aus. Die Mengenangaben oberhalb MTnw sind daher für die Beurteilung der Strandentwicklung zuverlässiger.

In der Abbildung 6 sind die Ergebnisse der Sandmengenberechnung graphisch dargestellt (vgl. Tab. I):

a) Die prozentuale Entwicklung der Aufspülung 1951 und 1952, wobei die in den Strandabschnitten 1 bis 5 bzw. 6 bis 10 unmittelbar nach der Aufspülung verbliebenen Sandmengen mit 100 % angesetzt sind.
b) Die Änderungen der Sandmengen in den Abschnitten 1 bis 5 in absoluten Größen.
c) Die Änderungen der Sandmengen in den Abschnitten 6 bis 10 in absoluten Größen. Eingetragen sind außerdem die Zeitdauer der Platenanlandung an den Nordstrand sowie die Beendigung der Buhnenbauten in den Strandabschnitten 8 bis 10, um deren Einfluß auf die Strandentwicklung erkennen zu können.

Die Abbildung 6 zeigt, daß im Bereich der Aufspülung 1951 der Strand zunächst schneller, später langsamer abgetragen wurde. Anfänglich nahm der nach der Sandauffüllung überhöhte

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Tabelle I
Gesamtsandmengen

Abschnitt	Aufgespülte Sandmengen Schutenmaß	Nach Aufspülung	Herbst 1951	Frühj. 1952	Herbst 1952	Frühj. 1953	Herbst 1953	Frühj. 1954	Herbst 1954	Frühj. 1955	Frühj. 1956	Frühj. 1957
	$10^3 m^3$	$10^3 m^3$	$10^3 m^3$	$10^3 m^3$	$10^3 m^3$	$10^3 m^3$	$10^3 m^3$	$10^3 m^3$	$10^3 m^3$	$10^3 m^3$	$10^3 m^3$	$10^3 m^3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	147,4 110 %	134,1 100 %	106,7 79 %	100,2 75 %	84,3 63 %	79,8 60 %	84,0 63 %	83,2 62 %	80,4 60 %	94,0 70 %	87,8 65 %	74,8 56 %
2	9,8 61 %	16,1 100 %	16,1 100 %	28,7 181 %	28,9 181 %	22,4 137 %	27,8 175 %	26,8 166 %	25,9 162 %	22,4 137 %	11,4 71 %	6,9 43 %
3	61,8 102 %	60,8 100 %	67,0 110 %	49,4 81 %	56,8 93 %	48,9 80 %	50,5 83 %	47,3 78 %	44,2 72 %	39,2 64 %	38,4 63 %	41,0 67 %
4	155,9 145 %	107,4 100 %	88,3 82 %	67,8 63 %	76,6 72 %	68,5 64 %	66,4 62 %	56,9 53 %	48,4 45 %	39,8 37 %	28,8 27 %	25,8 24 %
5	386,4 172 %	224,6 100 %	189,9 85 %	148,0 66 %	152,0 70 %	146,0 65 %	143,8 64 %	134,9 60 %	126,0 56 %	111,4 49 %	106,0 47 %	95,6 43 %
Bereich*) Aufspülung 1951	761,3 140 %	543,0 100 %	468,0 86 %	394,1 73 %	398,6 73 %	365,6 67 %	372,5 68 %	349,1 64 %	324,9 60 %	306,8 56 %	272,4 50 %	244,1 45 %
6	380,9 174 %	219,4 100 %			191,9 87 %	173,0 79 %	152,2 69 %	131,3 60 %	110,6 50 %	110,5 50 %	95,1 43 %	80,7 37 %
7	210,2 185 %	113,3 100 %			84,2 74 %	44,6 39 %	26,0 23 %	7,4 7 %	—11,2 —10 %	23,4 22 %	—7,0 —6 %	—27,0 —24 %
8	202,6 123 %	164,4 100 %			235,0 143 %	273,3 166 %	279,3 170 %	285,3 174 %	291,4 177 %	306,1 187 %	334,6 204 %	431,5 262 %
9	220,6 138 %	159,7 100 %			155,6 97 %	162,5 102 %	180,3 113 %	198,1 124 %	216,0 136 %	230,9 144 %	255,9 160 %	265,8 166 %
10	40,9 290 %	14,1 100 %			18,8 133 %	21,8 155 %	31,4 223 %	41,0 290 %	50,6 360 %	78,8 560 %	85,8 610 %	97,0 688 %
Bereich*) Aufspülung 1952	1 055,2 157 %	670,9 100 %			685,5 102 %	675,2 101 %	669,2 100 %	663,1 99 %	657,4 98 %	749,7 112 %	764,4 114 %	848,0 126 %

*) siehe Text.

Spülmenge im Jahr 1951:	1 043 800 m³
Verblieben nach Aufspülung 1951:	732 500 m³
Spülverlust 1951:	311 300 m³

und unnatürlich steile Strand oberhalb MTnw, der dem Brandungsangriff am meisten ausgesetzt war, besonders stark ab. Vom Herbst 1951 an trat eine ungefähr gleichlaufende Abnahme der Sandmenge oberhalb MTnw und der Gesamtmenge ein. Bis 1954 wurden die Änderungen zweimal jährlich beobachtet — ab 1955 einmal im Jahr —, so daß während der Sommermonate 1952 ein Stillstand und 1953 sogar eine geringe Zunahme festgestellt werden konnten. Eine unterschiedliche Entwicklung während der Sommer- und Wintermonate war auch — wie der Augenschein zeigte — in den letzten Jahren vorhanden. Die Berechnung der Gesamtsandmenge wurde von 1958 an aufgegeben, da diese — wie bereits erwähnt — unsicher ist, und die Veränderungen unterhalb der MTnw-Linie nach mehreren Jahren nicht mehr mit der Aufspülung in Verbindung gebracht werden können. Außerdem sollte vermieden werden, daß durch übermäßige Angabe rechnerisch ermittelter Werte das Bild des tatsächlichen Strandzustandes, der in erster Linie von den Verhältnissen in den ungünstigsten Buhnenfeldern abhängt, verdeckt wird.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Tabelle I
Sandmengen oberhalb MTnw

Nach Aufspülung	Herbst 1951	Frühj. 1952	Herbst 1952	Frühj. 1953	Herbst 1953	Frühj. 1954	Herbst 1954	Frühj. 1955	Frühj. 1956	Frühj. 1957	Frühj. 1958	Frühj. 1959
10^3m^3	10^3m^3	10^3m^3	10^3m^3	10^3m^3	10^3m^3	10^3m^3	10^3m^3	10^3m^3	10^3m^3	10^3m^3	10^3m^3	10^3m^3
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
125,0	97,5	91,1	75,2	70,7	74,9	76,9	69,0	73,0	71,4	63,0	62,0	65,0
100 %	78 %	73 %	60 %	57 %	60 %	62 %	55 %	58 %	57 %	50 %	50 %	52 %
11,8	11,8	24,4	24,6	18,1	23,5	22,3	20,8	16,9	8,4	6,4	4,4	3,1
100 %	100 %	207 %	207 %	153 %	199 %	189 %	176 %	143 %	71 %	54 %	37 %	26 %
46,7	52,9	35,3	42,7	34,8	36,4	29,0	30,2	22,5	23,7	27,3	25,7	27,7
100 %	113 %	76 %	91 %	74 %	78 %	62 %	65 %	48 %	51 %	58 %	55 %	61 %
80,7	61,6	41,1	49,9	41,8	39,7	33,9	30,8	21,7	15,6	17,5	16,4	16,7
100 %	76 %	51 %	62 %	52 %	49 %	42 %	38 %	27 %	19 %	22 %	20 %	21 %
133,5	98,8	56,9	60,9	54,9	52,7	47,8	48,1	35,0	30,7	25,4	19,4	21,9
100 %	74 %	43 %	46 %	41 %	39 %	36 %	36 %	26 %	23 %	19 %	14 %	16 %
397,7	322,6	248,8	253,3	220,3	227,2	209,9	198,9	169,1	149,8	139,6	127,9	134,4
100 %	81 %	63 %	64 %	55 %	57 %	53 %	50 %	43 %	38 %	35 %	32 %	34 %
92,5			72,2	52,4	48,5	35,5	40,8	29,1	27,1	26,1	13,9	20,0
100 %			78 %	57 %	52 %	38 %	44 %	31 %	29 %	28 %	15 %	22 %
89,8			68,1	28,3	23,4	14,2	16,6	0,0	— 3,8	2,8	— 3,3	— 3,1
100 %			76 %	31 %	26 %	16 %	18 %	0 %	— 4 %	3 %	— 4 %	— 3 %
104,2			123,7	154,1	149,1	166,4	183,3	157,6	179,2	190,1	202,1	218,6
100 %			119 %	148 %	143 %	160 %	176 %	151 %	172 %	182 %	194 %	210 %
66,9			49,4	46,1	53,2	61,9	80,9	84,9	101,2	102,4	101,2	113,2
100 %			74 %	69 %	79 %	92 %	121 %	127 %	151 %	153 %	151 %	169 %
12,8			6,7	7,2	3,5	11,2	19,9	27,7	53,3	71,1	70,5	78,6
100 %			54 %	58 %	28 %	91 %	162 %	225 %	433 %	577 %	551 %	614 %
366,2			320,1	288,1	277,7	289,2	341,5	299,3	357,0	392,5	384,4	427,3
100 %			87 %	79 %	76 %	79 %	93 %	82 %	97 %	107 %	105 %	117 %

Spülmenge im Jahr 1952:	772 700 m³
Verblieben nach Aufspülung 1952:	513 000 m³
Spülverlust 1952:	259 700 m³

Um die Strandverhältnisse im Hinblick auf eine genügende Eindeckung der Strandschutzwerke beurteilen zu können, ist die Errechnung der Sandmenge oberhalb MTnw geeigneter, die bis 1959 fortgesetzt worden ist, auch wenn diese Mengenänderungen teilweise von der Aufspülung unabhängige Entwicklungen wiedergeben. Die Sandmenge oberhalb der MTnw-Grenze ist im Mittel der Abschnitte 1 bis 5 bis zum Frühjahr 1959 bis auf 34 % zurückgegangen, wobei in den einzelnen Abschnitten, wie die Tabelle I zeigt, erhebliche Unterschiede sind. So sind im Abschnitt 3 noch 61 % und im Abschnitt 5 noch 16 % des nach der Aufspülung vorhandenen Sandes (Spalte 3) verblieben. Insgesamt zeigen die Sandmengenänderungen in den einzelnen Abschnitten (Abb. 6b) einen ungefähr gleichartigen Verlauf. — Wenn die Sandmengen oberhalb MTnw (Abb. 6a, Tab. I) von 1958 bis 1959 von 32 % auf 34 % zugenommen haben, so ist darin lediglich eine Auswirkung der günstigen Wetterlage während dieses Zeitraums zu sehen. Auf ähnliche Zunahmen während der Sommermonate wurde im vorhergehenden Absatz hingewiesen. Für die zukünftige Entwicklung ist mit Sicherheit zu er-

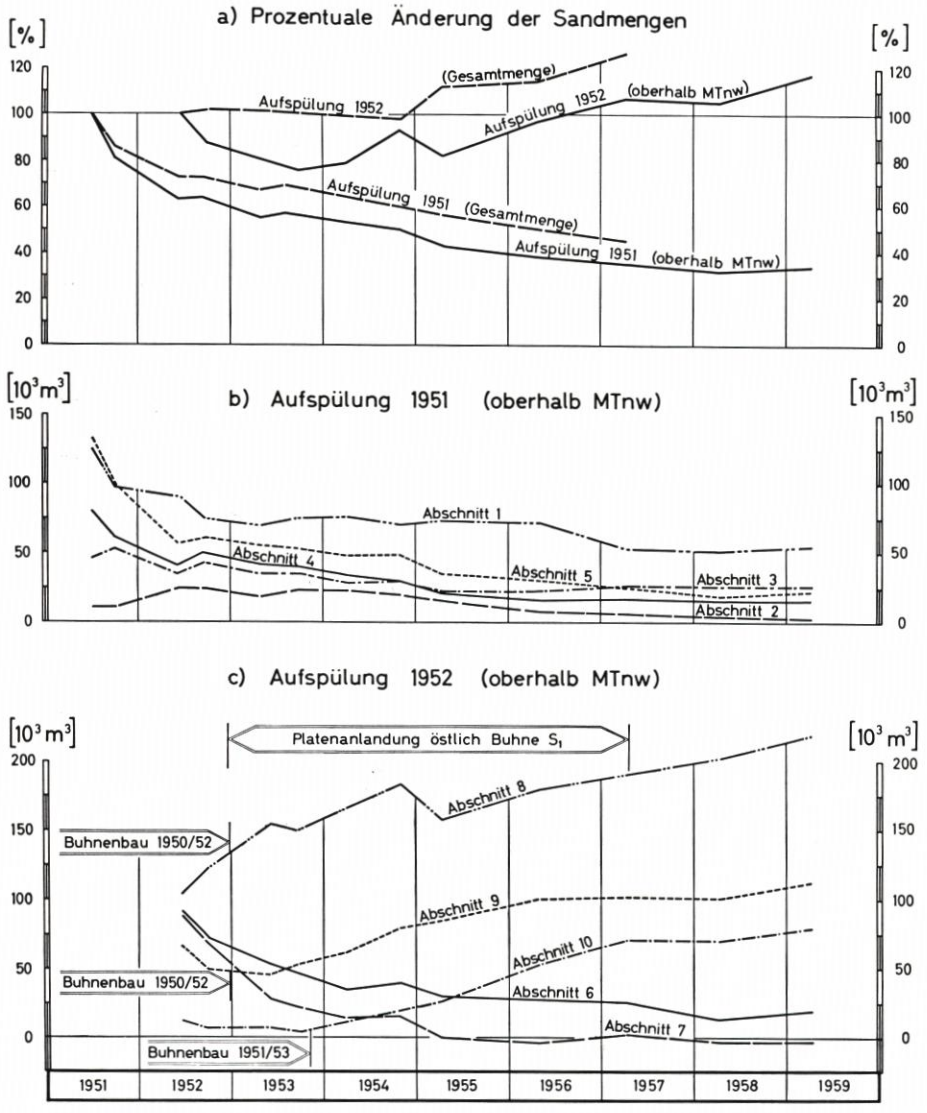


Abb. 6. Veränderungen der Sandmengen am Strand nach der Aufspülung 1951—1952

warten, daß der Strand weiter abnimmt, da die die Sandverluste verursachenden Naturkräfte im Aufspülungsbereich 1951 unverändert wirksam sind.

Im Bereich der Aufspülung 1952 nahm die Sandmenge oberhalb MTnw bis zum Herbst 1953 zunächst schneller und dann langsamer ab, weil auch hier der nach der Aufspülung überhöhte hochwasserfreie Strand stärker abgetragen wurde. Vom Herbst 1953 ab begann im Mittel dieses Aufspülungsbereichs eine Zunahme. Der Strandzustand vom Frühjahr 1959 ist:

Abschnitt 6: 22 % mehr als vor der Aufspülung
Abschnitt 7: 3 % weniger als vor der Aufspülung
Abschnitt 8: 210 % mehr als vor der Aufspülung

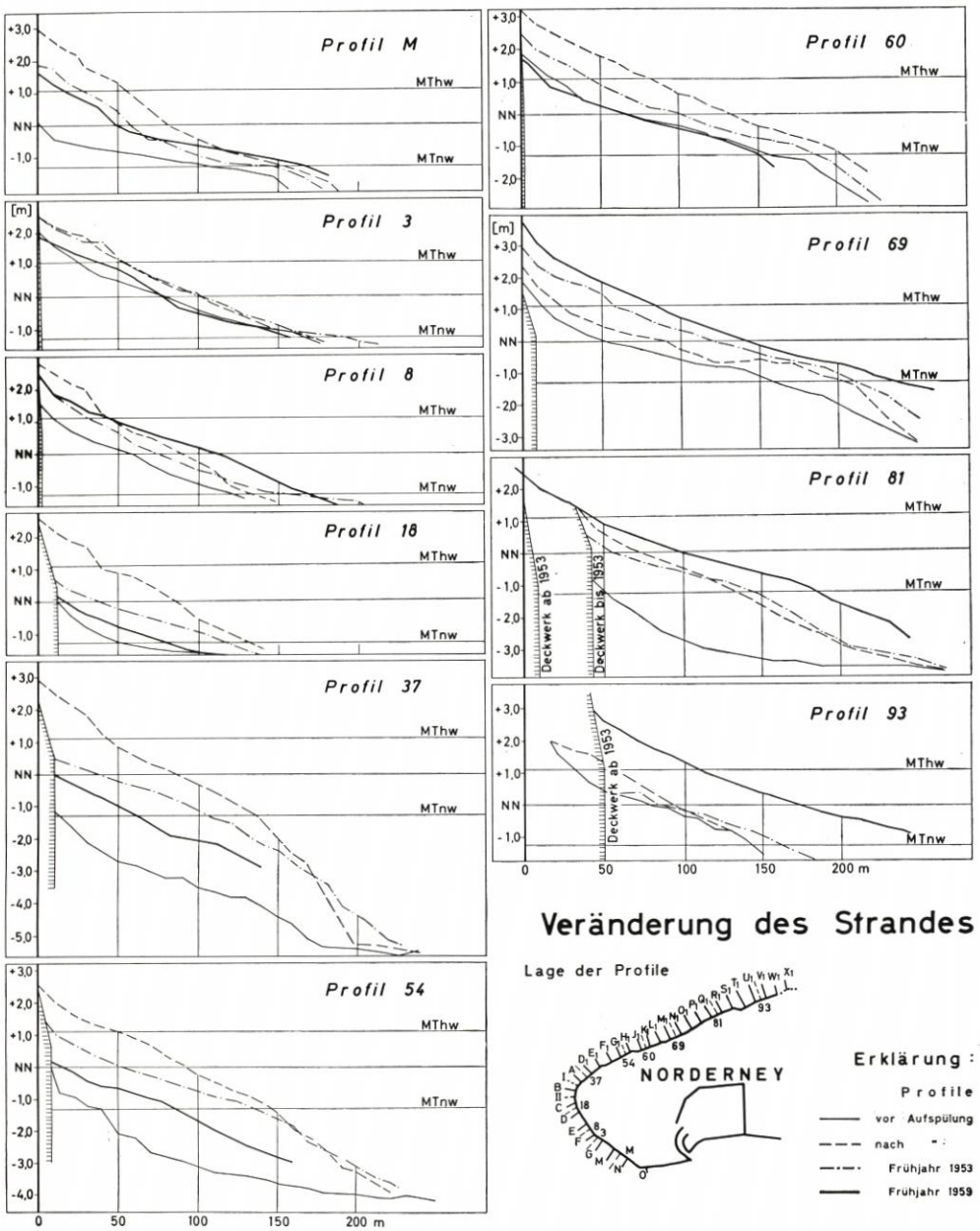


Abb. 7. Höhenänderungen in den Strandprofilen

Abschnitt 9: 169 % mehr als vor der Aufspülung
Abschnitt 10: 614 % mehr als vor der Aufspülung.

Die Zunahme der Gesamtsandmengen begann unmittelbar nach der Aufspülung, besonders stark vom Herbst 1954 an, so daß zur Zeit der letzten Berechnung im Frühjahr 1957 im Mittel 126 % der nach der Aufspülung vorhandenen Menge — mit einer Streuung in den

einzelnen Abschnitten von + 688 % bis — 24 % — vorhanden waren. Das Anwachsen der Sandmengen auf ein Mehrfaches der anfänglichen Mengen, wobei zu berücksichtigen ist, daß es sich im Abschnitt 10 nur um eine kleine Ausgangsmenge handelt, darf nicht als Auswirkung der Aufspülung angesehen werden. Hierauf wird noch eingegangen werden.

Der Versuch, eine Abhängigkeit zwischen Tidewasserständen (Sturmfluten) und Sandmengenänderungen zu ermitteln, war ergebnislos. Der Grund dafür ist der zeitlich große Abstand der Sandmengenberechnungen. In den Zwischenzeiten werden kurzzeitige Schwankungen infolge häufig wechselnder Windrichtung, Brandungsstärke und Wasserstände, die für den Transport des Sandes am Strand maßgebend sind, ausgeglichen, so daß die Einzelwirkungen nicht erfaßt werden können.

Von den jährlich gemessenen Strandprofilen sind einige, die für den zugehörigen Strandabschnitt kennzeichnend sind, aufgetragen (Abb. 7). Die Strandhöhen für vier Zeitpunkte werden gegenübergestellt:

1. Strandhöhen vor der Aufspülung,
2. Strandhöhen nach der Aufspülung 1951 bzw. 1952,
3. Strandhöhen vom Frühjahr 1953, nachdem die anfänglichen größeren Sandverluste infolge des nach der Aufspülung überhöhten Strandes abgeklungen sind,
4. Strandhöhen vom Frühjahr 1959.

Im einzelnen ist zu den Veränderungen der Strandprofile zu bemerken: In Profil M trat nach der Aufspülung nur oberhalb MTnw eine Abnahme ein. Die Profile 3 und 8 zeigen einen guten Strandzustand an. Das Profil 18 hat fast wieder den Zustand wie vor der Aufspülung erreicht. Im Profil 37, wo der Strand vor der Aufspülung vollständig unterhalb MTnw lag, hat er bis 1959 ungefähr auf eine Mittellage zwischen der Höhe vor und nach der Aufspülung abgenommen, dagegen ist im Profil 54 diese Mittellage bereits unterschritten. Eine Strandhöhe, die etwas unter der vor der Aufspülung liegt, weist das Profil 60 auf. Die Profile 69, 81 und 93 zeigen infolge der starken natürlichen Ansandung einen höheren Strand als vor der Aufspülung. — Die Strandneigungen sind im allgemeinen flacher als vor der Aufspülung (KRAMER 1957). Jedoch stellt sich dort, wo die Strandhöhe vor der Aufspülung wieder erreicht worden ist, auch die frühere Strandneigung wieder ein. Daraus ist die Abhängigkeit von Strandhöhe, Strandneigung und Wellenwirkung ersichtlich.

Aus der Reihe der jährlichen fotografischen Aufnahmen geben die Abbildungen 8 bis 23 den Zustand an verschiedenen Stellen des Strandes vor und zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Aufspülung wieder (Lage vgl. Abb. 3).

Die Veränderungen der Kornverteilung des verspülten Sandmaterials wurden anhand von Proben bestimmt, die an der Baggerstelle Hohes Riff und im Aufspülungsbereich 1951 — unmittelbar nach Beendigung der Aufspülung beginnend — entnommen wurden (KRAMER 1957). Zwei Monate nachher war bereits die Auswaschung des Feinanteils des abgelagerten Sandes zu erkennen. Da die Sortierung des Spülmaterials sehr bald abgeschlossen war, wurden keine weiteren Proben entnommen. Im Sommer 1957 entsprach die Zusammensetzung der Strandsande wieder den natürlichen Verhältnissen, wie erneute Kornanalysen ergaben.

3. Ergebnisse der Strandaufspülung 1951—1952

Insgesamt wurden im Jahre 1951 zwischen den Buhnen 0 bis J_1 1 043 800 m³ und im Jahre 1952 zwischen den Buhnen E_1 und V_1 772 700 m³ Sand verspült, so daß sich eine Gesamtmenge von 1 816 500 m³ Sand ergibt. Von dem verspülten Sand waren unmittelbar nach Abschluß der Arbeiten 1951 noch 732 500 m³ und 1952 noch 513 000 m³ auf dem Strand verblieben. Dadurch war ein Sandgewinn des Strandes von insgesamt 1 245 500 m³ zu ver-

Abb. 8
Strand im Buhnenfeld
D–E
1951

Abb. 9
Strand im Buhnenfeld
D–E
1952

Abb. 10
Strand im Buhnenfeld
D–E
1958

Arch. Aufn. Nr. 770, 765 u. 1463, Forschungsstelle Norderney

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

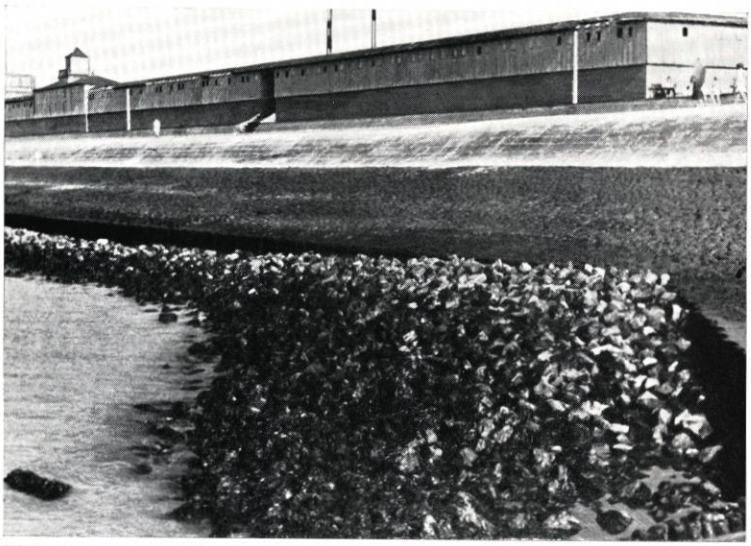


Abb. 11
Strand im Buhnenfeld
E_1–F_1
1951

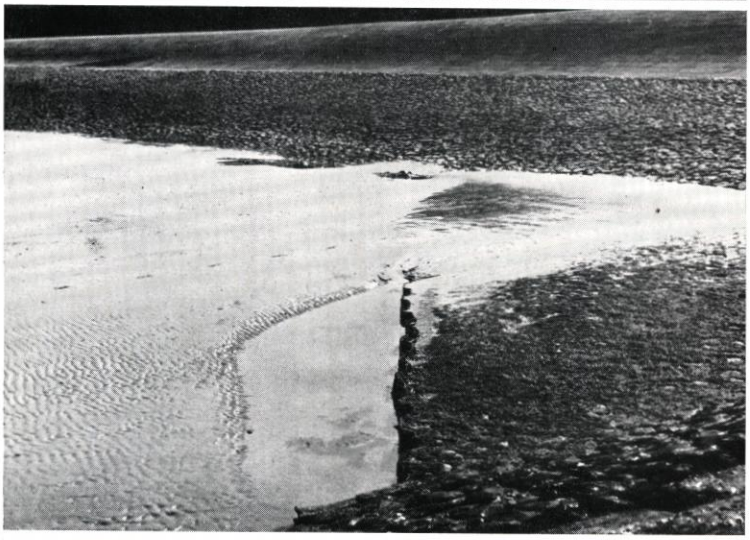


Abb. 12
Strand im Buhnenfeld
E_1–F_1
1953

Abb. 13
Strand im Buhnenfeld
E_1–F_1
1958

Arch. Aufn. Nr. 771, 944 u. 1463, Forschungsstelle Norderney

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Abb. 14
Buhne G_1 und Strand
1951

Abb. 15
Buhne G_1 und Strand
1952

Abb. 16
Buhne G_1 und Strand
1958

Arch. Aufn. Nr. 772, 767 u. 1463, Forschungsstelle Norderney

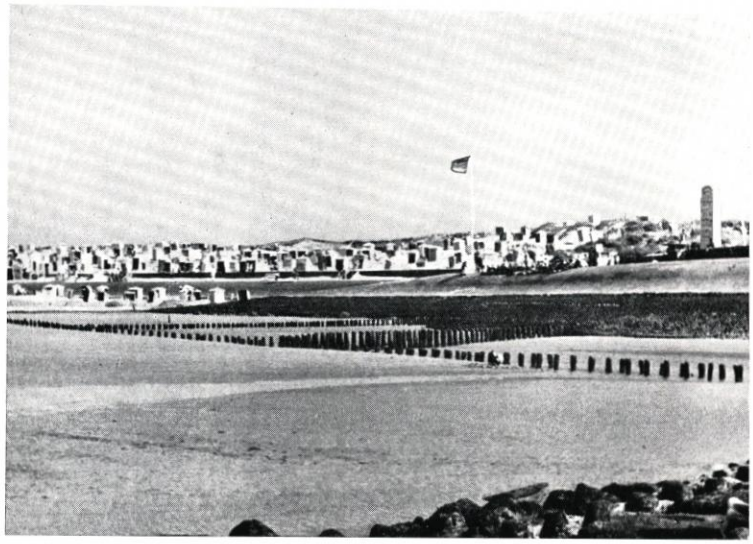


Abb. 17
Strand im Buhnenfeld
H_1–J_1
1950

Arch. Aufn. Nr. 772, Forschungsstelle Norderney

Abb. 18
Strand im Buhnenfeld
H_1–J_1
während der Aufspülung
1951

Arch. Aufn. Nr. 767, Forschungsstelle Norderney

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Arch. Aufn. Nr. R 58, Forschungsstelle Norderney

Abb. 19
Strand im Buhnenfeld H_1–J_1 während der Verbreiterung der Deckwerksvorlage 1954

Arch. Aufn. Nr. 1463, Forschungsstelle Norderney

Abb. 20
Strand im Buhnenfeld H_1–J_1 1958

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Abb. 21
Blick von der hohen Düne am Ostende der Schutzwerke nach Westen. Abschlußbauwerk aus dem Strand herausstehend
1954

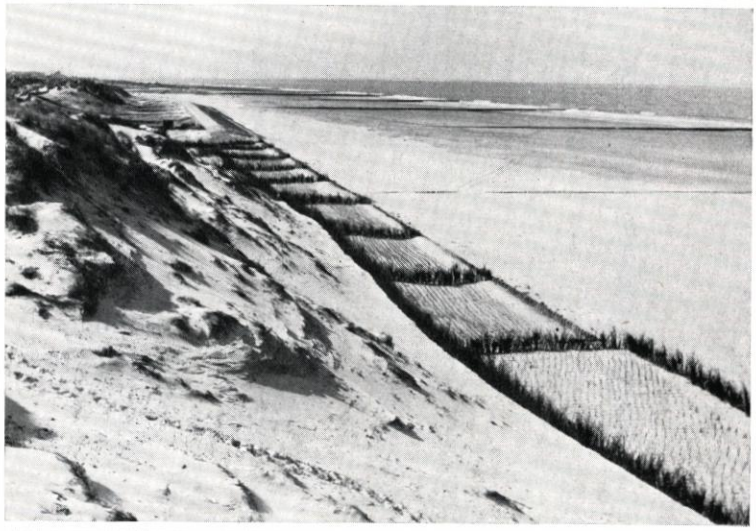


Abb. 22
Blick von der hohen Düne am Ostende der Schutzwerke nach Westen. Abschlußbauwerk übersandet
1957

Abb. 23
Natürliche Übersandung des Dünendeckwerks (Schrägprofil), 1958. Blick auf das Deckwerk und Buhnenfeld Q_1–N_1 nach Osten mit im oberen Teil übersandeten Buhnen

Arch. Aufn. Nr. 1163, R 71 u. R 71/36, Forschungsstelle Norderney

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

zeichnen. Die fehlenden Mengen von 311300 m³ im Jahre 1951 und 259700 m³ im Jahre 1952 waren die Spülverluste, die für 1951 rund 30% und für 1952 rund 34% — auf die Gesamtmenge bezogen rund 31% — der verspülten Sandmenge ausmachten. Die Verluste entsprechen damit ungefähr dem im Gutachten der Arbeitsgruppe mit 25% geschätzten Zuschlag zum für die Strandauffüllung notwendigen Sandbedarf. — Wenn die für die auf dem Strand verbliebenen Sandmengen vorstehend angegebenen Zahlen nicht mit den in der Tabelle I, Spalte 3, angegebenen übereinstimmen, so deshalb, weil der Strandabschnitt 6 aus den bereits erwähnten Gründen in beiden Jahren aufgespült wurde. Die Sandverluste des Strandes im Abschnitt 6 vom Sommer 1951 bis 1952 sind daher in die Tabelle eingegangen. Dadurch unterscheiden sich die Mengenangaben.

Die Gesamtkosten der Aufspülung 1951—1952 betrugen 3454000,— DM. Daraus ergibt sich ein Preis von 1,90 DM/m³ Sand, wenn von der insgesamt verspülten Menge ausgegangen wird. Wird jedoch die auf dem Strand unmittelbar nach der Aufspülung verbliebene Sandmenge zugrunde gelegt, so ist der Preis 2,77 DM/m³.

Im Verlauf der vergangenen acht und sieben Jahre nach der Aufspülung hat eine unterschiedliche Entwicklung der Strandabschnitte eingesetzt. Im Bereich der Aufspülung 1951 sind im Frühjahr 1959 noch rund 34% der Menge oberhalb der MTnw-Grenze vorhanden. Im Aufspülungsbereich 1952, der sich ungefähr mit dem Strandabschnitt E des Gutachtens deckt, hat eine günstigere Entwicklung begonnen, die jedoch nicht mehr als Auswirkung der Aufspülung angesehen werden darf. Sie muß im Zusammenhang mit der Platenanlandung aus dem Riffbogen und dem Ausbau der Schutzwerke gesehen werden. In der Abbildung 6 ist der Versuch gemacht, die Abhängigkeit der Strandänderungen von der Sandzufuhr aus einer besonders weit westlich auf den Strand treffenden Plate und von der Verlängerung des Buhnensystems nach Osten darzustellen. Das starke Anwachsen der Sandmengen in den Strandabschnitten 8 bis 10 deutet auf die Sandzufuhr aus der Sandplate hin, die bereits früher (Homeier und Kramer 1956) behandelt wurde. Sie ist Ausdruck des Sandtransports im Riffbogen (Gaye und Walther 1935), der in etwa 3,5 bis 4,0 km Entfernung vom Westkopf der Insel auf den Strand trifft. Den Sandmengen der Strandabschnitte ist die Fertigstellung der Buhnen zugeordnet. Hierbei ergibt sich, daß die Strandzunahme sowohl mit dem Beginn der Platenanlandung in den Abschnitten 8, 9 und 10 einsetzt als auch ungefähr mit der Fertigstellung der Buhnen im jeweiligen Strandabschnitt zusammenfällt. Daher sind die Einflüsse von Platenanlandung und Buhnenwirkung auf die günstige Entwicklung des ostwärtigen Strandes gegenwärtig noch nicht zu unterscheiden. Diese zu trennen, wird erst nach Ablauf längerer Jahre möglich sein, wenn die Auswirkungen der letzten Platenanlandung abgeklungen sind oder sich eine solche wiederholt hat. Ein Vergleich mit der Strandentwicklung anderer Inseln, wo ähnliche Verhältnisse vorliegen, berechtigt jedoch anzunehmen, daß die Anlandung der Plate für die günstige Strandentwicklung ausschlaggebend ist. In der gleichen Richtung liegt die aus den Untersuchungen der letzten Jahre (Kramer und Homeier 1955) und auch an anderen Orten (Lamprecht 1957) gewonnene Erkenntnis, daß ein Buhnensystem zwar in der Lage ist, den ständigen Sandverlust am Strand zu vermindern, ihn aber nicht ohne Sandzufuhr im gleichbleibenden Zustand zu erhalten vermag.

Wenn die im Gutachten (Arbeitsgruppe 1952) für die Zeit nach der Aufspülung geschätzten Sandverluste mit den nachher beobachteten verglichen werden, ist zu beachten, daß sich geschätzte Werte, die zwar aus langjährigen, aber doch unvollständigen und teilweise ungenauen Strandaufnahmen (Bezugshorizont) ermittelt sind, und Mengenwerte gegenüberstehen, die aus kurzzeitigen, engmaschigen Strandvermessungen errechnet sind. Eine solche Schätzung ist auch mit Unsicherheiten behaftet, die in der nicht bekannten Kornzusammensetzung des

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Spülgutes, der Wirkung des instand gesetzten und erweiterten Buhnensystems, der Häufigkeit von erhöhten Wasserständen und Sturmfluten und deren Dauer und Angriffsrichtung auf die einzelnen Strandabschnitte sowie in der Wirkung von Eis liegen. Alle diese Faktoren lassen höchstens eine Voraussage in Größenordnungen zu, so daß die seinerzeit geschätzte Menge deshalb auch nur als Anhalt genommen werden darf, zumal die nötigen Erfahrungen über die Bewährung einer solchen Vorspülung an der Küste erst später gesammelt werden konnten.

Weiterhin sind bei einem Vergleich der geschätzten und beobachteten Verluste die bis zum Frühjahr 1953 hohen Sandverluste unberücksichtigt zu lassen, die dem nach der Aufspülung zunächst überhöhten Strand zuzuschreiben sind. Die Sandmengen des Frühjahrs 1953, durch welche die Strandschutzwerke genügend eingedeckt waren, sind denen des Jahres 1957 gegenübergestellt. Von 1958 an ist die Ermittlung der Gesamtmengen — wie bereits ausgeführt — aufgegeben worden, weil die Sandmengenänderungen unterhalb der MTnw-Linie nicht mehr als Auswirkung der Aufspülung angesehen werden können, sondern auf die sonst wirksamen Naturkräfte zurückgeführt werden müssen. Die Gegenüberstellung ergibt:

Strand-abschnitt	Beobachtete jährliche Änderungen der Gesamtsandmengen m^3	Vorher geschätzte jährliche Änderungen der Gesamtsandmengen m^3
A	— 5 100	—
B	— 10 800	— 5 000
C	— 15 800	— 15 000
D	— 21 700	— 16 000
Σ A—D	— 53 400	— 36 000
E	+ 66 300	— 54 000

Die Verluste der Strandabschnitte A bis D, die eine gemeinsame Tendenz zeigen, sind getrennt von denen des Abschnitts E angegeben, wo die Entwicklung anderen Einwirkungen unterlag. Von 1953 bis 1957 war die jährliche Abnahme in den Abschnitten A bis D:

Frühjahr 1953 bis Frühjahr 1954 — 58 200 m^3 Sand
Frühjahr 1954 bis Frühjahr 1955 — 63 100 m^3 Sand
Frühjahr 1955 bis Frühjahr 1956 — 49 800 m^3 Sand
Frühjahr 1956 bis Frühjahr 1957 — 42 700 m^3 Sand.

Die sich abzeichnende Verringerung der jährlichen Verluste innerhalb von vier Jahren zeigt, daß sie der Schätzung der Arbeitsgruppe für die Strandabschnitte A bis D von 36 000 m^3/Jahr Sandverlust, dem Mittelwert von zwanzig Jahren, zukünftig in der Größenordnung entsprechen werden.

Für die Beurteilung des wirtschaftlichen Ergebnisses der Aufspülung ist ein Vergleich mit den Kosten angebracht, die für den Inselschutz hätten aufgewandt werden müssen, falls eine Strandaufspülung nicht ausgeführt worden wäre. Wenn der Strandbereich östlich der Buhne L_1 (Strandabschnitte 8 bis 10) außer Betracht gelassen wird, wozu die gegenwärtige Entwicklung berechtigt, bietet sich als Vergleichsmöglichkeit eine bauliche Lösung an, die früher (Forschungsstelle 1949) erörtert worden ist und sich wie die Aufspülung darauf beschränkt, der Wirkung der Naturkräfte entgegenzutreten. Es handelt sich um die Verstärkung der Schutzwerke und ihre Hinabführung bis zu einer Tiefenlinie, unterhalb der kein Inselabbruch mehr eintreten würde. Bei den gegenwärtigen Strandverhältnissen liegt der Inselsockel unterhalb der Tiefenlinie — 4,0 m NN fest. Im Falle der weiteren Strandabnahme würden die ungehindert auflaufenden und am Schutzwerk brandenden Wellen den Sand unterhalb dieser Tiefenlinie

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

abtragen. Annahmen gehen dahin, daß ein Beharrungszustand bei ungefähr — 7 m NN eintreten würde. Wenn auch die Baukosten einer solchen Lösung nicht mit den Kosten der Aufspülung verglichen werden können, darf doch mit Sicherheit angenommen werden, daß die jährlichen Unterhaltungskosten der dann schweren dynamischen Beanspruchungen ausgesetzten Deckwerke und Buhnen, die hoch aus dem Strand herausstehen würden, höher sind als die Kosten der Aufspülung auf die Zeit ihrer Wirkung umgerechnet. Wenn daher die Kosten der Aufspülung von rund 3,5 Millionen DM auf ihre zeitliche Wirksamkeit bezogen werden, ist festzustellen, daß sie von Erfolg war und eine technisch geeignete und wirtschaftliche Lösung darstellt, denn die weitere Zerstörung der Inselschutzwerke wurde damals verhindert, und diese sind seither genügend mit Sand eingedeckt, um ihre Standfestigkeit zu erhalten. Die gleichzeitige Verbesserung des Badestrandes war eine erwünschte Nebenwirkung. Mit der Abnahme der aufgespülten Sandmengen wurde von vornherein gerechnet, da das Kräftespiel am Strand durch die Aufspülung nicht beeinflußt wurde. Erkennbar ist, daß sich mit Abnahme der Strandhöhe die jährlichen Verluste verringern, jedoch ist mit der gegenwärtigen Höhenlage des Strandes eine Grenze erreicht, unterhalb der die Strand- und Dünenschutzwerke nicht mehr ausreichend mit Sand eingedeckt sind. Es muß infolgedessen nunmehr entschieden werden, durch welche Maßnahmen der Inselschutz zukünftig gewährleistet werden soll.

III. Plan einer fortlaufenden Strandaufspülung

1. Ergänzung des ungenügenden natürlichen durch künstlichen Sandtransport

Im Gutachten vom 20. 8. 1950 (Arbeitsgruppe Norderney 1952) wurde bereits auf die Möglichkeit hingewiesen, die Sandverluste nach der ersten Aufspülung durch Nachspülungen in Zeitabständen von mehreren Jahren auszugleichen. Nachdem das Ergebnis der Aufspülung 1951—1952 dahingehend beurteilt ist, daß sie ein zweckmäßiges Verfahren darstellt, den Strand am Westende der Insel Norderney zu erhalten, ist der Anlaß gegeben zu untersuchen, ob zukünftig ein ausreichender Inselschutz durch künstliche Sandzufuhr zum Strand gewährleistet werden kann. Auch Erfahrungen des Auslands (Kramer 1957), wo in den vergangenen Jahren mehrfach Strände an der Küste durch einmalige oder wiederholte Aufspülungen wiederhergestellt oder erhalten worden sind, sprechen dafür zu prüfen, ob der eingeschlagene Weg fortgesetzt werden kann.

Der unveränderte Bestand eines Sandstrandes bedingt, daß sich Sandabtrag und Sandzufuhr ausgleichen. Die Vorgänge, die Sandabtrag und Sandzufuhr bewirken, sind im Bericht der Forschungsstelle von 1950 (Thilo und Kurzak 1952) ausführlich behandelt. Der Sandstrom entlang der Küste verläuft im Seegebiet vor Norderney in den in der Abbildung 24 dargestellten Bahnen. Vom Westen her trifft der ostwärts verfrachtete Sand auf das Seegat vor Norderney und wird hier in eine bogenförmige Bewegung innerhalb des Riffgürtels (Abb. 25) umgelenkt. Die Transportrichtung des Sandes resultiert aus den überwiegend west-ostwärts gerichteten Tideströmungen entlang den Inseln (Reststrom) und der in der tiefen Seegatrinne unmittelbar vor Norderney vorherrschenden, nach Norden gerichteten Ebbeströmung, die durch die Wasservertriftung südlich und nördlich von Juist bei Westwindlagen verstärkt wird (Köritz 1954).

Der Sand aus dem Riffgürtel trifft etwa 3,5 km östlich der Westspitze auf den Nordstrand der Insel. Von hier wird er durch Strömung und Wind zum überwiegenden Teil nach Osten und in geringerer Menge nach Westen verfrachtet, wobei die Grenze ungefähr das

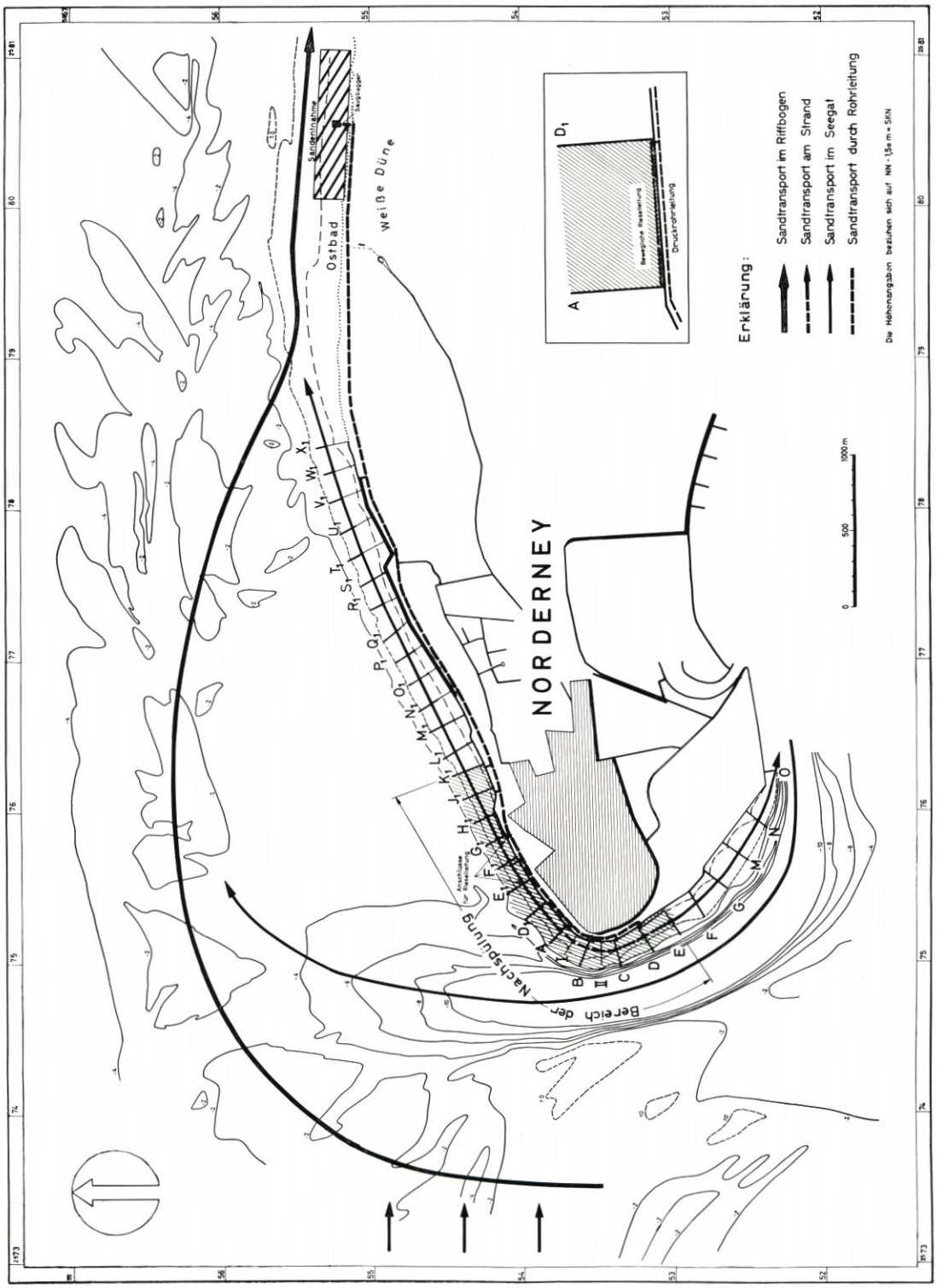


Abb. 24. Natürlicher Sandtransport im Seegebiet vor und vorgeschlagener künstlicher Sandtransport auf der Insel Norderney

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Arch. Aufn. Nr. 1362, Forschungsstelle Norderney

Abb. 25. Luftaufnahme des Riffgürtels 1938. Blick über das Ostende von Juist, den Riffgürtel und den Westkopf von Norderney

Buhnenfeld H_1—J_1 bildet, ohne daß dort die Zufuhr ausreicht, um die Verluste auszugleichen. Der westlich anschließende Strandbereich, dem nur sehr geringe Sandmengen zufließen, die vom Riffgürtel her das Seegat durchqueren und in keiner Weise den durch Brandung auftretenden Sandverlust ausgleichen, ist daher ein ausgesprochenes Sandmangelgebiet.

Der Erfolg der seit etwa hundert Jahren angelegten Inselschutzwerke ist, daß die Dünenkante vor weiterem Rückgang gesichert werden konnte. Durch die um 1900 hergestellten Unterwasserbuhnen wurde der „Inselsockel" unterhalb der Tiefenlinie — 4,0 m NN seither erhalten (Abb. 2). Der Strand oberhalb dieser Tiefenlinie bis zum Fuß des Deckwerks konnte jedoch nicht vor Abbruch bewahrt werden, weil in diesem Bereich, in dem der Strand überwiegend durch Brandung Sand verliert, die Buhnen nicht die erwartete Wirkung zeigten (Kramer und Homeier 1954). Wenn der Weg des am Westende der Insel abgetragenen Sandes verfolgt wird, ergibt sich (Abb. 24), daß er vom nördlichen Strandbereich nach Osten und vom südlichen nach Südosten in das Riff Gat — von dort wiederum zum Riffgürtel — verfrachtet wird. Das geht aus verschiedenartigen Untersuchungen (Forschungsstelle Norderney 1949) hervor und läßt sich auch aus den Beobachtungen der Sandverlagerung am Strand nach der Aufspülung 1951—1952 ableiten.

Die Grundlagen für den Ausgleich der ungenügenden natürlichen durch künstliche Sandzufuhr sind demnach:

1. Der Sand aus dem Sandtransport entlang der Küste wird der Insel ostwärts des Ostendes der Schutzwerke durch die Sandbänke des Riffgürtels zugeführt.
2. Die Sandzufuhr zum Strand am Westende der Insel ist nicht ausreichend, um die dortigen

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Verluste auszugleichen. Der Sandverlust beschränkt sich auf die Strandbreite vom Fuß der Deckwerke bis zur Tiefenlinie – 4,0 m NN (Inselsockel).

3. Das vom Strand abgetragene Sandmaterial wird wieder an den Riffgürtel abgegeben. Wenn die fehlende natürliche durch künstliche Sandzufuhr ersetzt wird, indem aus dem Anlandungsbereich des Riffgürtels Sand zum Westende der Insel gefördert wird, fließt das Material wieder zur Entnahmestelle zurück, so daß ein Kreislauf entsteht.
4. Um zu verhindern, daß in dem durch Nachfüllung zu erhaltenden Strandbereich der Sandverlust über das jetzige Maß hinaus wächst, sind die Schutzwerke im bestehenden Umfange zu erhalten.

Von diesen Voraussetzungen ausgehend, ist eine Anlage zu untersuchen, die den Sand vom Anlandungsbereich an der „Weißen Düne" zum Westende der Insel über eine mittlere Entfernung von 6 km fördern muß, um den Ausgleich zwischen Sandverlust und Sandzufuhr am Strand herzustellen und dort eine gleichbleibende Strandbreite und Strandhöhe zu erhalten.

2. Fördermengen und Sandentnahme

Aus dem Verhalten der Strandaufspülung 1951—1952 und den Erfahrungen des Auslandes (Kramer 1957) geht hervor, daß für den Bestand einer künstlichen Strandaufspülung vor allem folgende Überlegungen maßgebend sind:

1. Die Körnung des Spülsandes soll gleich oder möglichst gröber als die des von Natur am Strand abgelagerten Sandes sein. Je gröber die Körnung ist, desto langsamer geht der Sandabtrag vor sich.
2. Der zu erhaltende Strand ist nicht höher zu legen, als es für die zugedachte Aufgabe notwendig ist, um den Brandungsabtrag bei Sturmfluten möglichst gering zu halten.
3. Die Neigung des aufgespülten Strandes soll möglichst der natürlichen entsprechen, um auch dadurch den Sandverlust zu vermindern.

Der Sand für die Aufspülung 1951—1952 wurde am Hohen Riff (Abb. 3) mit Eimerkettenbaggern gewonnen. Da diese bei stärkerem Seegang nicht mehr arbeitsfähig sind, mußte der Entnahmeort auch nach dem Gesichtspunkt bestimmt werden, durchgehend arbeiten zu können, was im Schutze der Insel Norderney möglich war. Der dort gebaggerte Sand war feiner als der am Strand natürlich vorhandene (Abb. 26), so daß die unter Punkt 1 gestellte Bedingung nicht eingehalten werden konnte.

Der für eine zukünftige Strandaufspülung vorgesehene Entnahmeort an der Weißen Düne (Abb. 24) liegt in dem Strandbereich, der einen Sand aufweist, der im Mittel eine gröbere Körnung als der natürliche Strandsand im aufzuspülenden Bereich hat (Abb. 26). Von der Kornverteilung her gesehen, wird die Entnahmestelle auf der Nordseite der Insel am geeignetsten sein, die im Bereich der Sandanlandung an den Strand liegt, wo ungefähr das gröbste Korn vorhanden ist (Akkermann 1955). Hinzu kommt, daß der Strand hier an der „Weißen Düne" keinerlei Tonanteil hat. Der mit diesem Sand nachgespülte Strand wird daher nicht die dunkle Färbung aufweisen, die der 1951—1952 mit tonhaltigem Wattsand aufgefüllte Strand hatte. — Zur Darstellung der Siebbänder ist zu bemerken, daß die Sandproben, die den natürlichen Strandsand charakterisieren, 1957 entnommen sind. Die Kornverteilung hat sich hier seit 1951—1952 wieder entsprechend den natürlichen Bedingungen eingestellt, was durch fortlaufende Beobachtungen bestätigt wird.

Der Spülbetrieb erforderte 1951—1952 zeitweise zwei Eimerkettenbagger und zwei Spüler sowie lange Druckrohrleitungen. Auch um diese aufwendige Baustelleneinrichtung auszunutzen, mußte eine möglichst große Sandmenge verspült werden. Das trug dazu bei, den Strand mit unnatürlich steiler Böschung über das für die Sicherung der Insel notwendige Maß

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

hinaus aufzuhöhen, was im Gegensatz zu den Punkten 2 und 3 steht. Die Sandverluste durch Brandung waren daher im ersten Winter nach der Aufspülung 1951—1952 verhältnismäßig hoch und der hochwasserfreie Strand an der Westspitze der Insel sehr bald wieder verloren.

Ein überhöhter Strand mit ungewöhnlich starken Verlusten kann vermieden werden, wenn die künstliche Sandzufuhr nicht in zeitlich größeren Abständen ausgeführt und dann wegen der Kosten der Baustelleneinrichtung mit einer übergroßen Auffüllung verbunden wird.

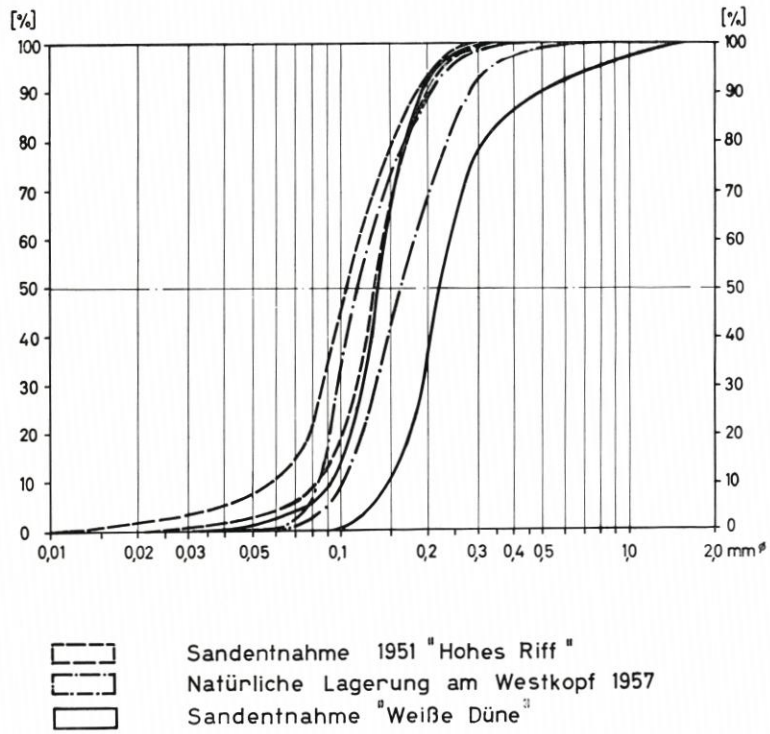


Abb. 26. Kornverteilung der Sande aus der Sandentnahme 1951, der natürlichen Lagerung am Westende der Insel und der vorgesehenen Sandentnahme für eine fortlaufende Sandnachspülung

Werden die Verluste dagegen jährlich ausgeglichen, wobei von einer für den Inselschutz ausreichenden Strandhöhe auszugehen ist, so werden die Verluste und damit die Sandzufuhr bei gleichbleibender Strandhöhe am geringsten sein. Nachspülungen in zeitlich größeren Abständen führen zu einem Pendeln der Strandhöhe zwischen einer maximalen und einer minimalen Lage, die zwar kurzzeitig zu einer (unnötig) starken Überdeckung der Schutzwerke führt, aber zwischenzeitlich ungenügend ist.

Zur Festlegung einer durch Sandnachspülung zu erhaltenden Strandhöhe können die Sandmengenänderungen am Strand nach der Aufspülung 1951—1952 ausgewertet werden. Als ausreichend ist die Strandhöhe im Frühjahr 1953 anzusehen (Abb. 7), denn sie erfüllt folgende Bedingungen:

1. Am West- und Nordweststrand der Insel, wo Sand künstlich zugeführt werden muß, waren 1953 der Deckwerksfuß und die Buhnen für den Inselschutz genügend mit Sand eingedeckt.
2. Die Strandneigung entspricht etwa der natürlichen, die sich auch bei tieferen Strandlagen einstellt.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

3. Die Strandhöhe am Deckwerksfuß liegt unterhalb MThw, so daß bei Sturmfluten der Sandverlust durch Brandung weniger stark sein wird.

Von der Strandhöhe des Jahres 1953 auszugehen, bietet sich auch deshalb an, weil die jährlichen Sandverluste nach der Aufspülung 1951—1952 zunächst sehr stark und ab 1953 ungefähr jährlich gleichbleibend waren (vgl. Abschn. II. 3.). Die Sandverluste betrugen im Mittel von 1953 bis 1957 in den Abschnitten 1 bis 6 (Gutachten Abschn. A bis D) rund 53 000 m³ Sand jährlich. Wenn diese Sandmenge mit einem Zuschlag für den teilweise der Zufuhr bedürfenden Abschnitt 7 jährlich wieder nachgefüllt wird, kann erwartet werden, daß innerhalb begrenzter Schwankungen, die durch wechselnde meteorologische Bedingungen verursacht werden, der Strand auf gleichbeibender Höhe gehalten wird. Vorzusehen wäre eine Sandzufuhr von jährlich rund 60 000 m³. Dabei ist unberücksichtigt, daß das gröbere Material im geringeren Umfange abgetragen werden wird.

Wenn es auch möglich sein würde, den Sand ausschließlich den an der Westspitze der Insel gelegenen Buhnenfeldern zuzuführen, weil er von dort auf natürliche Weise in die südlich und östlich anschließenden Buhnenfelder weitergetragen wird, würden bei diesem natürlichen Längstransport doch unnötig große Verluste eintreten. Die Sandzufuhr ist daher zweckmäßig auf einen größeren Strandbereich zu verteilen — etwa zwischen den Buhnen E bis J_1 (Abb. 24) —, zumal dadurch die Kosten der Förderanlage nur unwesentlich anwachsen. Bei einer solchen Ausdehnung des Spülbereichs wird in die benachbarten Buhnenfelder, in denen eine geringere Sandzufuhr nötig ist, Sand durch Brandung und Strömung ohne übergroße Verluste verfrachtet werden.

Die jährliche Nachfüllung des Strandes mit 60 000 m³ Sand bedingt das Verspülen einer größeren Menge, weil die Spülverluste hinzutreten, denn ein Teil des zu verspülenden Sand-Wasser-Gemisches fließt unmittelbar in das Meer ab. Der Spülverlust kann auf Grund der Erfahrungen während der Aufspülung 1951—1952 mit 35 % angesetzt werden, so daß die jedes Jahr zu fördernde Sandmenge 60 000 + 21 000 = 81 000 m³ beträgt.

Eine jährliche Sandzufuhr von abgerundet 80 000 m³, die am günstigsten ist, weil dann die insgesamt im Laufe der Zeit notwendige Fördermenge am geringsten bleibt, ist deswegen anzustreben, weil für den Förderbetrieb eine feste Anlage geschaffen werden muß. Denn nach Umstellung der Strandunterhaltung auf die künstliche Sandzufuhr muß die hierzu notwendige Einrichtung ständig betriebsbereit sein, um plötzliche Sandverluste so schnell wie möglich ausgleichen zu können, da dann die Sicherung der Insel von der künstlichen Sandzufuhr abhängig ist. Eine solche Daueranlage ist am vorteilhaftesten zu bemessen und zu betreiben, wenn sie auf jährlichen Betrieb abgestellt wird. Eine feste Anlage muß auch deshalb geschaffen werden, weil für die Sandförderung entlang der Nordseite der Insel das herkömmliche Gerät weniger geeignet ist. Bei einer Daueranlage, für die auch im Gegensatz zur wiederholt zu errichtenden Anlage die häufigen Auf- und Abbaukosten eingespart werden können, kann in der Gestaltung auch Rücksicht auf den Kurbetrieb genommen werden.

Der Sand wird so weit östlich entnommen, daß auch bei wechselnder Lage des Riffanlandungspunktes der stetige Sandnachschub gesichert ist. Ein ausreichender Sandnachschub ist dort vorhanden, da dem Strand aus dem Riffbogen jährlich mit Sicherheit 130 000 m³ und schätzungsweise weitere 130 000 bis 180 000 m³ Sand zufließen (Homeier und Kramer 1956).

Das von der Entnahmestelle zum Weststrand geförderte Sandmaterial wird, nachdem es wieder vom Strand abgetragen worden ist, erneut dem Riffbogen zugeführt und letztlich wieder an der Entnahmestelle angelandet (Abb. 24). Es wird also ein zusätzlicher Sandkreislauf neben der großräumigen Sandbewegung im Seegebiet vor Norderney erzeugt. Daß sich die Sandentnahme ungünstig auf den ostwärts anschließenden Strand auswirkt, ist

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

nicht zu befürchten, da die jährlich zu entnehmende Menge nur ein Teil des aus dem Riffbogen zugeführten Sandes ist. Außerdem wird eine Verminderung der Zufuhr nach „Auffüllung" des zusätzlichen Kreislaufs beendet sein, weil das entnommene Sandmaterial zur Ausgangsstelle zurückfließt. Für den im guten Zustand befindlichen breiten Strand an der „Weißen Düne" (Abb. 27) und den rückwärtigen Dünengürtel sind daher keine nachteiligen Folgen zu erwarten.

Um die Strandhöhe des Jahres 1953 wiederherzustellen, auf deren Erhaltung der Betrieb der Anlage zur fortlaufenden Nachspülung abzustellen wäre, ist es notwendig, in den ersten Jahren nach Aufnahme des Betriebes ein Mehrfaches der jährlichen Menge von 80 000 m³ zu

Arch. Aufn. Nr. 38 a, Forschungsstelle Norderney

Abb. 27
Strand an der „Weißen Düne" 1958. Blick von der Niedrigwasserlinie über den breiten Strand zur Dünenkette

fördern. Die Fehlmengen von 1953 bis zum Beginn des Betriebes werden zusätzlich auf den Strand zu bringen sein. Der praktische Betrieb wird zeigen, welche Abweichungen sich ergeben. Vor allem läßt sich nicht übersehen, welche Sandmengen eingespart werden können, weil der zu fördernde Sand grobkörniger und damit lagebeständiger ist als der natürliche Strandsand.

Wenn auch nicht auf die technische Durchbildung der Förderanlage eingegangen werden soll, so dürfte nach den bisherigen Untersuchungen das Spülverfahren am vorteilhaftesten sein. Der Sand wäre durch einen kleineren Saugbagger, der bei Sturmfluten aus dem Baggerloch am Strand vor der Weißen Düne herausgezogen und in den Vordünen abgestellt werden kann, oder mittels einer Schrapperanlage zu gewinnen. Vom Saugbagger bzw. der Schrapperanlage wäre das Spülgut wegen der großen Entfernung über Zwischenpumpen zum Westende der Insel zu fördern. In einer Daueranlage könnte der Betrieb weitgehend automatisiert werden, wodurch Personal eingespart wird und die Betriebskosten gesenkt werden.

Die Entnahme mittels Saugbagger oder Schrapper setzt voraus, daß der Sand in genügender Mächtigkeit ansteht. Da Bohrungen an der Weißen Düne gleichartigen marinen Sand bis $-30{,}0$ m NN und darunter nachweisen, kann ohne Schwierigkeiten Material bis zu 10 m Tiefe entnommen werden. Als Entnahmegebiet ist eine Fläche von 1000 m $\times$ 200 m vorgesehen (Abb. 24). Hier können $1000 \cdot 200 \cdot 10 = 2$ Mill. m³ Sand gewonnen werden, die 25 Jahresmengen entsprechen, auch wenn in der Zwischenzeit keinerlei Sand dem Baggerloch zu-

fließt. Eine Tiefe von 10 m wird im praktischen Betrieb nicht entstehen, da dies durch das Nachfließen des Sandes unterhalb des Wasserspiegels in das Baggerloch (Schwimmsand) verhindert wird. Sollten durch den nachfließenden Sand die Randdünen in Mitleidenschaft gezogen werden, so dürften sich daraus keine Gefahren für die Insel ergeben, da der Dünengürtel in diesem Strandbereich sehr breit ist. Auch ließe sich die jeweilige Entnahme innerhalb des vorgesehenen Bereiches so legen, daß die Schäden an der Randdüne gering bleiben.

Das gesamte Entnahmegebiet wird jedoch vermutlich nicht benötigt werden, weil sich durch die Sandzufuhr aus den Strandriffen und durch Sandstäubung bereits bei einer kleineren Entnahmefläche Sandzufuhr und Baggermenge ausgleichen werden. Besonders durch Sturmfluten wird dem Baggerloch Sand von den Strandriffen her zugeführt werden.

Die Baukosten einer festen Spülanlage sind im Vergleich mit anderen bisher erörterten Vorschlägen zur dauernden Inselsicherung niedrig. Die jährlichen Betriebskosten dürften auf lange Sicht etwa den Kosten entsprechen, die einerseits zur Unterhaltung einer sonst für den Inselschutz notwendigen Großmaßnahmen aufgewandt werden müssen und andererseits bei der Unterhaltung der vorhandenen und dann ausreichenden Schutzwerke eingespart werden können.

Der fortlaufende Ersatz der Sandverluste an Seestränden als Mittel zur Stranderhaltung ist bisher in Europa nicht angewandt worden. In Amerika und Südafrika sind dagegen bereits mehrere Anlagen in Betrieb (KRAMER 1957), die jedoch in der Gesamtanordnung von der geplanten abweichen.

3. Stellungnahme der Arbeitsgruppe Norderney zum Plan einer jährlichen Sandaufspülung

Die Arbeitsgruppe Norderney des Küstenausschusses Nord- und Ostsee trat im Februar 1958 in Norderney zusammen. Dort wurde ihr über die Strandentwicklung nach der Aufspülung 1951—1952 und über die Ergebnisse neuerer Untersuchungen zur Frage des Inselschutzes berichtet. Weiterhin wurden die baulichen Pläne zur Sicherung der Insel, wie die Verlängerung der Buhne E (ARBEITSGRUPPE NORDERNEY 1952, WASSER- U. SCHIFFAHRTSAMT NORDEN 1953, HANNOVERSCHE VERSUCHSANSTALT 1957), der Aus- und Umbau der vorhandenen Inselschutzwerke sowie der vorbeschriebene Plan zur fortlaufenden Strandaufspülung erörtert. Von der Wiedergabe der Einzelheiten, die nicht im unmittelbaren Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit stehen, kann hier abgesehen werden.

Die Arbeitsgruppe*) faßte als Ergebnis ihrer Beratungen zusammen:

„Feststellungen und Empfehlungen

der Arbeitsgruppe Norderney des Küstenausschusses Nord- und Ostsee betr. Sicherungsarbeiten für den Sockel der Insel Norderney, beschlossen am 16. 2. 1958 nach einer Besichtigung der Inselschutzwerke und nach Vorträgen von Mitgliedern der Forschungsstelle Norderney über die Strandentwicklung und die geplanten weiteren Baumaßnahmen.

1. Die Untersuchungen der Forschungsstelle Norderney haben in den letzten Jahren keine

*) Teilnehmer:

Von der Arbeitsgruppe:	Professor Dr.-Ing. HENSEN
	Präsident Dr.-Ing. WALTHER
	Präsident i. R. Dr.-Ing. E. h. PLATE
	Regierungsbaudirektor Dr.-Ing. LÜDERS
	Oberregierungs- u. -baurat i. R. SCHUMACHER
	Oberregierungsbaurat ROLLMANN
Vom Küstenausschuß:	Der Vorsitzende: Professor Dr.-Ing. E. h. Dr.-Ing. AGATZ
	Der Leiter des Arbeitsausschusses: Reg.Baudirektor i. R. HENSEN

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

grundsätzlich neuen Erkenntnisse gegenüber den früheren Auffassungen gebracht. Sie ergaben aber eine wertvolle Verfeinerung der bisherigen Ergebnisse und eine Bestätigung der von der Arbeitsgruppe Norderney erwarteten Strandveränderungen.

2. Grundsätzlich ist erwiesen, daß die Sandaufspülungen in den Jahren 1951/52 zweckentsprechend waren. Die Schätzung der zu erwartenden Sandverluste nach der Aufspülung hat sich im großen ganzen bestätigt.
3. Die Verlängerung der Buhne E ist baulich durchdacht worden; ihre zweckmäßigste Bauweise wurde durch Modellversuche vorbereitet. Die technische Ausführung bietet keine besonderen Schwierigkeiten. Die Baukosten werden mindestens etwa 25 Mill. DM betragen. Gegenwärtig gibt es aber noch keinen Anlaß, diesen Bau als dringlich zu empfehlen.
4. Eine Änderung des Buhnensystems (Länge und Höhe der Buhnen) verspricht keinen sicheren Erfolg. Eine Vorspülung von Sand wird den gewünschten Erfolg sicherer bringen.
5. Die von der Forschungsstelle vorgeschlagene, im Ausland bereits an verschiedenen Stellen bewährte, wiederholte Sandvorspülung ist die wirtschaftlichste Möglichkeit zur Inselsicherung. Ihr Vorteil ist, daß jeweils die am meisten gefährdeten Buhnenfelder mit Vorrang und sofort nach einem größeren Sandverlust aufgespült werden können, wobei man vielleicht mit kleineren Sandmengen als bei Aufspülungen in zeitlich größeren Abständen auskommen wird.
6. Die Entnahmestelle für den zu verspülenden Sand sollte weiter nach Osten, als von der Forschungsstelle vorgeschlagen, gelegt werden. Der Sand sollte flächenhaft aus dem trockenen und nassen Strand und nicht von einer Brücke aus dem Vorstrand entnommen werden. Maßgebend sind hierfür folgende Gründe:
   a) Es muß die technische Möglichkeit geschaffen werden, jederzeit Sand aus dem Strand zu entnehmen und an gefährdete Stellen zu spülen. Diese Möglichkeit muß auch im Winter vorhanden sein, damit die durch Sturmfluten eingetretenen Sandverluste — wenn notwendig — sofort ersetzt werden können.
   b) Die von der Forschungsstelle vorgeschlagene Entnahmestelle könnte später vielleicht im Sandmangelgebiet liegen.
   c) Die Kosten dieser Anlage werden wahrscheinlich geringer sein als die Sandentnahme von einer jährlich neu zu setzenden Brücke aus.
7. Hauptziel aller Untersuchungen muß die Sicherung des Inselsockels sein. Die Forschungsstelle sollte daher weiterhin die Veränderungen des Strandes und auch der weiträumigen Umgebung der Insel laufend überwachen. Die Frage der Wasservertriftung über das Juister Watt muß weiter verfolgt werden, da die bisher ermittelten Zahlen noch mit einem Fehler von ± 30 % behaftet sind. Die Sandwanderung sollte ebenfalls weiter untersucht werden. Die Arbeitsgruppe ist der Auffassung, daß den Naturkräften nicht mit Gewalt begegnet werden darf.
8. Die Dünendeckwerke sind in ihrer gegenwärtigen Ausführung zu erhalten. Bei notwendigen Erneuerungen ist die Höhe des Wellenauflaufes zu berücksichtigen."

Zu Punkt 6 ist zu bemerken: Wenn eine weiter östlich gelegene Sandentnahme empfohlen wird, so deshalb, weil der vor der Arbeitsgruppe erläuterte Plan von einer westlicheren Entnahmestelle ausging. Ebenfalls unterschied sich deren technische Durchbildung von derjenigen, deren Grundzüge im vorhergehenden Abschnitt umrissen sind. Auch sind die unter Punkt 6 a—c gegebenen Empfehlungen in der vorliegenden Ausarbeitung berücksichtigt worden.

IV. Zusammenfassung und Schlußbetrachtung

Die Vorgeschichte, Voruntersuchungen sowie die technische Durchführung der Strandaufspülung 1951—1952, die als zweckmäßiges technisches Verfahren empfohlen worden war, den seinerzeit sofort nötigen Inselschutz wiederherzustellen, wurden behandelt. Die mit den Veränderungen des Strandes verbundenen Änderungen der aufgespülten Sandmengen wurden angegeben und die vor der Aufspülung geschätzten und nachher beobachteten Sandverluste gegenübergestellt. Die Aufspülung hat ihre Aufgabe erfüllt und kann als wirtschaftliche Insel-

schutzmaßnahme angesehen werden. Die Strandabnahme nach der Aufspülung, die von vornherein erwartet wurde, da die den Abtrag des Strandes bewirkenden Naturkräfte durch eine solche Maßnahme nicht beeinflußt wurden, ist inzwischen so weit fortgeschritten, daß über die nunmehr zu treffenden weiteren Inselschutzmaßnahmen entschieden werden muß.

Für den zukünftigen Inselschutz wurde ein Plan zur Fortsetzung der Aufspülung 1951 bis 1952 durch jährlich zu wiederholende Sandaufspülungen entwickelt. Die für die Erhaltung des Strandes notwendigen Sandmengen und der Ort für die Sandentnahme konnten bestimmt werden. Durch eine jährlich zu betreibende Dauerspülanlage soll ein „Sandkreislauf" zwischen dem Westende der Insel mit Sandverlusten und dem Sandanlandungsgebiet auf der Nordseite der Insel an der „Weißen Düne" geschaffen werden. Von der Arbeitsgruppe Norderney des Küstenausschusses Nord- und Ostsee wurde zu dem Plan einer fortlaufenden Sandnachspülung Stellung genommen und als zweckmäßiges Vorhaben zur Inselsicherung bezeichnet, das erfolgversprechender und wirtschaftlicher als die anderen in den letzten Jahren erörterten baulichen Maßnahmen angesehen wird.

Dem Vorschlag, einen ausreichenden Inselschutz zukünftig durch fortlaufende Strandnachspülungen zu schaffen, liegt auch die Erkenntnis zugrunde, daß anzustreben ist, Mißstände als Wirkungen von Naturkräften möglichst dort zu beseitigen, wo sie auftreten. In dieser Weise vorzugehen, erscheint erfolgversprechender, als in mehr oder weniger großer räumlicher Entfernung Eingriffe vorzunehmen, die außerdem zu vorher nicht abschätzbaren und möglicherweise später nicht mehr zu kontrollierenden, unerwünschten Wirkungen führen können — zu deren Beseitigung wiederum zusätzliche Aufwendungen notwendig sind. Außerdem verstößt eine Sandaufspülung nicht gegen das Naturgeschehen, sondern fügt sich ihm ein, indem die ungenügende natürliche durch eine künstliche Sandzufuhr ergänzt wird. Die nachteiligen Wirkungen der Naturkräfte werden dadurch ausgeglichen, aber ihre Wirkungen nicht verhindert oder deren Ursachen beseitigt, wie es durch andere Vorschläge zum Inselschutz erreicht werden soll. Eine Daueranlage zur fortlaufenden Sandnachspülung hat jedoch mit den anderen Plänen die Zielsetzung gemeinsam, dem Strand Sand zuzuführen. Unterschiedlich ist nur der einzuschlagende Weg, wobei das „Spülverfahren" von der „klassischen Seebautechnik" abweicht. Die Strandunterhaltung durch fortlaufende Nachspülung bedingt einen „Betrieb", durch den ebenfalls ein Bauwerk — eine Sandauffüllung kann als solches, wenn auch von kurzer Lebensdauer, bezeichnet werden — geschaffen wird, dessen Funktion jedoch richtig aufgefaßt werden will.

V. Schriftenverzeichnis

Akkermann, M.: Die Umlagerungen des Sandes im Seegebiet vor Norderney und auf der Insel. Forschungsstelle Norderney, Jahresber. 1955, Bd. VII, 1956. Dienstbericht.

Arbeitsgruppe Norderney des Küstenausschusses Nord- und Ostsee: Gutachtliche Stellungnahme zu den Untersuchungen über die Ursachen der Abbruchserscheinungen am West- und Nordweststrand der Insel Norderney sowie zu den zum Schutze der Insel vorgeschlagenen bautechnischen Maßnahmen. Die Küste, Jg. 1, H. 1, 1952.

Forschungsstelle Norderney: Die Ursachen der Abbruchserscheinungen am West- und Nordweststrand der Insel Norderney und die Beurteilung der zum Schutz der Insel vorgeschlagenen bautechnischen Maßnahmen. Forschungsstelle Norderney, Jahresber. 1949, Bd. I, unveröffentlicht.

Forschungsstelle Norderney: V. Zusammenstellung von Unterlagen für die Arbeitsgruppe Norderney des Küstenausschusses Nord- und Ostsee. 1958, unveröffentlicht.

Fülscher: Über Schutzbauten zur Erhaltung der ost- und nordfriesischen Inseln. Berlin 1905.

Gaye, J.: Entwicklung und Erhaltung der ostfriesischen Inseln. Zentralbl. d. Bauverw. H. 22, 1934.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

GAYE, J. u. WALTHER, F.: Die Wanderung der Sandriffe vor den ostfriesischen Inseln. Die Bautechnik. H. 41. 1935.

GAYE, J. u. WALTHER, F.: Bericht über Schutzbauten zur Erhaltung der ostfriesischen Inseln Juist, Norderney, Baltrum, Langeoog und Spiekeroog in der Zeit von 1900 bis 1928. Norden/Norderney 1929, unveröffentlicht.

HANNOVERSCHE VERSUCHSANSTALT FÜR GRUNDBAU UND WASSERBAU: Modellversuche für die Verlängerung der Buhne E. Unveröffentlichter Versuchsbericht, 1957.

HOMEIER, H. u. KRAMER, J.: Verlagerung der Platen im Riffbogen vor Norderney und ihre Anlandung an den Strand. Forschungsstelle Norderney, Jahresber. 1956, Bd. VIII. Dienstbericht.

KÖRITZ, D.: Quantitative Untersuchung der Wasservertriftung über das Juister Watt. Forschungsstelle Norderney, Jahresber. 1954, Bd. VI. Dienstbericht.

KRAMER, J.: Künstliche Wiederherstellung von Stränden unter besonderer Berücksichtigung der Strandaufspülung Norderney 1951/52. Forschungsstelle Norderney, Jahresber. 1957, Bd. IX. Dienstbericht.

KRAMER, J. u. HOMEIER, H.: Die Auswirkung der Inselschutzwerke auf die Strandentwicklung im Westteil von Norderney. Forschungsstelle Norderney, Jahresber. 1954, Bd. VI. Dienstbericht.

PEPER, G.: Die Entstehung und Entwicklung der Inselschutzwerke auf Norderney mit besonderer Berücksichtigung der Bauten der letzten Jahre. N. Arch. Niedersachsen, Bd. 8 (13), Heft 3, 1955/56.

THILO, R. u. KURZAK, G.: Die Ursachen der Abbruchserscheinungen am West- und Nordweststrand der Insel Norderney. Die Küste, Jg. 1, H. 1, 1952.

WASSER- UND SCHIFFAHRTSAMT NORDEN: Entwurf für die Verlängerung der Buhne E auf Norderney um 1000 m (Südwestbuhne). Norden 1953, unveröffentlicht.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Westküste

Archiv für Forschung, Technik und Verwaltung in Marsch und Wattenmeer

Inhaltsverzeichnis der erschienenen Hefte[1])

Jahrgang 1, Heft 1, 1938

Schow, Wilhelm, Vizepräsident Dr.
Neugestaltung durch Gesetzgebung und Verwaltung in der Landeskulturarbeit an der Westküste Schleswig-Holsteins
Lorenzen, J. M., Regierungs- und Baurat
Planung und Forschung im Gebiet der Schleswig-Holsteinischen Westküste
Pfeiffer, Oberregierungs- und Baurat Dr.-Ing.
Die Arbeiten an der schleswig-holsteinischen Westküste seit 1933
Kolumbe, Erich, Dr.
Wissenschaft und Landgewinnungsarbeit

Jahrgang 1, Heft 2, 1938 (vergriffen)

Röhrs, Wilhelm, Regierungsbaurat
Der Dammbau zur Sicherung des Seedeiches an der Friedrichskoogspitze in Süderdithmarschen
Haberstroh, E. G., Regierungsbaurat
Forschungsarbeiten im dithmarscher Wattenmeer
Wohlenberg, Erich, Dr.
Biologische Kulturmaßnahmen mit dem Queller (*Salicornia herbacea* L.) zur Landgewinnung im Wattenmeer
Dittmer, Ernst, Dr.
Schichtenaufbau und Entwicklungsgeschichte des dithmarscher Alluviums

Jahrgang 1, Heft 3, 1939

Weinnoldt, Erich, Oberregierungs- und Baurat und
Kiehnel, Horst, Regierungsbaurat Dr.
Die Eiderabdämmung und die wasserwirtschaftlichen Maßnahmen im Eidergebiet

[1]) Anmerkung des Herausgebers: In den Jahren 1938 bis 1943 ist vom Oberpräsidenten der Provinz Schleswig-Holstein die Schriftenreihe „Westküste" herausgegeben worden. Diese Schriftenreihe stellte ein „Archiv für Forschung, Technik und Verwaltung in Marsch und Wattenmeer" dar. Eine Herausgabe weiterer Hefte ist durch den Krieg verhindert worden. Erst 1952 ist nach der Bildung des Küstenausschusses Nord- und Ostsee mit der Herausgabe von Aufsätzen aus Forschung und Technik an der Nord- und Ostsee in der Schriftenreihe „Die Küste" im Sinne der früheren „Westküste" fortgefahren worden.

Die zahlreichen in den beiden Schriftenreihen bisher veröffentlichten Arbeiten aus den vielen Teilgebieten der Küstenforschung und Küstenarbeit lassen es geboten erscheinen, einen Überblick über das bisher Geschaffene zu geben. Es wird deshalb im nachfolgenden eine Zusammenstellung des Inhalts der sieben Hefte der „Westküste" mit einem Verfasserverzeichnis gegeben und anschließend das gleiche für die ersten neun Hefte der „Küste".

KIEHN, Friedrich, Deichbaumeister
Die alten Verbände im Eidergebiet und der Eiderverband
IWERSEN, Jens, Landwirtschaftsrat Dr.
Landwirtschaftliche Planung und betriebswirtschaftliche Neuordnung im Eidergebiet
LEX, Otto, Regierungs- und Kulturrat
Die Umlegung im Eidergebiet
WEINNOLDT, Erich, Oberregierungs- und Baurat
Der Eiderplan als Gesamtaufgabe

Jahrgang 1, Sonderheft, 1938 (vergriffen)

IWERSEN, Jens, Landwirtschaftsrat Dr.
Ein Verfahren landwirtschaftlicher Planung und betriebswirtschaftlicher Neuordnung eines Meliorationsgebietes

Jahrgang 2, Heft 1, 1939

MAGENS, Claus, Dr.-Ing.
Die Grundwasserstandsbewegungen beim Bau der Eiderschleuse bei Nordfeld
BANTELMANN, Albert, Dr.
Das nordfriesische Wattenmeer, eine Kulturlandschaft der Vergangenheit
BUSCH, Andreas
Alte Deichquerschnitte auf Sylt, ein Beitrag zu den Fragen der Anfangsentwicklung des Deichbaues
DITTMER, Ernst, Dr.
Zur Verbreitung altinterglazialer Meeresablagerungen in Nordfriesland
DITTMER, Ernst, Dr.
Einrichtung einer Bohrsammelstelle in Husum

Jahrgang 2, Doppelheft 2/3, 1940

LORENZEN, J. M., Regierungs- und Baurat
Der Ausschuß für Untersuchungen an der schleswig-holsteinischen Westküste beim Oberpräsidium in Kiel
LÜPKES, Habbo, Regierungs- und Baurat und
SIEMENS, Hans Peter, Regierungsbaurat
Planung und Stand der Maßnahmen zur Sicherung des Ellenbogens von Sylt
GRIPP, Karl, Professor Dr. und
SIMON, Wilhelm Georg, Dr.
Untersuchungen über den Aufbau und die Entstehung der Insel Sylt, I Nord-Sylt
GRIPP, Karl, Professor Dr. und
BECKER, Wilhelm, Baurat Dr.-Ing.
Untersuchungen über den Aufbau und die Entstehung der Insel Sylt, II Mittel-Sylt
ANDRESEN, Ludwig, Dr. h. c.
Bäuerliche und landesherrliche Leistung in der Landgewinnung im Amte Tondern bis 1630

Brockmann, Christoph
Diatomeen als Leitfossilien in Küstenablagerungen
Grund, Erika
Dr. Eugen Träger, ein Vorkämpfer für die Erhaltung der Halligen und die Landeskulturarbeiten an der schleswig-holsteinischen Westküste

Kriegsheft 1943

Ostendorff, E., Dr.
Die Grund- und Bodenverhältnisse der Watten zwischen Sylt und Eiderstedt
Plath, Martin, Dr.
Die biologische Bestandsaufnahme als Verfahren zur Kennzeichnung der Wattsedimente und die Kartierung der nordfriesischen Watten
Iwersen, Jens, Oberregierungs- und -kulturrat Dr.
Zur bodenkundlichen Kartierung des nordfriesischen Wattgebietes
Hermann, Franz, Dipl.agr. Dr.
Über den physikalischen und chemischen Aufbau von Marschböden und Watten verschiedenen Alters
König, Dietrich, Dr.
Vergleichende Bestandsaufnahmen an bodenbewohnenden Watt-Tieren im Gebiet des Sicherungsdammes vor dem Friedrichskoog (Süderdithmarschen) in den Jahren 1935—1939

Verfasserverzeichnis

Andresen, L.
Bäuerliche und landesherrliche Leistung in der Landgewinnung im Amte Tondern bis 1630. 2, H. 2/3, 1940.
Bantelmann, A.
Das nordfriesische Wattenmeer, eine Kulturlandschaft der Vergangenheit. 2, H. 1, 1939.
Brockmann, Chr.
Diatomeen als Leitfossilien in Küstenablagerungen. 2, H. 2/3, 1940.
Busch, A.
Alte Deichquerschnitte auf Sylt, ein Beitrag zu den Fragen der Anfangsentwicklung des Deichbaues. 2, H. 1, 1939.
Dittmer, E.
Schichtenaufbau und Entwicklungsgeschichte des dithmarscher Alluviums. 1, H. 2, 1938. (Vergriffen)
— Einrichtung einer Bohrsammelstelle in Husum. 2, H. 1, 1939.
— Zur Verbreitung altinterglazialer Meeresablagerungen in Nordfriesland. 2, H. 1, 1939.
Gripp, K. u. Simon, W. G.
Untersuchungen über den Aufbau und die Entstehung der Insel Sylt, I. Nord-Sylt. 2, H. 2/3, 1940.
Gripp, K. u. Becker, W.
Untersuchungen über den Aufbau und die Entstehung der Insel Sylt, II. Mittel-Sylt. 2, H. 2/3, 1940.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

GRUND, E.
Dr. Eugen Träger, ein Vorkämpfer für die Erhaltung der Halligen und die Landeskulturarbeiten an der schleswig-holsteinischen Westküste. 2, H. 2/3, 1940.

HABERSTROH, E. G.
Forschungsarbeiten im dithmarscher Wattenmeer. 1, H. 2, 1938. (Vergriffen)

HERMANN, F.
Über den physikalischen und chemischen Aufbau von Marschböden und Watten verschiedenen Alters. Kriegsheft 1943.

IWERSEN, J.
Ein Verfahren landwirtschaftlicher Planung und betriebswirtschaftlicher Neuordnung eines Meliorationsgebietes. 1, Sonderheft, 1938. (Vergriffen)

— Landwirtschaftliche Planung und betriebswirtschaftliche Neuordnung im Eidergebiet. 1, H. 3, 1939.

— Zur bodenkundlichen Kartierung des nordfriesischen Wattgebietes. Kriegsheft 1943.

KIEHN, F.
Die alten Verbände im Eidergebiet und der Eiderverband. 1, H. 3, 1939.

KÖNIG, D.
Vergleichende Bestandsaufnahmen an bodenbewohnenden Watt-Tieren im Gebiet des Sicherungsdammes vor dem Friedrichskoog (Süderdithmarschen) in den Jahren 1935—1939. Kriegsheft 1943.

KOLUMBE, E.
Wissenschaft und Landgewinnungsarbeit. 1, H. 1, 1938.

LEX, O.
Die Umlegung im Eidergebiet. 1, H. 3, 1939.

LORENZEN, J. M.
Planung und Forschung im Gebiet der Schleswig-Holsteinischen Westküste. 1, H. 1, 1938.

— Der Ausschuß für Untersuchungen an der schleswig-holsteinischen Westküste beim Oberpräsidium in Kiel. 2, H. 2/3, 1940.

LÜPKES, H. u. SIEMENS, H. P.
Planung und Stand der Maßnahmen zur Sicherung des Ellenbogens von Sylt. 2, H. 2/3, 1940.

MAGENS, C.
Die Grundwasserstandsbewegungen beim Bau der Eiderschleuse bei Nordfeld. 2, H. 1, 1939.

OSTENDORFF, E.
Die Grund- und Bodenverhältnisse der Watten zwischen Sylt und Eiderstedt. Kriegsheft 1943.

PLATH, M.
Die biologische Bestandsaufnahme als Verfahren zur Kennzeichnung der Wattsedimente und die Kartierung der nordfriesischen Watten. Kriegsheft 1943.

PFEIFFER
Die Arbeiten an der schleswig-holsteinischen Westküste seit 1933. 1, H. 1, 1938.

RÖHRS, W.
Der Dammbau zur Sicherung des Seedeiches an der Friedrichskoogspitze in Süderdithmarschen. 1, H. 2, 1938. (Vergriffen)

SCHOW, W.
Neugestaltung durch Gesetzgebung und Verwaltung in der Landeskulturarbeit an der Westküste Schleswig-Holsteins. 1, H. 1, 1938.

Weinnoldt, E. u. Kiehnel, H.
Die Eiderabdämmung und die wasserwirtschaftlichen Maßnahmen im Eidergebiet. 1, H. 3, 1939.
Weinnoldt, E.
Der Eiderplan als Gesamtaufgabe. 1, H. 3, 1939.
Wohlenberg, E.
Biologische Kulturmaßnahmen mit dem Queller (*Salicornia herbacea* L.) zur Landgewinnung im Wattenmeer. 1, H. 2, 1938. (Vergriffen)

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Die Küste

Archiv für Forschung und Technik an der Nord- und Ostsee

Inhaltsverzeichnis der bisher erschienenen Hefte

Jahrgang 1, Heft 1, 1952

Geleitworte
Der Bundesminister für Verkehr
Der Niedersächsische Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
Der Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Schleswig-Holstein
Die Mitarbeiter des „Küstenausschusses Nord- und Ostsee"
Organisation und Aufgaben des „Küstenausschusses Nord- und Ostsee"
Thilo, Rudolf, Regierungs- und Baurat und
Kurzak, Günther, Regierungsbaurat
Die Ursachen der Abbruchserscheinungen am West- und Nordweststrand der Insel Norderney
Lüders, Karl, Oberregierungsbaurat Dr.-Ing.
Die Wirkung der Buhne H in Wangerooge-West auf das Seegat „Harle"
Küstenausschuss Nord- und Ostsee, Arbeitsgruppe Norderney
Gutachtliche Stellungnahme zu den Untersuchungen über die Ursachen der Abbruchserscheinungen am West- und Nordweststrand der Insel Norderney sowie zu den zum Schutze der Insel vorgeschlagenen seebautechnischen Maßnahmen
Niebuhr, Wulff, Regierungsbaurat Dr.-Ing.
Über die neuere Entwicklung der Außenems und ihre vermutlichen Ursachen
Schelling †, Heinz, Oberregierungsbaurat
Die Sturmfluten an der Westküste von Schleswig-Holstein unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse am Pegel Husum

Jahrgang 1, Heft 2, 1952

Kannenberg, Ernst-Günther, Dr.
Das Lübecker Lokal-Schrifttum über das Brodtener Ufer
Gripp, Karl, Professor Dr.
Die Entstehung der Lübecker Bucht und des Brodtener Ufers
Seifert, Gerhard
Der Aufbau und die geologische Entwicklung des Brodtener Ufers und der angrenzenden Niederungen
Dücker, Alfred, Dr.
Über die physikalischen Eigenschaften der das Brodtener Ufer aufbauenden Bodenarten und ihre Bedeutung für den Steiluferrückgang und Errichtung eines Uferschutzwerks
Schmitz, Heinz, Professor Dr.
Pollenanalytische Untersuchungen an der inneren Lübecker Bucht
Otto, Wolfgang
Sedimentpetrographische Untersuchungen an der Küste der inneren Lübecker Bucht

RUCK, Klaus-Wolfgang
Seegrundkartierung der Lübecker Bucht
SPETHMANN, Hans, Dr.
Studien an den Flanken des Brodtener Ufers
STARK, Erich
Hohe Wasserstände in der Lübecker Bucht von 1885 bis 1949
DIETRICH, Günter, Dr. und
WEIDEMANN, Hartwig, Dr.
Strömungsverhältnisse in der Lübecker Bucht
HANSEN, Walter, Oberregierungsrat Dr.
Hydrographische Untersuchungen in der Lübecker Bucht
CHRISTIANSEN, Willi, Dr. h. c. und
PURPS, Hans
Die Pflanzenwelt des Brodtener Ufers
PETERSEN, Marcus, Regierungsbaurat Dr.-Ing.
Abbruch und Schutz der Steilufer an der Ostseeküste (Samland bis Schleswig-Holstein)
KÖSTER, Erhard
Die Veränderungen im Steilufer und in der Strandterrasse des Naturschutzgebietes Stoltera bei Warnemünde

Jahrgang 2, Heft 1, 1953

Würdigung Wasserstraßendirektor Dr.-Ing. H. PFEIFFER
DITTMER, Ernst, Dr.
Zur Geologie und Bedeichungsgeschichte der Finkhaushallig
WOHLENBERG, Erich, Dr. habil. und
PLATH †, Martin, Dr.
Produktionsbiologische Untersuchungen auf eingedeichten Wattflächen
IWERSEN, Jens, Professor Dr.
Das Problem der Kultivierung eingedeichter Watten

Jahrgang 2, Heft 2, 1953

Würdigung Oberbaudirektor Dr.-Ing. E. h. L. PLATE
DELTAKOMMISSION, Den Haag
Drittes Zwischengutachten der Deltakommission über die Zweckmäßigkeit der Abdämmung der Meeresarme zwischen Rotterdamsche Waterweg und Westerschelde
BOTHMANN, Walter, Oberregierungsbaurat
Die Sicherung des Seedeichs vor dem Wesselburener Koog in Norderdithmarschen
WOHLENBERG, Erich, Dr. habil.
Sinkstoff, Sediment und Anwachs am Hindenburgdamm
JACOBY, Gustav, Oberregierungsbaurat i. R.
Helgoland bei Johannes Mejer und Adam von Bremen
DIETRICH, Günter, Dr. habil.
Ozeanographisch-meteorologische Einflüsse auf Wasserstandsänderungen des Meeres am Beispiel der Pegelbeobachtungen von Esbjerg

Niebuhr, Wulff, Oberregierungsbaurat Dr.-Ing.
Bemerkenswerte Veränderungen am Großen Vogelsand in der Außenelbe seit der Jahrhundertwende
Linke, Otto, Dr.
Eine selbsttätige Pegel-Spüleinrichtung

Jahrgang 3, Heft 1/2, 1954

Nachruf Ministerialrat E. Weinnoldt
Nachruf Professor Dr. Jens Iwersen
Agatz, Arnold, Professor Dr.-Ing. E.h. Dr.-Ing.
Eröffnungsansprache anläßlich der ersten Arbeitstagung des Küstenausschusses Nord- und Ostsee am 23. März 1954 in Hannover
Gaye, Julius, Ministerialrat i. R.
Die deutsche Küstenforschung und der Seewasserbau
Lorenzen, Johann M., Wasserstraßendirektor
Hundert Jahre Küstenschutz an der Nordsee
Kressner, Bernhard, Baudirektor Dr.-Ing.
Schlickbaggerung und Schlickverwertung bei der Wasserbauverwaltung
Iwersen †, Jens, Professor Dr.
Verwertung von Schlick in der Landwirtschaft
Lüders, Karl, Oberregierungs- und -baurat Dr.-Ing.
Allgemeine Bemerkungen zum Bilanzbericht „Wasserbauliche Hydrometrie"
Departmental Committee on Coastal Flooding
Die Sturmflut vom 31. Januar/1. Februar 1953 in England. Cambridge 1954
Tomczak, Gerhard, Regierungsrat Dr.
Was lehrt uns die Holland-Sturmflut 1953?
Hundt, Claus, Dipl.-Ing.
Maßgebende Sturmfluthöhen für das Deichbestick der schleswig-holsteinischen Westküste
Petersen, Marcus, Regierungs- und Baurat Dr.-Ing.
Über die Grundlagen zur Bemessung der schleswig-holsteinischen Landesschutzdeiche
Dittmer, Ernst, Dr.
Deichverstärkung und Baugrund

Jahrgang 4, 1955

Körner, Burghard, o. Professor em.
Die Sinkstoffe der Küstengewässer
Küstenausschuss Nord- und Ostsee, Arbeitsgruppe Küstenschutz
Allgemeine Empfehlungen für den deutschen Küstenschutz
Schmidt, Harry, Dr.
Eine unbekannte Karte von Helgoland aus dem Jahre 1714 und die zu ihr gehörende Erläuterung
Niebuhr, Wulf, Oberregierungsbaurat Dr.-Ing.
Beobachtungen über den Sandtransport in der unteren Ems

KRAMER, Johann, Dipl.-Ing. und
BETH, Heinrich, Dipl.-Ing.
Ein integrierendes Sinkstoff-Fanggerät
KRAUSE, Heinrich Rudolf, Dr.
Die Verteilung der organischen Substanz in den Sedimenten des Brackwassergebietes der Ems

Jahrgang 5, 1956

Würdigung Professor Dr.-Ing. AGATZ
Würdigung Professor em. Dipl.-Ing. KÖRNER
REINEKE, Hermann, Professor Dr.-Ing.
Aus den Arbeiten des Küstenausschusses Ost
LORENZEN, Johann M., Wasserstraßendirektor
Gedanken zur Generalplanung im nordfriesischen Wattenmeer
HAHN, Adolf, Regierungsbaudirektor
Die Bekämpfung der Bohrmuschel
VEEN, Johan van, Hoofdingenieur-Directeur Dr. Ir.
Die Versalzung der niederländischen Marschen und ihre Bekämpfung
DITTMER, Ernst, Dr.
Die Versalzung des Grundwassers an der schleswig-holsteinischen Westküste
CHRISTIANSEN, Willi, Dr. h. c. und
STEINBERG †, Kurt, cand.
Binnenland-Salzwiesen der nordfriesischen Marsch
WOHLENBERG, Erich, Dr. habil.
Die Versalzung im Gotteskoog (Nordfriesland) nach biologischen und chemischen Untersuchungen
PETERSEN, Marcus, Oberregierungs- und -baurat Dr.-Ing.
Die Versalzung der schleswig-holsteinischen Marschen in wasserwirtschaftlicher Sicht

Jahrgang 6, Heft 1, 1957

HENSEN, Curt, Oberregierungsbaurat
Die gewässerkundlichen Untersuchungen im Gebiet Fehmarn-Nordwagrien, ihre Ziele und ihre Durchführung
MAGENS, Claus, Dr.-Ing.
Küstenforschungen im Raum Fehmarn-Nordwagrien
MAGENS, Claus, Dr.-Ing.
Brandungsuntersuchungen an den Küsten von Fehmarn und Nordwagrien
BRESSAU, Siegfried, Dr.
Abrasion, Transport und Sedimentation in der Beltsee
HEBESTREIT, Henning, Dr.
Zwei Knickböden in Dithmarschen
KÜSTENAUSSCHUSS NORD- UND OSTSEE, Arbeitsgruppe Küstenschutz
Anpassung der Warfen auf den nordfriesischen Halligen an die heute möglichen Sturmfluthöhen

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Jahrgang 6, Heft 2, 1957

Rieder, Kurt, Ministerialrat
Folgerungen aus Untersuchungen über Küstenschutzprobleme auf Sylt
Hundt, Claus, Dipl.-Ing.
Die Abbruchursachen an der Nordwestküste des Ellenbogens auf Sylt
Lamprecht, Heinz-Otto, Dr.-Ing.
Uferveränderungen und Küstenschutz auf Sylt
Lafrenz, Peter, Reg.-Bauamtmann i. R.
Über die Pflege und Nutzung des Anwachses und der Deiche an der Dithmarscher Küste
Simon, Wilhelm Georg, Dr.
Sedimentpetrographische Kartierung des Neuwerker Watts im Sommer 1952
Dittmer, Ernst, Dr.
Das Hemmoor im nordwestlichen Schleswig-Holstein

Verfasserverzeichnis

Agatz, A. u. Gaye, J.
Organisation und Aufgaben des „Küstenausschusses Nord- und Ostsee". 1, H. 1, 1952.
Agatz, A.
Eröffnungsansprache anläßlich der ersten Arbeitstagung des Küstenausschusses Nord- und Ostsee am 23. März 1954 in Hannover. 3, H. 1/2, 1954.
Beth, H.
s. Kramer, J.
Bothmann, W.
Die Sicherung des Seedeiches vor dem Wesselburener Koog in Norderdithmarschen. 2, H. 2, 1953.
Bressau, S.
Abrasion, Transport und Sedimentation in der Beltsee. 6, H. 1, 1957.
Christiansen, W. u. Purps, H.
Die Pflanzenwelt des Brodtener Ufers. 1, H. 2, 1952.
Christiansen, W. u. Steinberg, K.
Binnenland-Salzwiesen der nordfriesischen Marsch. 5, 1956.
Deltakommission, Den Haag
Drittes Zwischengutachten der Deltakommission über die Zweckmäßigkeit der Abdämmung der Meeresarme zwischen Rotterdamsche Waterweg und Westerschelde. 2, H. 2, 1953.
Departmental Committee on Coastal Flooding
Die Sturmflut vom 31. Januar/1. Februar 1953 in England. Cambridge, 1954. 3, H. 1/2, 1954.
Dietrich, G. u. Weidemann, H.
Strömungsverhältnisse in der Lübecker Bucht. 1, H. 2, 1952.
Dietrich, G.
Ozeanographisch-meteorologische Einflüsse auf Wasserstandsänderungen des Meeres am Beispiel der Pegelbeobachtungen von Esbjerg. 2, H. 2, 1953.

Dittmer, E.
Zur Geologie und Bedeichungsgeschichte der Finkhaushallig. 2, H. 1, 1953.
— Deichverstärkung und Baugrund. 3, H. 1/2, 1954.
— Die Versalzung des Grundwassers an der schleswig-holsteinischen Westküste. 5, 1956.
— Das Hemmoor im nordwestlichen Schleswig-Holstein. 6, H. 2, 1957.
Dücker, A.
Über die physikalischen Eigenschaften der das Brodtener Ufer aufbauenden Bodenarten und ihre Bedeutung für den Steiluferrückgang und Errichtung eines Uferschutzwerks. 1, H. 2, 1952.
Gaye, J.
Die deutsche Küstenforschung und der Seewasserbau. 3, H. 1/2, 1954.
— s. Agatz, A.
Gripp, K.
Die Entstehung der Lübecker Bucht und des Brodtener Ufers. 1, H. 2, 1952.
Hahn, A.
Die Bekämpfung der Bohrmuschel. 5, 1956.
Hansen, W.
Hydrographische Untersuchungen in der Lübecker Bucht. 1, H. 2, 1952.
Hebestreit, H.
Zwei Knickböden in Dithmarschen. 6, H. 1, 1957.
Hensen, C.
Die gewässerkundlichen Untersuchungen im Gebiet Fehmarn-Nordwagrien, ihre Ziele und ihre Durchführung. 6, H. 1, 1957.
Hundt, C.
Maßgebende Sturmfluthöhen für das Deichbestick der schleswig-holsteinischen Westküste. 3, H. 1/2, 1954.
— Die Abbruchursachen an der Nordwestküste des Ellenbogens auf Sylt. 6, H. 2, 1957.
Iwersen, J.
Das Problem der Kultivierung eingedeichter Watten. 2, H. 1, 1953.
— Verwertung von Schlick in der Landwirtschaft. 3, H. 1/2, 1954.
Jacoby, G.
Helgoland bei Johannes Mejer und Adam von Bremen. 2, H. 2, 1953.
Kannenberg, E. G.
Das Lübecker Lokal-Schrifttum über das Brodtener Ufer. 1, H. 2, 1952.
Körner, B.
Die Sinkstoffe der Küstengewässer. 4, 1955.
Köster, E.
Die Veränderungen im Steilufer und in der Strandterrasse des Naturschutzgebietes Stoltera bei Warnemünde. 1, H. 2, 1952.
Kramer, J. u. Beth, H.
Ein integrierendes Sinkstoff-Fanggerät. 4, 1955.
Krause, H. R.
Die Verteilung der organischen Substanz in den Sedimenten des Brackwassergebietes der Ems. 4, 1955.
Kressner, B.
Schlickbaggerung und Schlickverwertung bei der Wasserbauverwaltung. 3, H. 1/2, 1954.

Kurzak, B.
s. Thilo, R.
Küstenausschuss Nord- und Ostsee, Arbeitsgruppe Küstenschutz
Allgemeine Empfehlungen für den deutschen Küstenschutz. 4, 1955.
— Anpassung der Warfen auf den nordfriesischen Halligen an die heute möglichen Sturmfluthöhen. 6, H. 1, 1957.
Küstenausschuss Nord- und Ostsee, Arbeitsgruppe Norderney
Gutachtliche Stellungnahme zu den Untersuchungen über die Ursachen der Abbruchserscheinungen am West- und Nordweststrand der Insel Norderney sowie zu den zum Schutze der Insel vorgeschlagenen seebautechnischen Maßnahmen. 1, H. 1, 1952.
Lafrenz, P.
Über die Pflege und Nutzung des Anwachses und der Deiche an der Dithmarscher Küste. 6, H. 2, 1957.
Lamprecht, H.-O.
Uferveränderungen und Küstenschutz auf Sylt. 6, H. 2, 1957.
Linke, O.
Eine selbsttätige Pegel-Spüleinrichtung. 2, H. 2, 1953.
Lorenzen, J. M.
Hundert Jahre Küstenschutz an der Nordsee. 3, H. 1/2, 1954.
— Gedanken zur Generalplanung im nordfriesischen Wattenmeer. 5, 1956.
Lüders, K.
Die Wirkung der Buhne H in Wangerooge-West auf das Seegat „Harle" 1, H. 1, 1952.
— Allgemeine Bemerkungen zum Bilanzbericht „Wasserbauliche Hydrometrie". 3, H. 1/2, 1954.
Magens, C.
Küstenforschungen im Raum Fehmarn-Nordwagrien. 6, H. 1, 1957.
— Brandungsuntersuchungen an den Küsten von Fehmarn und Nordwagrien. 6, H. 1, 1957.
Niebuhr, W.
Über die neuere Entwicklung der Außenems und ihre vermutlichen Ursachen. 1, H. 1, 1952.
— Bemerkenswerte Veränderungen am Großen Vogelsand in der Außenelbe seit der Jahrhundertwende. 3, H. 2, 1953.
— Beobachtungen über den Sandtransport in der unteren Ems. 4, 1955.
Otto, W.
Sedimentpetrographische Untersuchungen an der Küste der inneren Lübecker Bucht. 1, H. 2, 1952.
Petersen, M.
Abbruch und Schutz der Steilufer an der Ostseeküste (Samland bis Schleswig-Holstein). 1, H. 2, 1952.
— Über die Grundlagen zur Bemessung der schleswig-holsteinischen Landesschutzdeiche. 3, H. 1/2, 1954.
— Die Versalzung der schleswig-holsteinischen Marschen in wasserwirtschaftlicher Sicht. 5, 1956.
Purps, H.
s. Christiansen, W.
Reineke, H.
Aus den Arbeiten des Küstenausschusses Ost. 5, 1956.

Rieder, K.
Folgerungen aus Untersuchungen über Küstenschutzprobleme auf Sylt. 6, H. 2, 1957.
Ruck, K.-W.
Seegrundkartierung der Lübecker Bucht. 1, H. 2, 1952.
Schelling, H.
Die Sturmfluten an der Westküste von Schleswig-Holstein unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse am Pegel Husum. 1, H. 1, 1952.
Schmidt, H.
Ein unbekannte Karte von Helgoland aus dem Jahre 1714 und die zu ihr gehörende Erläuterung. 4, 1955.
Schmitz, H.
Pollenanalytische Untersuchungen an der inneren Lübecker Bucht. 1, H. 2, 1952.
Seifert, G.
Der Aufbau und die geologische Entwicklung des Brodtener Ufers und der angrenzenden Niederungen. 1, H. 2, 1952.
Simon, W. G.
Sedimentpetrographische Kartierung des Neuwerker Watts im Sommer 1952. 6, H. 2, 1957.
Spethmann, H.
Studien an den Flanken des Brodtener Ufers. 1, H. 2, 1952.
Stark, E.
Hohe Wasserstände in der Lübecker Bucht von 1885 bis 1949. 1, H. 2, 1952.
Steinberg, K.
s. Christiansen, W.
Thilo, R. u. Kurzak, G.
Die Ursachen der Abbruchserscheinungen am West- und Nordweststrand der Insel Norderney. 1, H. 1, 1952.
Tomczak, G.
Was lehrt uns die Holland-Sturmflut 1953? 3, H. 1/2, 1954.
Veen, J. van
Die Versalzung der niederländischen Marschen und ihre Bekämpfung. 5, 1956.
Weidemann, H.
s. Dietrich, G.
Wohlenberg, E. u. Plath, M.
Produktionsbiologische Untersuchungen auf eingedeichten Wattflächen. 2, H. 1, 1953.
Wohlenberg, E.
Sinkstoff, Sediment und Anwachs am Hindenburgdamm. 2, H. 2, 1953.
— Die Versalzung im Gotteskoog (Nordfriesland) nach biologischen und chemischen Untersuchungen. 5, 1956.

Die noch nicht vergriffenen Hefte der „Westküste“ sowie die Hefte der Schriftenreihe „Die Küste“ können von der Westholsteinischen Verlagsanstalt Boyens & Co., Heide i. H. oder durch den Buchhandel bezogen werden.

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152

Die Küste, 7 (1958/1959), 1-152