

Die Küste

**ARCHIV
FÜR FORSCHUNG UND TECHNIK
AN DER NORD- UND OSTSEE**



3950-A-2012-0000081

Die Küste

ARCHIV
FÜR FORSCHUNG UND TECHNIK
AN DER NORD- UND OSTSEE

HERAUSGEBER:
DER KÜSTENAUSSCHUSS NORD- UND OSTSEE

Heft 20 - 1970

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

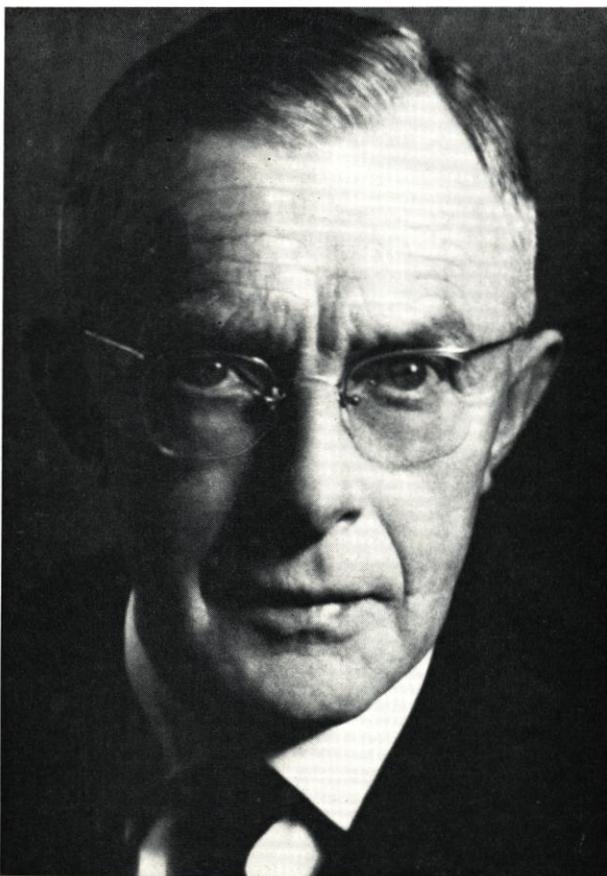
Anschriften der Verfasser dieses Heftes:

KRAMER, Johann, Regierungsdirektor, Wasserwirtschaftsamt Aurich; KÜSTENAUSSCHUSS NORD-UND OSTSEE, Fachgebiet „Küstenschutz“ (Obmann Regierungsdirektor a. D. Dr.-Ing. Karl LÜDERS), Kiel-Wik; Feldstraße 251/253; RODLOFF, Walter, Regierungsbaudirektor Dr.-Ing., Amt für Wasserwirtschaft Kiel, Düsternbrooker Weg 104/108; ROHDE, Hans, Regierungsbaudirektor, Bundesanstalt für Wasserbau, Außenstelle Küste, Hamburg 13, Moorweidenstraße 14; Voss, Frithjof, Dr., Institut für Geographie und Wirtschaftsgeographie der Universität Hamburg, Hamburg 13.

Die Verfasser sind für den Inhalt ihrer Aufsätze allein verantwortlich.
Nachdruck aus dem Inhalt nur mit Genehmigung des Herausgebers: Küstenausschuß Nord- und Ostsee, Präsident i. R. Dr.-Ing. E. h. LORENZEN, Kiel-Wik, Feldstraße 251/253, gestattet.
Schriftleiter: Dr. habil E. WOHLBERG, Husum, Nissenhaus.

Dr.-Ing. E. h. Johann M. Lorenzen 70 Jahre alt

Am 17. November 1970 vollendete Dr.-Ing. E. h. LORENZEN, Präsident a. D. der Wasser- und Schiffahrtsdirektion Kiel, Vorsitzender des Küstenausschusses Nord- und Ostsee, sein 70. Lebensjahr. Durch fünf Jahrzehnte hat er wie wohl kaum ein anderer seine ganze Kraft der Küste gewidmet. Die Mitglieder des Küstenausschusses haben daher allen Anlaß, ihm an diesem Tage Dank zu sagen für alles, was er für die deutschen Küsten geleistet hat.



Der Entschluß, Wasserbauingenieur zu werden, mag schon aus dem Erleben des Kampfes des Menschen mit der Natur, den er als Bauernsohn der Insel Pellworm seit frühester Jugend kannte, gewachsen sein. In seiner nordfriesischen Inselheimat erhielt er erste Berührung mit der Küstenforschung, als er als Student die von dem bekannten Rungholt-Forscher ANDREAS BUSCH im Watt bei der Hallig Südfall entdeckten Spuren von Rungholt kartierte. Mit dem Küstenwasserbau bekam er als Regierungsbauführer beim Bau des Hindenburgdamms ersten Kontakt. Diese beiden eng miteinander verknüpften Themen, Küstenforschung und Küstenwasserbau, bilden fortan das Leitmotiv seiner Lebensarbeit. Nach Abschluß des Studiums war LORENZEN mit den Vorarbeiten für die erste Eiderabdämmung beschäftigt. Im Jahre 1933 war er Leiter des Deichbaus Dieksander Koog und damit an verantwortlicher Stelle im Küstenwasserbau tätig. 1934 wurde dem jungen Regierungsbaurat das neu eingerichtete Dezernat für Planung und Forschung an der Westküste Schleswig-Holsteins im Oberpräsidium in Kiel übertragen. Ihm wurde damit ein Aufgabenbereich zugewiesen, dessen Analyse und gestalterischer Aufbau einen

IV

Mann erforderte, der einerseits über das Wissen verwickelter kausaler Zusammenhänge im Tidebereich der Nordseeküste, zum anderen aber auch über ausgeprägte organisatorische Fähigkeiten verfügte. Damals löste sich LORENZEN zunächst aus der konventionellen und begrenzten Bindung an einzelne Bauaufgaben. Von ihm gingen nun die entscheidenden Impulse aus, durch die Wissenschaftler verschiedener Disziplinen und Ingenieure zu gemeinsamer Arbeit an einer weitgespannten Westküstenforschung zusammengeführt wurden. Wasserbauliche und wasserwirtschaftliche Probleme sowie die Untersuchungsergebnisse der neu gegründeten Forschungsstellen in Büsum und Husum fanden in der von LORENZEN ins Leben gerufenen Zeitschrift „Westküste – Archiv für Forschung, Technik und Verwaltung in Marsch und Wattenmeer“ ab 1938 ihren Niederschlag. Der zweite Weltkrieg unterbrach diese Arbeiten.

Nach dem Kriege war LORENZEN von 1948 bis 1950 Vorstand des Wasser- und Schiffsamtes Emden. Am 16. Dezember 1950 wurden ihm die Leitung der Wasser- und Schiffsdirektion Kiel und damit Aufgaben übertragen, die nicht nur den erfahrenen Ingenieur, sondern auch ein diesem innewohnendes Talent der Menschenführung voraussetzten. In den fünfzehn Jahren, die er dieser Behörde als Präsident vorstand, sind große Bauaufgaben geplant und ausgeführt worden, Bauaufgaben, an denen maßgeblich beteiligt gewesen zu sein, jeden Ingenieur mit Stolz und Befriedigung erfüllen muß. Unter seiner Leitung wurde der Nord-Ostsee-Kanal wieder eine Wasserstraße von Weltbedeutung, Helgoland wurde vor dem Verfall gesichert und die Hafen- und Seezeichenanlagen auf dieser Insel wiederhergestellt. Der Ausbau der Trave wurde begonnen, große Hafenbauten für die Bundesmarine ausgeführt, der Straßen- und der Fußgängertunnel in Rendsburg gebaut und neue Leuchttürme in der Ostsee errichtet. Es ist nicht möglich, hier alle Ingenieurbauleistungen aufzuführen, die in der Zeit, in der er die WSD Kiel leitete, geplant und in Angriff genommen wurden und an denen er stets in starkem Maße persönlich beteiligt war. Sein besonderes Interesse gehörte aber in all diesen Jahren den Vorarbeiten für die Lösung des Eiderproblems. Diese Tatsache zeigt, daß trotz der bedeutenden Verkehrswasserbauten, denen er sich widmete, Küstenforschung und Küstenwasserbau, und hier speziell der Küstenschutz, ihm besonders am Herzen lagen. Der 1943 zuletzt erschienenen Zeitschrift „Westküste“ folgte im Jahre 1952 als Nachfolgeorgan die Zeitschrift „Die Küste – Archiv für Forschung und Technik an der Nord- und Ostsee“, deren zwanzigster Band mit dieser Würdigung des 70jährigen eingeleitet wird.

Am 1. Dezember 1965 wurde Präsident LORENZEN nach Vollendung des 65. Lebensjahres als Leiter der Wasser- und Schiffsdirektion Kiel verabschiedet. Damit begann aber für ihn kein Ruhestand! Er übernahm am 1. Januar 1966 Vorsitz und Geschäftsführung des von ihm 1949 mitgegründeten „Küstenausschusses Nord- und Ostsee“, dem er bereits als Mitglied des Verwaltungsausschusses sowie als Obmann oder Mitglied mehrerer Arbeitsgruppen angehörte. Das Thema des Vortrages, den er anlässlich der Verleihung der Würde eines Doktor-Ingenieurs ehrenhalber durch die Technische Hochschule Hannover am 19. November 1965 hielt, „Über den Stand unserer Kenntnis der Naturvorgänge im Seewasserbau“, ist als ein Programm für seine Tätigkeit als Vorsitzender des Küstenausschusses anzusehen. Auf seine Initiative rief die Deutsche Forschungsgemeinschaft 1967 das Schwerpunktprogramm „Sandbewegung im Küstenraum“ ins Leben, zu dessen Koordinator LORENZEN bestellt wurde. Durch eine im Dezember 1968 herausgegebene „Denkschrift Küstenforschung“ erreichte er, daß bei der Deutschen Kommission für Ozeanographie ein besonderer Ausschuß für Küstenforschung gebildet wurde, dessen Vorsitz er übernahm. Dieser Ausschuß erarbeitet ein großangelegtes Programm, nach dem die Naturvorgänge im Küstenvorfeld in abgestimmter Zusammenarbeit der Dienststellen des Bundes, der vier Küstenländer und der Hochschulinstitute erforscht werden sollen. Zur Koordinierung dieser Arbeiten ist wohl niemand besser geeignet als J. M. LORENZEN mit seinem Schatz an Erfahrungen und organisatorischen Fähigkeiten, seiner Fähigkeit, Menschen zu begeistern und zu leiten. Recht besehen wird mit der Ausführung des Programms auf breiterer Basis das Werk fortgesetzt, das durch LORENZENS Initiative vor fast 40 Jahren begonnen wurde. Möge es ihm vergönnt sein, an diesem Werk noch eine Reihe von Jahren in ungebrochener Schaffenskraft und guter Gesundheit zu wirken! Das wünschen ihm alle seine Freunde und Kollegen, seine ehemaligen und heutigen Mitarbeiter.

HANS ROHDE

ERICH WOHLBERG

Inhaltsverzeichnis

Dr.-Ing. E. h. JOHANN M. LORENZEN 70 Jahre alt	III
ROHDE, Hans, Regierungsbaudirektor Die Entwicklung der Wasserstraßen im Bereich der deutschen Nordseeküste . . .	1
KÜSTENAUSSCHUSS NORD- UND OSTSEE, Fachgebiet „Küstenschutz“ (Obmann Regierungsdirektor a. D. Dr.-Ing. LÜDERS) Nachtrag zu den „Empfehlungen für den Deichschutz nach der Februar-Sturmflut 1962“	45
KRAMER, Johann, Regierungsdirektor Empfehlung für Richtlinien für Verlegung und Betrieb von Leitungen im Bereich von Hochwasserschutzanlagen	62
RODLOFF, Walter, Regierungsbaudirektor Dr.-Ing. Über die Morphologie einiger Wattgebiete an der schleswig-holsteinischen Westküste	73
VOSS, Frithjof, Dr. rer. nat. Der Einfluß des jüngsten Transgressionsablaufes auf die Küstenentwicklung der Geltinger Birk der westlichen Ostsee	101
DIE KÜSTE, Archiv für Forschung und Technik an der Nord- und Ostsee Inhaltsverzeichnis der von 1957 bis 1970 erschienenen Hefte	114
Verfasserverzeichnis 1957 bis 1970	121

Die Entwicklung der Wasserstraßen im Bereich der deutschen Nordseeküste

Von Hans Rohde

Summary

The origin of the development of waterways in the area of the German coast of the North-Sea goes back to the time right after the migration of nations. There are 3 big periods of this development known today. The development of the waterways-especially of those which approach the harbours of the cities of Hamburg, Bremen, Wilhelmshaven and Emden from seawards, and the connection between North-Sea und Baltic Sea – is described in detail, also taken into account of the history of waterways, the development of service for lighthouses and other aids to navigation and the development of traffic. Finally, possibilities of a further extension of the waterways and of future developments are discussed.

Inhalt

1. Einführung	1
2. Der Zeitabschnitt bis zum 19. Jahrhundert	2
2.1. Die Ems	5
2.2. Die Weser	6
2.3. Die Elbe	7
2.4. Das Seezeichenwesen	9
2.5. Die rechtlichen Verhältnisse	10
3. Der Ausbau der Wasserstraßen	11
3.1. Die Elbe	14
3.2. Der Weserausbau	15
3.3. Die Ems und der Hafen Emden	18
3.4. Verkehrsentwicklung auf Elbe, Weser und Ems	18
3.5. Die Jade	20
3.6. Eiderkanal und Nord-Ostsee-Kanal	21
3.7. Das Seezeichenwesen	24
4. Der Zeitabschnitt nach 1921	25
4.1. Die Weser	27
4.2. Die Elbe	27
4.3. Die Jade	28
4.4. Die Ems	29
4.5. Der Nord-Ostsee-Kanal und die Eider	30
4.6. Entwicklung des Verkehrs	32
4.7. Neue Entwicklung im Seezeichenwesen	34
4.8. Möglichkeiten für einen weiteren Ausbau der Seeschiffahrtstraßen	35
5. Schlußbetrachtung	40
6. Schriftenverzeichnis	40

1. Einführung

Das Thema „Die Entwicklung der Wasserstraßen im Bereich der deutschen Nordseeküste“ ist so umfangreich, daß es im Rahmen der vorliegenden Arbeit nur möglich ist, einen allgemeinen Überblick zu geben und die großen Zusammenhänge aufzuzeigen. Die Ausführungen sollen sich vorwiegend auf die seewärtigen Zufahrten zu den großen Häfen und die Verbindung

zwischen Nord - und Ostsee beschränken. Nur kurz wird auf die Wasserstraßenverbindungen der großen Häfen mit dem Binnenland eingegangen.

Wenn man rückblickend die Entwicklung der Wasserstraßen im Küstengebiet betrachtet, so lassen sich drei große Abschnitte erkennen:

1. Die Zeit bis zum Anfang des 19. Jahrhunderts. Ein Ausbau der Wasserstraßen war noch nicht notwendig, der natürliche Zustand der Flüsse reichte für die Schiffsgrößen des damaligen Verkehrs im allgemeinen aus. Für umfangreiche Fahrwasserausbauten fehlten auch noch die technischen Voraussetzungen. Die Maßnahmen für die Schifffahrt bestanden – außerhalb der Häfen – weitgehend in der Bezeichnung des natürlichen Veränderungen unterworfenen Fahrwassers.
2. Die Zeit vom 19. Jahrhundert bis zum 1. Weltkrieg. In diese Zeit, die durch den Beginn der Industrialisierung und des Weltverkehrs charakterisiert wird, fällt der eigentliche Ausbau der Wasserstraßen im Küstengebiet und der Wasserstraßenverbindungen der Häfen mit dem Binnenland, wofür erst jetzt die naturwissenschaftlichen und technischen Voraussetzungen gegeben waren.
3. Die Zeit nach dem 1. Weltkrieg bis heute, seit das Reich bzw. der Bund die Wasserstraßen übernommen hat. Sie ist gekennzeichnet durch die Anpassung der Wasserstraßen an die neuzeitlichen Verkehrsbedürfnisse.

Diese 3 Perioden sollen im folgenden im einzelnen näher betrachtet werden.

2. Der Zeitabschnitt bis zum 19. Jahrhundert

Zunächst muß die Frage gestellt werden, von welchem Zeitpunkt an man in dem genannten Gebiet überhaupt von Wasserstraßen sprechen kann. Ein Fluß oder Strom ist noch keine Wasserstraße, erst der Verkehr macht ihn dazu, und zwar ein ständiger Verkehr von beachtlicher wirtschaftlicher Bedeutung. Die wirtschaftliche Bedeutung muß dabei in den jeweiligen Zeitumständen gesehen werden. Wenn man z. B. die beförderten Gütertonnen auf der Elbe im Mittelalter betrachtet – 1369 betrug Hamburgs Gesamtausfuhr 18 000 t auf 598 Schiffen (1.13) – so ist das, gemessen an heutigen Verkehrszahlen, eine geringe Menge. Für die damalige Zeit war es aber ein Güterverkehr von ungeheurer wirtschaftlicher Bedeutung. Ein gewisser örtlicher Verkehr hat sicher schon in vorgeschichtlicher Zeit auf den Flüssen im Küstengebiet stattgefunden, soweit dieses besiedelt war. Gelegentlich werden im Altertum griechische und phönizische Schiffe bis in die Mündungsgebiete von Ems, Weser, Elbe und Eider vorgedrungen sein. Erst in der Römerzeit entwickelte sich im Nordseeraum ein stärkerer Seehandel, seegängige Schiffe liefen in die Flußmündungen ein und brachten römische Gewerbecprodukte hinauf in das freie Germanien (1.13). Hier ist vielleicht der erste Beginn einer Entwicklung der Unterläufe von Ems, Weser und Elbe zu Wasserstraßen zu sehen, die aber in der Völkerwanderungszeit unterbrochen wurde. Städte gab es im norddeutschen Raum noch nicht, die als Handelszentren ein Verkehrsbedürfnis hätten entwickeln können. Im Binnenland waren dagegen schon in der römischen Kaiserzeit der Rhein mit seinen wichtigen Nebenflüssen und die Donau wirkliche Wasserstraßen. Auf diesen Flüssen fand ein bedeutender Verkehr statt. Sie durchströmten schon zivilisierte Gebiete, größere Städte waren an ihnen als römische Kastelle, aber auch als Verkehrsknotenpunkte und Umschlagplätze entstanden.

Erst in der Zeit nach der Völkerwanderung, in der Mitte des ersten nachchristlichen Jahrtausends, liegt der eigentliche Beginn der Entwicklung der Wasserstraßen im Bereich der deutschen Nordseeküste. Die an der Küste ansässigen Friesen betätigten sich als seefahrende Kaufleute. Nördlichster Punkt des Rheinverkehrs war das friesische Dorestad in der Nähe des heutigen Utrecht. Von der Rheinmündung aus unternahmen friesische Kaufleute Fahrten über den Niederrhein ins Binnenland, wo Köln ein Hauptumschlagplatz war, der den Handel mit

dem Süden vermittelte. Sie fuhren aber auch über See nach England, an die französische Atlantikküste und nach Skandinavien – die Nordsee wurde damals häufig als das „Friesische Meer“ bezeichnet – und gründeten in den Strommündungen und an der Küste ihre Niederlassungen, die Wike (1.13). Die Darstellung der Handelswege auf Abbildung 1 ist stark schematisiert, die Verkehrswege hielten sich mehr in Küstennähe. So wird der Hauptweg von Dorestad aus durch die Ijssel zur Nordsee gegangen sein. Im Warenaustausch mit Skandinavien, dessen

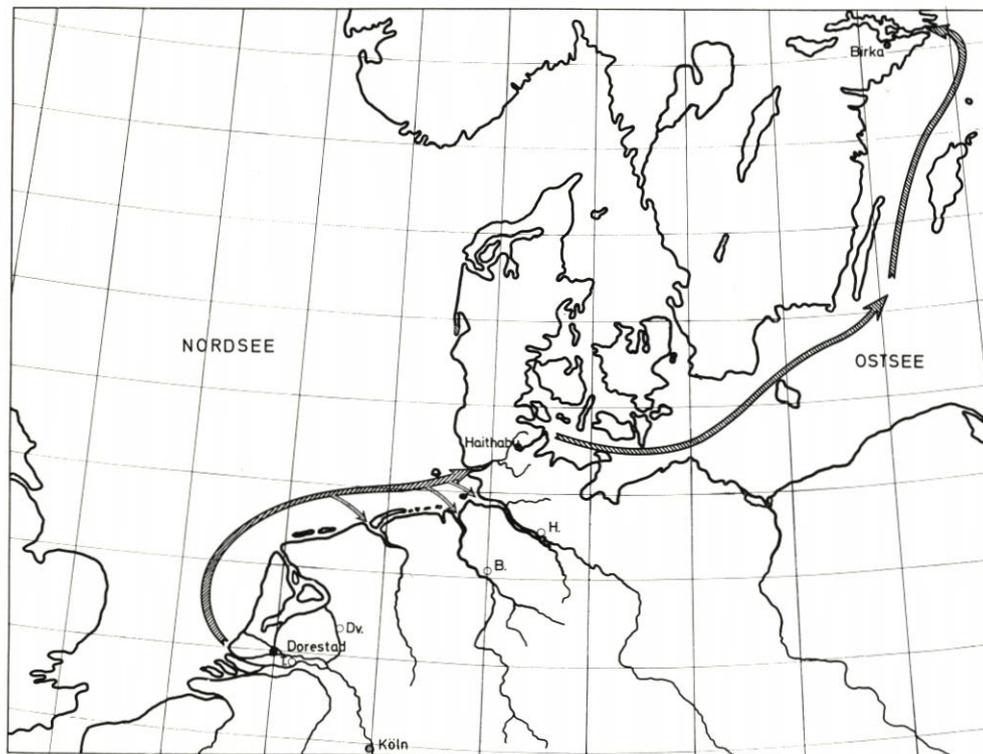


Abb. 1. Seeverkehrswege im frühen Mittelalter

Haupthandelszentrum Birka am Mälarsee war, wurde im Bereich der Nordseeküste die Eider die erste Wasserstraße von europäischer Bedeutung (Abb. 1). Der Verkehr ging Eider und Treene aufwärts bis Hollingstedt. Dort fand ein Umschlag auf Landfahrzeuge statt, und an der Schlei war Haithabu in der Nähe des heutigen Schleswig als Stapelplatz das Tor zum Norden. Dieser Durchgangsverkehr von der Nordsee zur Ostsee durch die cimbrische Halbinsel bestand etwa vom 7. bis 11. Jahrhundert, bis zur Zerstörung von Haithabu. Danach war die Eider weiterhin als Wasserstraße für den Transitverkehr von Bedeutung. Rendsburg wurde der östlichste Umschlagplatz an der Eider, Eckernförde und Kiel waren die Umschlagplätze an der Ostsee (6.10). Der Hauptverkehr ist allerdings um Skagen herum durch den Öre-Sund gegangen, dessen Durchfahrt mit hohen Zöllen belastet war (1.13).

Inzwischen hatten sich im 8. und 9. Jahrhundert die Städte Hamburg, Bremen und im 12. Jahrhundert Emden entwickelt. Sie wurden wegen ihrer günstigen Lage an den großen Flüssen verhältnismäßig tief im Binnenland zu Umschlagplätzen für den Handel vom Binnenland über See und umgekehrt. Dieser Seeverkehr hatte 2 Richtungen: nach Skandinavien und

dem Ostseeraum und zur Rheinmündung. Das Haupthandelszentrum lag an der Rheinmündung. Hier war Dorestad um das Jahr 1000 von Tiel und Deventer abgelöst worden, die in ihrer Bedeutung im 11. und 12. Jahrhundert gegenüber Utrecht zurücktraten. Für den Ostseehandel war das 1143 gegründete Lübeck beherrschend, das zunächst eine größere Bedeutung als Hamburg und Bremen hatte. Ursache für die große Bedeutung des Ostseehandels war u. a. die deutsche Ostkolonisation. In der Blütezeit der Hanse (1370–1412) waren Gent und Brügge die Hauptumschlagplätze, die vom Rheinmündungsgebiet den Handel nach allen Richtungen vermittelten. Die Schifffahrt war auch zu dieser Zeit noch im wesentlichen Küstenschifffahrt (1.13).

Die Erstarkung der Nationalstaaten führte zum nationalen Handel und damit zum Niedergang der Hanse. Durch den Wunsch, den nationalen Handel zu stärken, kam es zur Entdeckung des Seeweges nach Indien und zur Entdeckung Amerikas. Die Kolonialmächte waren bestrebt, den neu entstandenen Überseehandel mit eigenen Schiffen und in den eigenen Häfen abzuwickeln (1.14). Einen direkten Überseehandel der deutschen Häfen im heutigen Sinne gab es bis zum Ende des 18. Jahrhunderts nicht. In den Häfen von Spanien, Portugal, England und den Niederlanden fand in der Regel erst der Umschlag auf die Schiffe statt, die zu den deutschen Nordseehäfen fuhren. Dabei war in unsicheren Zeiten die Wattenfahrt zwischen den Ostfriesischen Inseln und der Küste bedeutender als die Hochseefahrt (1.5). Bekanntester Ausdruck der Monopolstellung der Kolonialmächte in der Seeschifffahrt war die britische Navigationsakte von 1651. Es kann nicht die Aufgabe der vorliegenden Arbeit sein, einen ausführlichen Überblick der Geschichte des deutschen Seehandels und der Seeschifffahrt zu geben. Die Zusammenhänge sind außerordentlich komplex und stark abhängig von den politischen Verhältnissen. Ein guter allgemeiner Überblick wird in (1.14) vermittelt, eine ausführliche Darstellung, die allerdings nur bis zum 15. Jahrhundert reicht, bringt (1.13).

Wenn in der vorliegenden Arbeit die Wasserstraßen als Zufahrten zu den Häfen betrachtet werden sollen, so muß man sich einmal die Größe der damaligen Schiffe klar machen. Die Größenangaben für die Handelsschiffe beziehen sich meistens auf die Tragfähigkeit, als Maß gilt die „Last“. Nach (1.13) entsprechen 100 Last Tragfähigkeit einem Raumgehalt von 130 bis 140 Registertonnen. Mitte des 14. Jahrhunderts werden 50 bis 60 Last als Normalgröße der Schiffe für weite Fahrt angesehen, und mit 100 bis 150 Last war für die meisten hansischen Seestädte die Grenze der Benutzbarkeit ihrer Häfen erreicht. Nach dem Hanserezeß von 1412 sollten keine größeren Schiffe als von 100 Last Tragfähigkeit und mehr als 12 lübischen Fuß Tiefgang (3,36 m) gebaut werden. Die Abmessungen einer dreimastigen Holk aus dem Jahre 1485 werden zum Beispiel mit 23,3 m Länge in der Wasserlinie, 7,75 m größter Breite, 5,85 m Raumbreite und 150 Last Tragfähigkeit (etwa 200 NRT) angegeben (1.13). Es ist anzunehmen, daß der Tiefgang von rd. 3,5 m für lange Zeit – auch nach der Hansezeit – der Maximaltiefgang deutscher Seeschiffe gewesen ist, denn noch in der 1. Hälfte des 19. Jahrhunderts gehörten Schiffe von mehr als 200 NRT zu den größeren Schiffen. Nach Abbildung 8 wurde eine mittlere Tragfähigkeit der nach Hamburg fahrenden Schiffe von 200 NRT erst um 1850 erreicht. Solche Schiffe konnten auf den Mündungsstrecken von Elbe, Weser und Ems im allgemeinen verkehren, über Hamburg, Bremen und Emden hinaus konnten sie aber nicht mehr fahren. In diesen Häfen war ein Umschlag auf Binnenschiffe notwendig.

Im folgenden sollen nun die einzelnen Wasserstraßen während des genannten 1. Zeitabschnittes betrachtet werden.

2.1 Die Ems

Als sich Emden im 12. Jahrhundert als Hafen- und Handelsplatz entwickelte, gab es den Dollart noch nicht. Die Ems war ein gewundener Flußlauf mit trichterförmiger Mündung (2.1, 2.4). Bei Emden dürfte die Tidebewegung noch nicht stark gewesen sein. Erst im 14. Jahrhundert kam es zum Einbruch des Dollart, der seine größte Ausdehnung von rd. 350 km² Anfang des 16. Jahrhunderts hatte (2.1, 2.4, 2.6, 2.9, 2.10). Mit dem Dollarteinbruch nahm

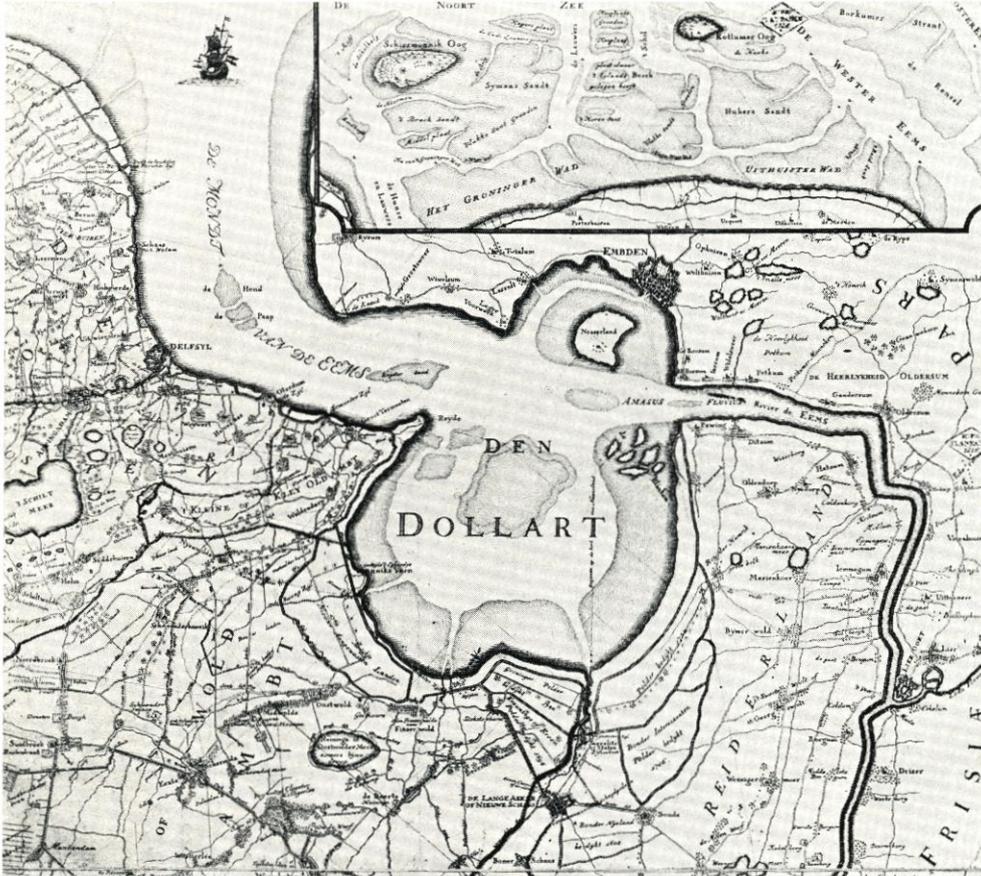


Abb. 2. Untere Ems und Dollart im 18. Jahrhundert (nach TH. BEKERINGH 1781)

die Tidebewegung bei Emden stark zu. Die Verhältnisse wurden für Emden schlecht, als im Jahre 1509 die Ems die Halbinsel zwischen der großen Emsschleife und dem Dollart durchbrach und damit Emden vom Hauptstrom abgeschnitten wurde. Die alte Flußschleife verlandete. 1585 wurde mit Wasserbauarbeiten begonnen, die zum Ziel hatten, die Ems wieder in ihr altes Bett zu zwingen. Nach 31 Jahren Bauzeit war die Durchdämmung des Emsdurchbruches mit einem Pfahlwerk vollendet und das Hauptfahrwasser führte wieder unmittelbar an Emden vorbei. Um 1630, im Dreißigjährigen Krieg, mußte aber die Unterhaltung des Pfahlwerkes aufgegeben werden, es verfiel, und der Emsdurchbruch, die „frische Ems“, wurde wieder zum Hauptstrom (2.1). Die Zufahrt nach Emden erfolgte über den unteren Teil der alten Fluß-

schleife, deren Tiefe sehr gering war (Abb. 2). Die Zufahrt war immer stark tideabhängig, zeitweise war Leichterung notwendig. Unter diesen schlechten Zufahrtverhältnissen hat Emden bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts zu leiden gehabt. Außerhalb der Hafenzufahrt war die Ems für die Schiffgrößen der damaligen Zeit ein gutes Fahrwasser, dessen Entwicklung im einzelnen in den im Schrifttum genannten Arbeiten geschildert ist (2.1, 2.4, 2.6, 2.9, 2.10).

Emdens Geschichte als Hafenstadt ist sehr wechselhaft gewesen (2.7). Die Stadt hat nicht der Hanse angehört. Während im 16. Jahrhundert durch den Krieg Spaniens und der Niederlande gegen Frankreich der niederländische Handel sehr litt, blühte Emden als Handelsstadt auf. Emden war als Zentrum des Getreidehandels Ende des 16. Jahrhunderts die Stadt mit der größten Handelsflotte (etwa 550 Schiffe von zusammen 42 000 t Tragfähigkeit). 1682 kam Emden zu Brandenburg und wurde Stützpunkt der brandenburgischen Flotte und der Brandenburg-Afrikanischen Handelskompagnie. Brandenburg war das erste deutsche Land, das zur damaligen Zeit eine eigene Kolonie in Westafrika hatte und so war Emden der einzige deutsche Hafen, von dem aus im Zeitalter des Merkantilismus ein nationaler Überseeverkehr stattfand. Als aber nach dem Tode des Großen Kurfürsten die überseeischen Interessen Brandenburgs nachließen, ging Emdens Handel stark zurück. Nur von kurzer Dauer waren auch die Bestrebungen Friedrichs des Großen, sich über Emden in den Ostasienhandel einzuschalten (1.14, 2.7).

2.2 Die Weser

Bevor Bremen 787 Bischofssitz wurde, muß es schon ein Ort von Bedeutung gewesen sein. 965 erhielt Bremen Marktrecht, und es wird schon zu dieser Zeit für die Schifffahrt als Handelsplatz wichtig gewesen sein. Bremen liegt soweit oberhalb der Wesermündung und die Unterweser ist ein verhältnismäßig enger Flußschlauch, daß die Tidebewegung in früheren Zeiten nur klein gewesen sein kann. Es mag sein, daß zeitweise eine Änderung eingetreten ist, als einige

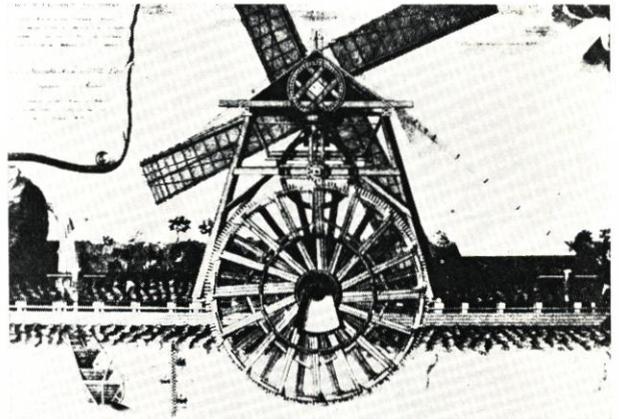


Abb. 3
Windmühlenbagger von PELTIER 1739
bis 1746 auf der Unterweser

Verbindungsarme zu der immer mehr erweiterten Jade entstanden, nähere Angaben sind aber nicht bekannt. Schiffe, die von See kommend Bremen erreichen wollten, konnten also nicht mit einer wesentlichen Aufhöhung der Wasserstände durch die Flut rechnen. Da sich Bremen im Mittelalter zu einem bedeutenden Seehafen entwickelte, müssen die natürlichen Tiefen der Weser für die damaligen Seeschiffgrößen ausreichend gewesen sein. Der Güterumschlag in Bremen fand unmittelbar am Weserufer, an der Schlagde unterhalb der Weserbrücke, statt.

Erst am Ende des 16. Jahrhunderts ist von der Versandung und Verwilderung des Fahrwassers zu erfahren, und zugleich werden auch die Schiffsgrößen zugenommen haben. Bremen mußte daher Umschlag- und Leichterplätze in Vegesack (der Hafen Vegesack wurde 1619–1622 angelegt) und weiter stromabwärts bei Elsfleth und Brake einrichten. Im 18. Jahrhundert wurde dann mit Baumaßnahmen zwischen Bremen und Vegesack begonnen. Das Fahrwasser hatte hier stellenweise nur noch eine Tiefe von 80 cm. Bei den Baumaßnahmen handelte es sich um erste Baggerungen von Untiefen mit einem von dem Franzosen PELTIER entwickelten Windmühlenbagger (Abb. 3). Die Baggerleistung betrug im Jahre 1743 z. B. rd. 80 000 m³. Außerdem wurden nach den Grundsätzen des Flußbaus, die für Binnenflüsse gerade entwickelt worden waren, erste Buhnen und Leitwerke gebaut. Der Erfolg aller dieser Maßnahmen war aber gering (4.9).

2.3 Die Elbe

Wegen der großen Breite und Tiefe der Elbe und ihrem sehr gestreckten Verlauf konnte die Tide hier von jeher weit ins Land einlaufen. Zudem hat die Elbe ein weit größeres Niederschlagsgebiet und damit eine größere und ausgeglichene Oberwasserführung als Weser und Ems (Tabelle 1).

Tabelle 1
Oberwasserabflüsse von Elbe, Weser und Ems

	Elbe	Weser	Ems
F_N	Darchau 132 000 km ² 14	Intschede 37 800 km ² 4	Herbrum 9250 km ² 1
MQ	700 m ³ /s	320 m ³ /s	80 m ³ /s
NNQ : HHQ	1:30	1:60	1:200

Hamburg liegt an einer außerordentlich günstigen Stelle, wo einerseits stets ein noch beträchtlicher Tideeinfluß vorhanden gewesen ist, andererseits aber der Oberwasserabfluß für den Wasserstand noch eine Rolle spielt (5.17). Die Wasserstraßenverhältnisse waren daher günstiger als bei Bardowick, dem älteren Handelsplatz im Unterelbegebiet. Trotzdem war Bardowick im frühen Mittelalter eine beachtliche Konkurrenz für Hamburg, dessen Entwicklung als Handelsstadt erst nach der Zerstörung Bardowicks durch Heinrich den Löwen einen Aufschwung nahm (5.25). Lüneburg, das ebenfalls nach der Zerstörung Bardowicks aufblühte, war in seinem Salzhandel vorwiegend nach Lübeck ausgerichtet, wozu der Bau des Stecknitz-Kanals (1391–1398) zwischen Elbe und Trave wesentlich beitrug. Auf diesem Kanal, der mit seinen Staustufen der erste europäische Scheitelkanal war, konnten Schiffe von 10–12 m Länge, 3,5 m Breite und 0,3–0,4 m Tiefgang verkehren (1.12).

Schon die ersten Hamburger Hafenanlagen aus der Karolingerzeit befanden sich in der Alstermündung. Auch nach der Zerstörung der Hammaburg im Jahre 845 hat die Siedlung an der Alster fortbestanden und damit in gewissem Umfange ein Hafen und Umschlagplatz. Im 12. Jahrhundert wurde im Bereich der alten Burg eine neue Siedlung angelegt, zu der auch neue Hafenanlagen gehörten. Die 1189 vom Kaiser gewährten Privilegien begünstigten die Entwicklung des Hamburger Hafens, so daß die Stadt zum Haupthandelszentrum im norddeutschen Raum werden konnte. Zur Blütezeit der Hanse hatte Hamburg Lübeck in seiner führenden Rolle in dem Städtebund der Hanse abgelöst. Die Hafenanlagen in der Alster reichten

im Laufe der Zeit nicht mehr aus, der Hafen wuchs daher bereits im 16. Jahrhundert an die Elbe heran. Zu Beginn des 17. Jahrhunderts wurde Hamburg schon von etwa 2000 Schiffen im Jahr angelaufen (5.1).

Durch jahrhundertelange Wasserbauarbeiten – Abdämmungen und Durchstiche – hat Hamburg den Hauptstrom der Elbe, die hier ein weitverzweigtes Delta bildet (Abb. 4), an die Stadt und den Hafen allmählich herangeführt. Seit 1570 besteht die Norderelbe als durch-

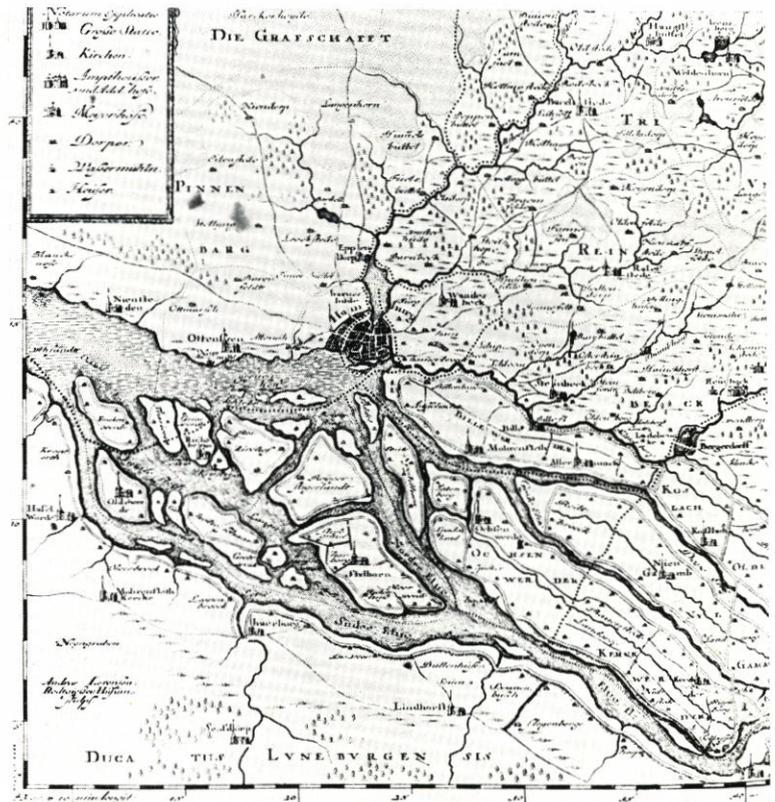


Abb. 4
Das Hamburger Stromspaltungsgebiet (nach DANCKWERTH und MEJER 1649)

gehender Arm. Die Süderelbe, ehemals der Hauptstrom, verlor ihre Bedeutung als Schifffahrtstrasse (5.25, 5.17, 5.20). Nur unmittelbar unterhalb von Hamburg, im Bereich von Blankenese bis Altona, war das Fahrwasser verhältnismäßig flach, aber meistens unter Ausnutzung der Tide doch zu befahren (5.25). Es ist dabei zu bedenken, daß die Segelschiffe ohnehin nicht in einer Tide von See bis zum Hamburger Hafen gelangen konnten. An den Untiefen warteten sie eben bis zum nächsten Hochwasser. Abbildung 5 zeigt die Fahrwassertiefen nach Seekarten von 1695 und 1812, im Außenelberegion ist auf die Karte von WAGHENAER von 1585 zurückgegriffen worden. Die in der Abbildung wiedergegebenen Fahrwassertiefen sind natürlich sehr stark generalisiert, Einzelheiten kommen nicht zum Ausdruck. Die Karten von SÖRENSEN und von WAGHENAER enthalten nur relativ wenige Tiefenangaben. Überraschend ist die Übereinstimmung zwischen den Tiefenangaben von SÖRENSEN und der Karte von 1812 (BEAUTEUPS-BEAUPRÉ) zwischen km 645 und 685, auch die großen Tiefen bei St. Margarethen kommen zum Ausdruck. Die Tiefenangaben zwischen km 695 und 720 sind bei SÖRENSEN/WAGHENAER unrichtig.

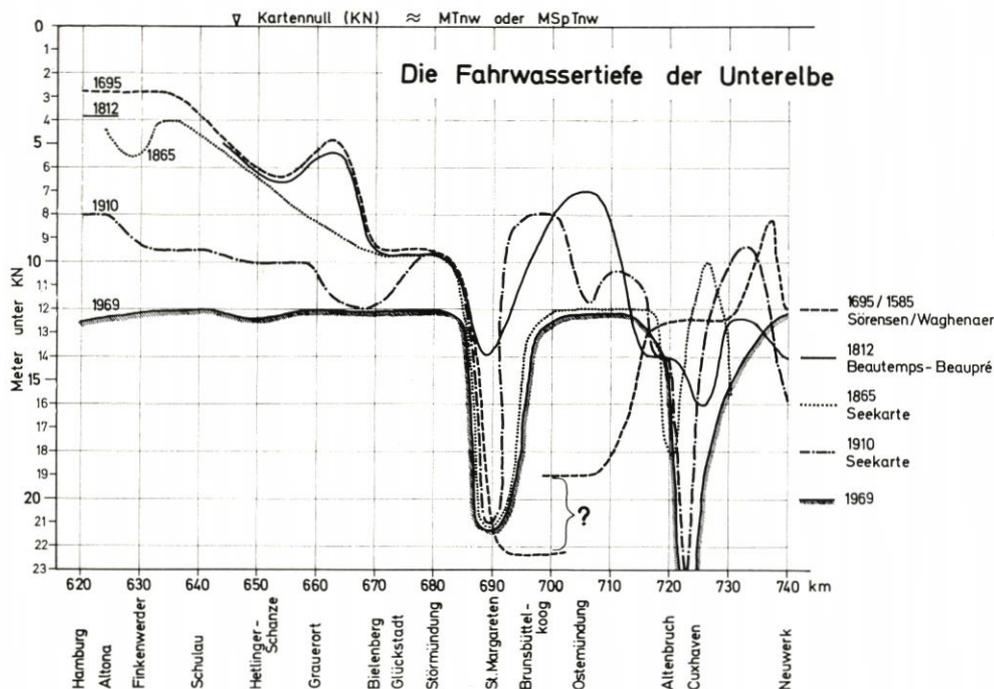


Abb. 5. Fahrwassertiefen der Elbe unterhalb von Hamburg

2.4 Das Seezeichenwesen

Wie aus den bisherigen Ausführungen hervorgeht, waren für die Schiffsabmessungen der damaligen Zeit die seewärtigen Zufahrten nach Emden, Bremen und Hamburg jahrhundertlang im allgemeinen tief genug, Schwierigkeiten traten nur auf kurzen Strecken und – im Falle Bremens – erst in jüngerer Zeit auf. Die hauptsächliche Tätigkeit der Hafenstädte für die Schifffahrt in den Küstengewässern und in den Strömen als Zufahrten zu den Häfen bestand in der Bezeichnung des Fahrwassers, die jeweils den Veränderungen der Stromrinnen, Sände, Inseln und Stromverzweigungen angepaßt wurde. Für einen wirkungsvollen Ausbau des Fahrwassers fehlten in diesem Zeitabschnitt die technischen Mittel. Ausbaumaßnahmen waren allenfalls auf kurzen Strecken in der Nähe der Häfen möglich. Die Geschichte der Entwicklung der Wasserstraßen an der deutschen Nordseeküste ist in dieser ersten Periode daher eigentlich eine Geschichte der Entwicklung des Seezeichenwesens. Auf Einzelheiten kann hier nicht eingegangen werden, es wird vielmehr auf die ausführliche Arbeit von A. W. LANG verwiesen (1.8). Hier sollen nur einige wenige Daten aus dem Seezeichenwesen des 1. Zeitabschnitts genannt werden.

Schon 1218 wird der Imsumer Ochsenturm als Landmarke an der Wesermündung erwähnt, Hamburg erwarb im 13. Jahrhundert Neuwerk und baute 1306 den heute noch bestehenden Turm als Schutzturm und wohl auch als Landmarke. Da die Schifffahrt vorwiegend Küstenschifffahrt war, spielten Landmarken eine wichtige Rolle. Viele markante Kirchtürme an der Küste sind daher zugleich als Landmarken anzusehen und wurden ausdrücklich als solche unterhalten. Die Ränder der Wattfahrwasser wurden schon in sehr früher Zeit mit Pricken (Buschbaken) und Stangen bezeichnet. Schon im 15. Jahrhundert ist von Fahrwassertonnen

zu erfahren, wie sie z. B. auf der ältesten Elbekarte von MELCHIOR LORICH (1568) eingezeichnet sind (Abb. 6). Auf Sänden und Inseln wurden große hölzerne Baken oder Kapen errichtet wie die auf Abbildung 7 gezeigte Bremer Bake in der Wesermündung. Die erste derartige Kape wurde 1410 für die Weserschiffahrt auf Mellumplate gebaut. Schließlich kam es zur Einrichtung von Leuchfeuern. Es waren zunächst offene Kohlenfeuer, die in eisernen Körben brannten, die an Holzgerüsten hingen oder auf Holztürmen oder massiven Türmen standen. Das erste Leuchtfeuer an der deutschen Nordseeküste war 1630 die Helgoländer Blüse (1.8).

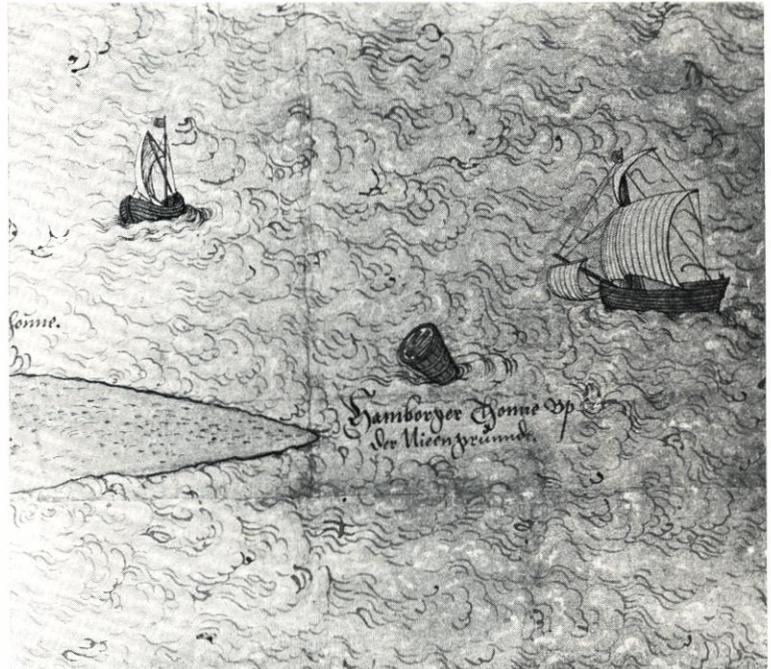


Abb. 6
Fahrwassertonne auf der
Elbe (nach M. LORICH
1568)

2.5 Die rechtlichen Verhältnisse

Für die Entwicklung der Wasserstraßen sind auch die rechtlichen Verhältnisse von Bedeutung. Aus der germanischen Rechtsauffassung war erhalten geblieben, daß die schiffbaren Gewässer Volkseigentum waren, an denen sich im Mittelalter ein kaiserliches Ausschließungsrecht, ein Regal, entwickelte. Der Kaiser konnte einzelnen Landesherrn oder Städten gewisse Rechte, z. B. das der Abgabenerhebung, an den großen Flüssen verleihen (1.2). Davon ist, besonders im Binnenland, sehr reger Gebrauch gemacht worden. Diese Zölle, Stapelrechte, Umladerechte usw. haben oft den Schiffsverkehr stark behindert (1.12). Für die Mündungstrecken der großen Ströme, die für sie lebenswichtigen Wasserstraßen, haben die Städte Hamburg, Bremen und Emden vom Kaiser Privilegien für die Freiheit des Schiffsverkehrs erworben. So gewährte im Jahre 1189 Kaiser Friedrich I. Hamburger Schiffen und Waren Zollfreiheit auf der Elbe von Hamburg bis zur See (5.25, 5.1). Für fremde Schiffe blieb der seit 1038 erhobene Stader Zoll bis zum Jahre 1861 bestehen (5.25). Von dem Freibrief Barbarossas leitet sich die Sorge Hamburgs für die gesamte Unterelbe als Schifffahrtstraße her, die der Hansestadt bis zum Übergang der Wasserstraßen auf das Reich im Jahre 1921 obliegen hat. Ganz ähnlich lagen die Verhältnisse an der Weser. Hier war es der Kaiser Karl V., der im Jahre 1541 die Herrschaft

Bremens von Hoya bis zur See bestätigte (4.9). Schon 1224 wird der Emdener Emszoll als Reichslehen erwähnt. Zoll und Stapelrecht wurden Emden 1494 vom Kaiser Maximilian I. ausdrücklich bestätigt (2.7).

Mit dem Rückgang der kaiserlichen Macht zugunsten der Territorialherren kamen die schiffbaren Flüsse im Binnenland zu den Anliegerterritorien. Die Hafenstädte konnten aber den Anspruch auf ihre Wasserstraße behaupten, wenn auch oft nach schweren Kämpfen (1.2).

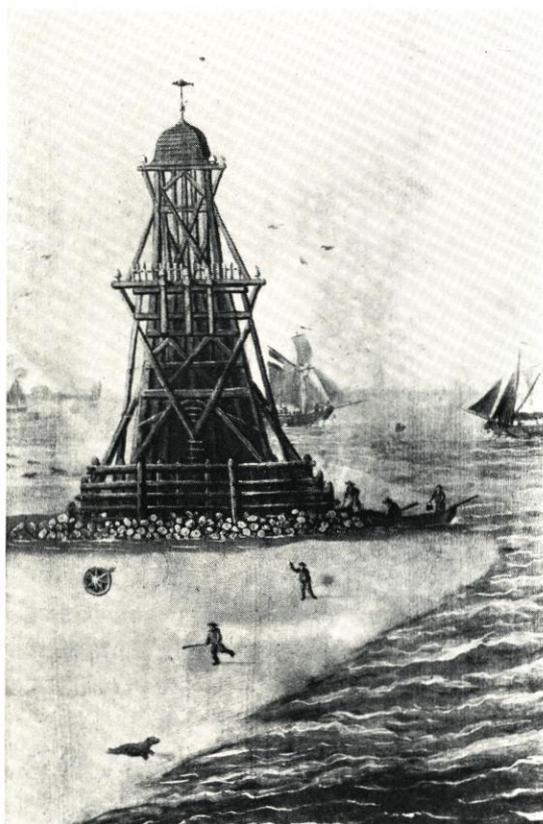


Abb. 7
Die Bremer Bake im 18. Jahrhundert

Es sei hier nur auf die Auseinandersetzungen zwischen Oldenburg und Bremen (4.9) – besonders wegen des 1612 eingeführten Elsflöther Zolls, der erst 1819 aufgehoben wurde – sowie zwischen Dänemark und Hamburg (5.25) wegen des Glückstädter Zolls hingewiesen. Die Sorge der Hafenstädte für die Schifffahrt auf den Mündungstrecken war im wesentlichen die Sorge für die Bezeichnung des Fahrwassers. Hierfür wurden auch Gebühren, das Tonnen- und Bakengeld, erhoben (1.8).

3. Der Ausbau der Wasserstraßen

Der Abfall der nordamerikanischen Kolonien vom Mutterland in der 2. Hälfte des 18. Jahrhunderts brachte einen Boykott englischer Schiffe im Nordamerikaverkehr. Erst dadurch begann von den deutschen Nordseehäfen aus ein eigentlicher Überseeverkehr. Die stetige Entwicklung zum freien Weltverkehr wurde aber durch die Napoleonischen Kriege unterbrochen.

Die Kontinentalsperre führte schließlich zum Zusammenbruch des gesamten deutschen Seehandels (1.14).

Nach 1815 setzte dann eine Entwicklung des Seehandels und des Schiffsverkehrs ein, die im Laufe des 19. Jahrhunderts zu einem Ausbau der Seehäfen und der Wasserstraßen führte, und zwar sowohl der Wasserstraßen von See zu den Häfen als auch von den Häfen ins Binnenland. Es kam allgemein zu einer Abkehr von der Nationalwirtschaft und zu einer Entwicklung zur Weltwirtschaft. Zeichen für die Liberalisierung des Handels waren u. a. die Aufhebung der britischen Navigationsakte (1849) und des Sundzolls (1856). Deutschland entwickelte sich zum einheitlichen Wirtschaftsgebiet, die Binnenzölle wurden eingeschränkt und der Zollverein gegründet (1.14). Durch die Einführung der Dampfmaschine war eine Industrialisierung in großem Rahmen möglich geworden. Die Industrialisierung erforderte erhöhte Rohstoffeinfuhr und besonders auch die Beschaffung des für den Betrieb der Dampfmaschinen nötigen Energieträgers der Kohle. Für das Küstengebiet wurde in erheblichem Umfang englische Kohle eingeführt. Mit der Industrialisierung kam es zugleich zu einem starken Bevölkerungswachstum, das wiederum eine erhöhte Einfuhr von Lebensmitteln notwendig machte. Der Bedarf an Kolonialgütern stieg. Gleichzeitig kam es zur Auswanderung großer Bevölkerungsteile besonders nach Nordamerika. Alle diese Faktoren brachten eine starke Belebung des Seeschiffsverkehrs der Seehäfen. Da der Verkehr in zunehmendem Maße Überseeverkehr war, entstand die Forderung nach größeren und damit wirtschaftlicheren Schiffen (1.14). In zunehmendem Maße stellte sich der Schiffbau in Deutschland um, und die Dampfschiffahrt setzte sich durch.

Zur gleichen Zeit waren auch erst die technischen und naturwissenschaftlichen Voraussetzungen für eine zielbewusste Planung zum Ausbau der Wasserstraßen im Küstengebiet gegeben. Es ist hier auf die Entwicklung des Pegelwesens, die Erfindung des hydrometrischen Flügels und damit den Beginn der Hydrologie als Wissenschaft hinzuweisen sowie auf die Entwicklung der Hydraulik, der Meteorologie und die Verbesserung der Seevermessung. Eisenschiffbau und Einführung der Dampfmaschine waren die Voraussetzungen für den Bau von leistungsfähigen Baggergeräten und Rammen, ohne die ein Ausbau der Wasserstraßen und Häfen nicht möglich gewesen wäre. Im folgenden soll wieder die Entwicklung der einzelnen Wasserstraßen aufgezeigt werden.

3.1 Die Elbe

Wie Abb. 5 zeigt, waren die Fahrwassertiefen der Elbe für die Schiffsgrößen am Beginn des 19. Jahrhunderts zunächst ausreichend. Die Elbe war eine Wasserstraße, auf der sich der Verkehr bis dahin ungehindert entfalten konnte. Größere Schiffe, als sie auf der Elbe im allgemeinen verkehren konnten, gab es praktisch nicht. Erst durch Eisen- und Dampfschiffbau waren größere Schiffsabmessungen möglich geworden. Die Zunahme des Verkehrs solcher Schiffe zwang zum Ausbau der Elbe und des Hamburger Hafens, den Verkehrsbedürfnissen mußten also Hafenausbau und Ausbau der Wasserstraße folgen. Abb. 8 zeigt für Hamburg die stetige Zunahme der mittleren Schiffsgrößen und die starke Zunahme der Schiffszahlen in der 2. Hälfte des vorigen Jahrhunderts. Dabei ist besonders die Entwicklung der Dampfschiffahrt in Größe und Anzahl der Fahrzeuge zu beachten. Die amtliche Hamburger Statistik beginnt erst nach 1840. Für die Zeit vorher sind für einige Zeitabschnitte Durchschnittszahlen angegeben, die in Abb. 8 gestrichelt dargestellt sind.

Besonders nahmen die größten Schiffstiefgänge zu, Tiefgänge von 4 m und mehr wurden häufiger. 1841 fuhren schon etwa 20 Schiffe von 5 m Tiefgang ohne leichtern zu müssen bis nach Hamburg, 1890 erreichten einige Schiffe mit Tiefen von 7 m ohne Leichterung den Hamburger Hafen (5.25). Die dafür notwendige Verbesserung des Fahrwassers gegenüber dem Zu-

stand zu Anfang des 19. Jahrhunderts (Abb. 5) war vorwiegend durch ständiges Baggern erreicht worden. Seit 1834 arbeitete der erste Dampfbagger auf der Elbe. Die Zahl der Dampfbagger und ihre Leistungsfähigkeit nahmen sehr schnell zu (5.29, 5.8). Wie die Baggerungen in der Unterelbe sich bis zum Ende des 1. Weltkrieges entwickelt haben, zeigt Abbildung 9 (5.4, 5.17, 5.11). Dabei sind zugleich die Zunahme der Wasserflächen des Hamburger Hafens und

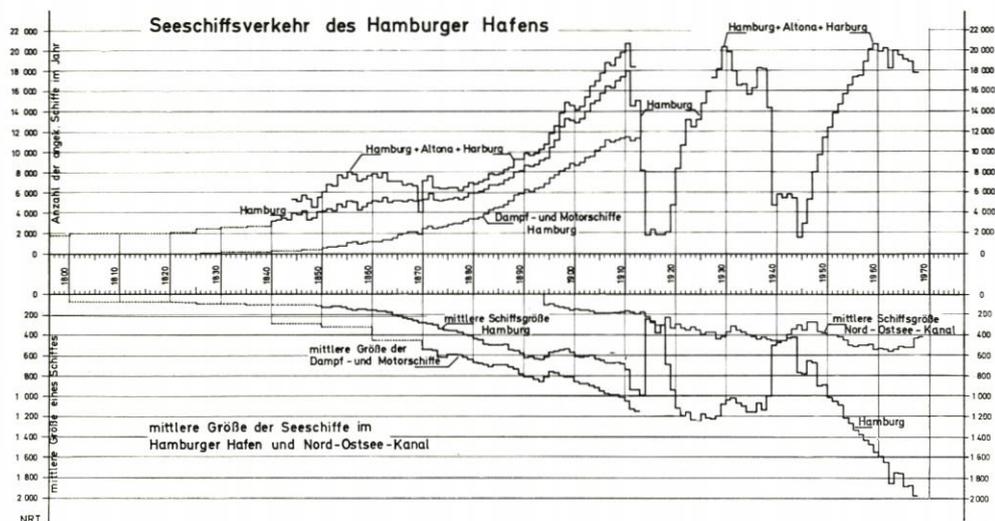


Abb. 8. Anzahl und Größe der Seeschiffe auf der Elbe von 1845 bis 1969

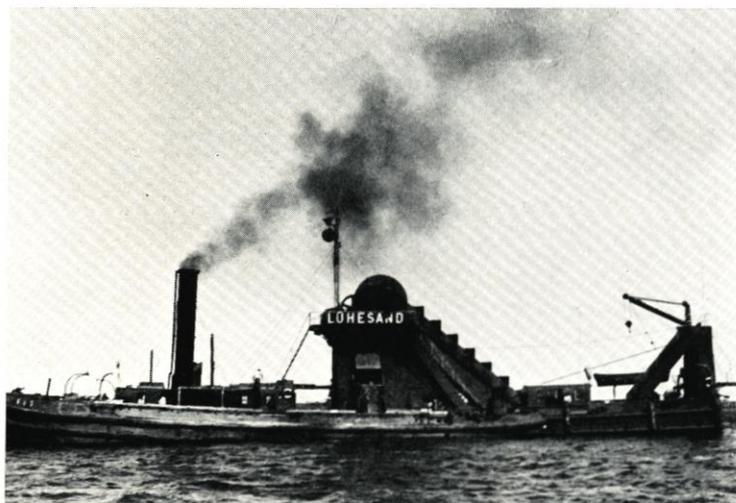


Abb. 10
Eimerkettenbagger
Lühesand
(Baujahr 1903)

die Veränderung von MThw, MTnw und mittlerem Tidehub am Pegel Hamburg-St. Pauli angegeben (5.11). Zunahme der Hafengewässerflächen und Strombaggerungen glichen sich in ihrer Wirkung auf den Tidehub teilweise aus, so daß zunächst nur geringe Absenkung des MTnw und geringe Vergrößerung des Tidehubes zu erkennen sind (5.11). Die Darstellung für 1865 auf Abbildung 5 zeigt die größeren Fahrwassertiefen im oberen Bereich der Unterelbe und zwischen Kilometer 650 und 670. Zu den Verbesserungen der Fahrwasserverhältnisse unterhalb Kilo-

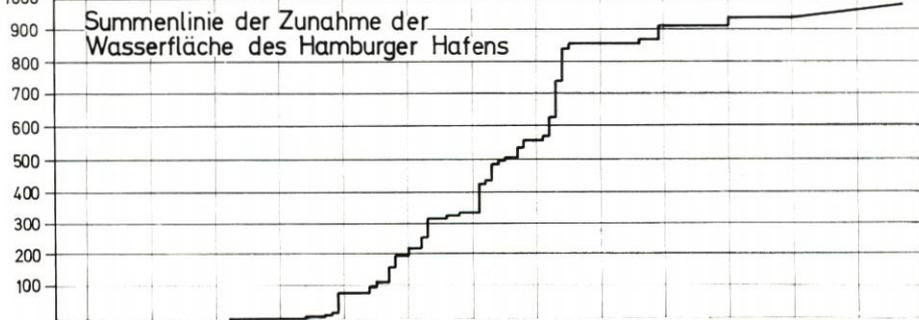
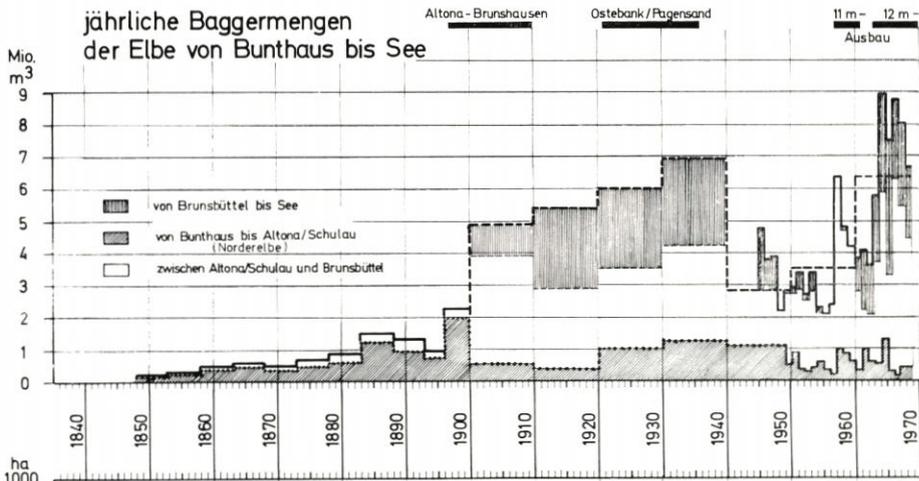
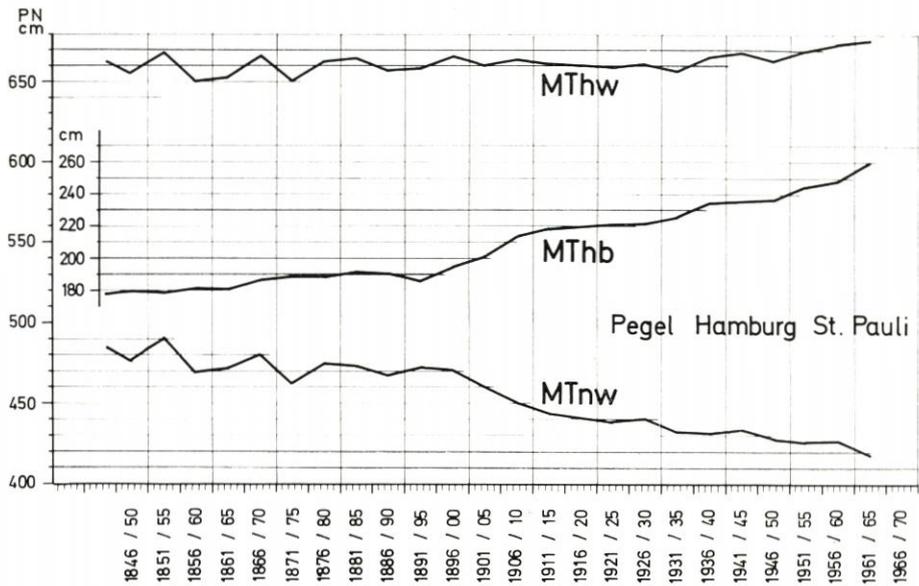


Abb. 9. Hafenausbau, Baggermengen und Tideentwicklung der Unterelbe

meter 650 wird auch eine teils künstlich hervorgerufene, teils natürliche Schrumpfung einiger Nebenarme beigetragen haben.

Planmäßige Regelungsarbeiten im Interesse der Schifffahrt wurden an der Elbe erst Anfang des 20. Jahrhunderts zwischen Hamburg und Brunshausen (km 655) ausgeführt (5.13, 5.17, 5.11). Inseln wurden festgelegt, Buhnen gebaut und große Baggerungen vorgenommen. Dadurch wurde die „Barre“ bei Blankenese beseitigt. Die Fahrrinne des Köhlbrands wurde vertieft und verbreitert. Zugleich wurden die Baggerungen auf die Strecke unterhalb von Brunshausen/Stadersand ausgedehnt, sie nahmen nach 1910 auch in der Stromstrecke unterhalb von Brunsbüttelkoog zu (5.17, 5.11, 5.12). Abbildung 10 zeigt einen der Eimerkettenbagger, wie er für die Ausbaurbeiten an der Elbe Anfang dieses Jahrhunderts eingesetzt wurde. Die einschneidenden Ausbaurbeiten bewirkten nun ein stärkeres Absinken des TNw und Vergrößerung des Tidehubs (Abb. 8), die durch die Vergrößerung der Wasserflächen des Hamburger Hafens infolge weiteren Hafenausbaus nicht mehr ausgeglichen werden konnten. Die Tidegrenze verschob sich entsprechend stromaufwärts (5.17, 5.11, 5.12). Der Vergleich zwischen den Fahrwassertiefen 1865 und 1910 auf Abbildung 5 zeigt den Erfolg der Ausbaumaßnahmen. Auf der gesamten Flußstrecke war eine Fahrwassertiefe von 8 bis 10 m bei MTnw vorhanden.

3.2 Der Weserausbau

In der Unterweser hatten sich, wie schon erwähnt, die Fahrwasserverhältnisse im Laufe der Zeit so verschlechtert, daß Bremen auf Hafen- und Leichterplätze unterhalb der Stadt ausweichen mußte. Die technischen Mittel ließen es bis ins 19. Jahrhundert hinein nicht zu,

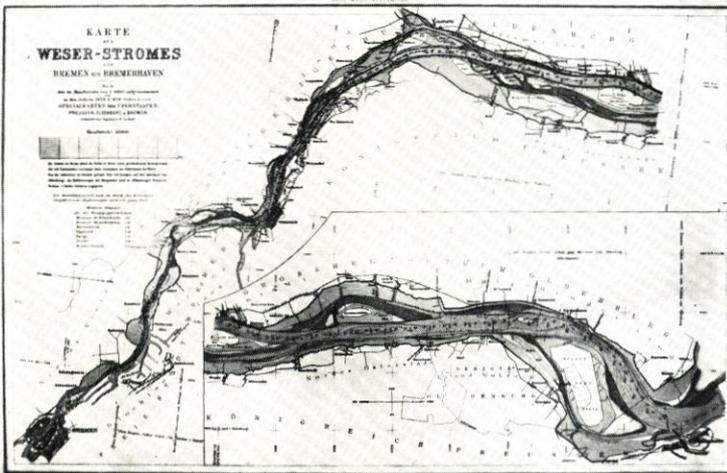


Abb. 11
Karte des Weser-
Stromes 1878/79 mit
Unterweserkorrektion

die Fahrwasserverhältnisse der Weser wesentlich zu verbessern. Das führte schließlich dazu, daß Bremen an der Wesermündung eine Landfläche erwarb und dort 1827–1830 den Hafen Bremerhaven ausbaute (4.9, 4.10). Das Fahrwasser der Außenweser von See bis Bremerhaven war auch für die beginnende Dampfschifffahrt noch leistungsfähig genug. Trotzdem blieb der Wunsch bestehen, mit großen Seeschiffen bis nach Bremen fahren zu können. Durch Baggern und einige Regulierungsmaßnahmen wurde erreicht, daß um 1860 kleinere Seeschiffe wieder bis Bremen gelangen konnten, die Fahrwassertiefe unter Ausnutzung der Tide betrug 2 m.

Die mittlere Größe der nach Bremen fahrenden Seeschiffe war damals 38 BRT, während Bremerhaven von im Mittel rd. 300 BRT großen Schiffen angelaufen wurde (4.9). Zur gleichen Zeit waren die mittleren Schiffsgrößen für den Hafen Hamburg rd. 400 BRT und die nach Hamburg laufenden Dampfschiffe hatten sogar rd. 800 BRT (200 bzw. 400 NRT nach Abb. 8).

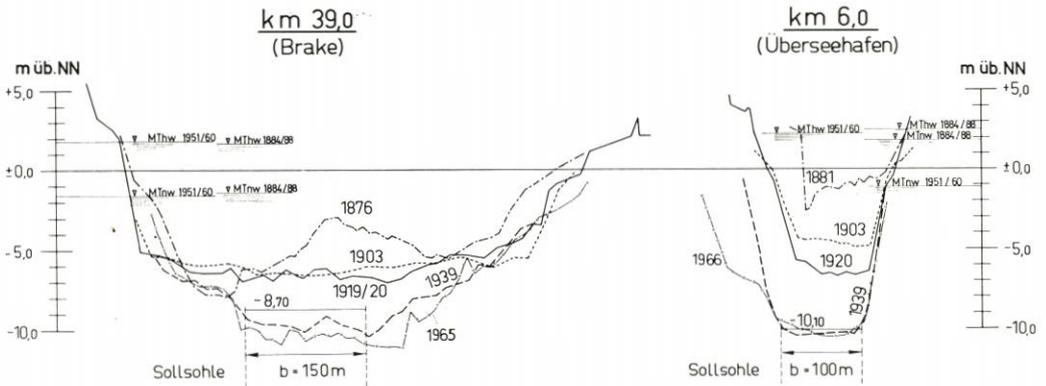


Abb. 12. Querschnitte der Unterweser bei km 6,0 und 39,0

1875 wurde die Forderung erhoben, mit 5 m Tiefgang unter Ausnutzung der Tide die stadtbremischen Häfen zu erreichen, und es kam in den Jahren 1883–1895 zu der ersten Weserkorrektur nach den Plänen von LUDWIG FRANZIUS. Der verwilderte Flußlauf wurde zu einem einheitlichen ausgebaut. Stromspaltungen wurden durch Abdämmen der Nebenarme beseitigt, Krümmungen abgeflacht,

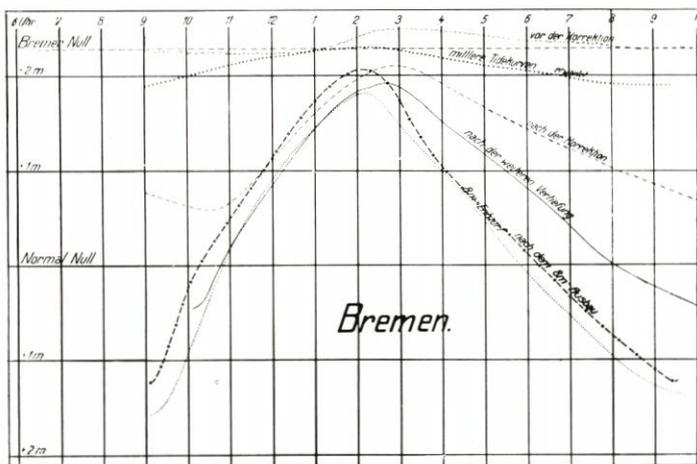


Abb. 13. Tidekurven von Bremen

die Strömung im Hauptarm durch Buhnen und vorwiegend durch Leitwerke zusammengefaßt (Abb. 11). Vor allem aber wurde eine Vertiefung des Fahrwassers durch Baggerungen vorgenommen (4.1, 4.2, 4.4, 4.9, 4.10). Um einen Begriff von dem Umfang der Arbeiten zu geben, sollen hier nur zwei Zahlen genannt werden: Insgesamt wurden rd. 16 Mio. Mark für Baggerungen aufgewandt und 6,5 Mio. Mark für Korrek-

tionswerke. Das sind nach heutigem Preisstand 110 Mio. DM für Baggerungen und 45 Mio. DM für Wasserbauwerke. Abbildung 12 zeigt am Beispiel des Querschnittes bei Kilometer 6, in welchem Maße die Querschnitte unmittelbar unterhalb von Bremen vergrößert worden sind. Weiter unterhalb (Brake) war die Querschnittsvergrößerung geringer. Durch diese Arbeiten war der Tidewelle ein ungehindertes Vordringen ermöglicht. Der Tidehub stieg bei Bremen von 20 bis

30 cm auf 66 cm an, bei Vegesack auf rd. 2 m. Abbildung 13 zeigt die Veränderung der Tidekurve am Pegel Bremen infolge der Weserkorrektur, sie war größer als erwartet. Abbildung 14 zeigt die MThw- und MTnw-Linien und die Lage der Flußsohle vor Beginn der Hauptkorrektionsarbeiten (Jahresreihe 1884/1888) und danach (1902). Unter Ausnutzung der Tide war nunmehr ein Verkehr von Schiffen mit 5 m Tiefgang zu den neu gebauten Bremer Hafenbecken möglich (4.4, 4.9). Aber die Schiffsgrößen hatten inzwischen so zugenommen, daß Bremen zu einem weiteren Weserausbau gezwungen war. Vorwiegend waren es wieder Baggerungen, die 1895 bis 1900 ausgeführt wurden, und schon 1903 plante man eine Vertiefung der Weser, die einen Verkehr von 7 m tief gehenden Schiffen unter Ausnutzung der Tide

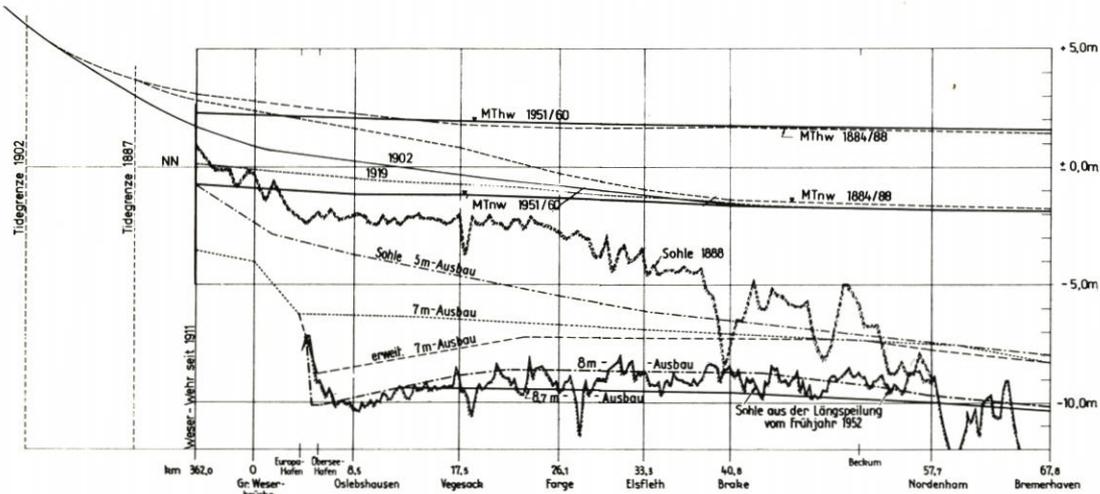


Abb. 14. Längsschnitte der Unterweser (Sohlenlage und Wasserstände)

ermöglichen sollte. Da inzwischen der Tidehub bei Bremen vor allem durch Absenken des Niedrigwassers stark zugenommen hatte, die Tidewelle weiter stromaufwärts lief (Abb. 14) und es zu Sohlenerosion und Absenkung des Grundwassers kam, wurde 1906 bis 1911 das Weserwehr bei Hemelingen gebaut (4.10). Es setzte dem weiteren Vordringen der Tide ein Ende, vergrößerte aber den Tidehub bei Bremen. Der 7 m-Ausbau wurde 1913 bis 1916 ausgeführt und zwar vorwiegend durch Baggerungen. Die Abbildungen 13 und 14 zeigen die Veränderung der Tide durch die Weserausbauten. Auf Abbildung 14 ist auch die Absenkung des MTnw (MTnw-Linie für 1919) durch die Reflexion der Tidewelle am Weserwehr zu erkennen. Außerdem ist die Sohlenlage der verschiedenen Ausbauten eingetragen (4.4, 4.9, 4.10, 4.18).

Die Fahrwasserverhältnisse in der Außenweser, also unterhalb von Bremerhaven, haben bis zum Ende des 19. Jahrhunderts für die Schiffsgrößen völlig ausgereicht. Erst nach 1890 wurde es erforderlich, auch die Außenweser auszubauen. Gegenüber von Bremerhaven wurden durch Leitdambauten Stromverzweigungen beseitigt. Weiter unterhalb teilt sich die Außenweser in zwei Arme, den Fedderwarder und den Wurster Arm. Ende des vorigen Jahrhunderts war der östliche Arm, der Wurster Arm, das Hauptfahrwasser. Allmählich trat eine Veränderung zugunsten des Fedderwarder Arms ein, der man zunächst durch Baggerungen entgegenzuwirken versuchte. Schließlich setzte sich aber die Überzeugung durch, daß es zweckmäßiger wäre, den Fedderwarder Arm als Hauptfahrwasser auszubauen, was gleich nach dem 1. Weltkrieg auch geschah. Große Leitdämme mit Stichbuhnen wurden gebaut, durch die der

Strom durch den Fedderwarder Arm geführt wurde. Die Wasserführung des Wurster Arms wurde eingeschränkt. So gelang es schließlich, eine Fahrwassertiefe von 10 m unter MTnw von See bis Bremerhaven zu erreichen (4.5, 4.9, 4.10).

3.3 Die Ems und der Hafen Emden

Der Emdener Seehandel lag nach den Napoleonischen Kriegen völlig darnieder und erholte sich nur ganz allmählich. 1845 bis 1849 wurde ein Kanal als geradlinige Verbindung zwischen dem alten Hafen und der Ems hergestellt. Der Kanal wurde durch eine Schutzschleuse abgeschlossen. Einen gewissen Auftrieb erhielt der Hafen 1855 durch den Bau der Eisenbahn nach Emden. 1866 kam Emden wieder zu Preußen und Emdens Seehandel belebte sich etwas. Auch durch den Bau des Ems-Jade-Kanals (1880–1888) zwischen Emden und Wilhelmshaven konnte sich der Verkehr weiter steigern. Der Emdener Hafen, in den der Kanal einmündet, wurde weiter ausgebaut und durch eine Kammerschleuse von 120 m Länge und 15 m Breite, die 1881 bis 1883 erbaute Nesserlander Schleuse, abgeschlossen. Zwischen der Schleuse und der Ems liegt der tideoffene Außenhafen. Trotz dieser Ausbauten gelang es nicht, von Emden aus einen unmittelbaren Überseehandel größeren Stils aufzubauen (2.7, 2.12, 2.9, 2.10).

Eine entscheidende Wende trat für Emden erst ein, als Preußen für die Versorgung des Ruhrgebietes mit Erzen und zur Ausfuhr von Kohle 1886 bis 1899 den Dortmund-Ems-Kanal baute (2.8). Dadurch wurde Ende des 19. Jahrhunderts ein weiterer Hafenausbau erforderlich (2.7). Die starke Zunahme des Verkehrs erforderte von 1905 bis 1915 eine großzügige Erweiterung des Hafens. Die große Seeschleuse (Länge 260 m, Breite 40 m) und der neue Binnenhafen wurden gebaut (2.12). Zugleich mit den Hafenerweiterungen war ein Ausbau des Emdener Fahrwassers notwendig gewesen. Der Geise-Rücken, der den Dollart von der Ems trennt, wurde durch Leitwerke und Bühnen festgelegt, um das Hineinwandern von Sänden in die Ems zu verhindern. Ein erstes Leitwerk wurde schon 1870 errichtet (2.6). 1912 bis 1923 wurde zur Einfassung des Emdener Fahrwassers auf der Nordseite der Emdener Seedeich gebaut (2.1, 2.6). Darüber hinaus waren seit 1896 große Baggerungen von Emden bis zur Knock, der nach Süden ragenden Festlandspitze westlich von Emden, notwendig. Die Baggermassen konnten in dem neu eingedeichten Larrelt-Wybelsumer Polder untergebracht werden (2.6). Die Strecke von Emden bis zur Knock ist bis heute schwierig geblieben. Erst unterhalb der Knock wirkt sich die Spülkraft des heute 100 km² großen Dollartbeckens aus, so daß man dort zunächst ohne Baggerungen auskommen konnte. Immerhin war es um die Jahrhundertwende gelungen, eine Fahrwassertiefe in der Ems von See bis Emden von 6 m unter MTnw zu erreichen. Einzelheiten der Entwicklung des Emsfahrwassers und der Maßnahmen zu seinem Ausbau sind in (2.4, 2.5, 2.1, 2.6) dargestellt.

3.4 Verkehrsentwicklung auf Elbe, Weser und Ems

Wenn man die Verkehrsentwicklung auf den drei genannten Wasserstraßen bis zum 1. Weltkrieg betrachtet, so ist auf Abbildung 15 zu erkennen, daß der Umschlag des Hamburger Hafens gegenüber dem Umschlag in den anderen Häfen ganz wesentlich überwiegt, und das bedeutet zugleich ein Überwiegen des Seeschiffsverkehrs auf der Unterelbe gegenüber den anderen Wasserstraßen. Auf Abbildung 15 ist bis 1927 nur der eigentliche Hamburger Güterumschlag angegeben, ohne den Umschlag von Altona und Harburg. Die Umschlagszahlen von Altona und Harburg sind gegenüber Hamburg aber relativ klein, wie auch aus

Abbildung 8, der Darstellung der Schiffszahlen, hervorgeht. Alle anderen Unterelbe-Häfen haben noch geringere Umschlagszahlen als Altona und Harburg und haben neben Hamburg keine Bedeutung. Es sollen daher Hamburg-Verkehr und Unterelbe-Verkehr etwa gleichgesetzt werden. Entsprechendes gilt für den Umschlag in Bremen und den Verkehr auf der Unterweser für den hier betrachteten Zeitabschnitt. In den greifbaren Statistiken sind allerdings Bremen und Bremerhaven stets zusammen genannt, so daß der eigentliche Unterweserverkehr nach Bremen geringer ist als auf Abbildung 15 dargestellt.

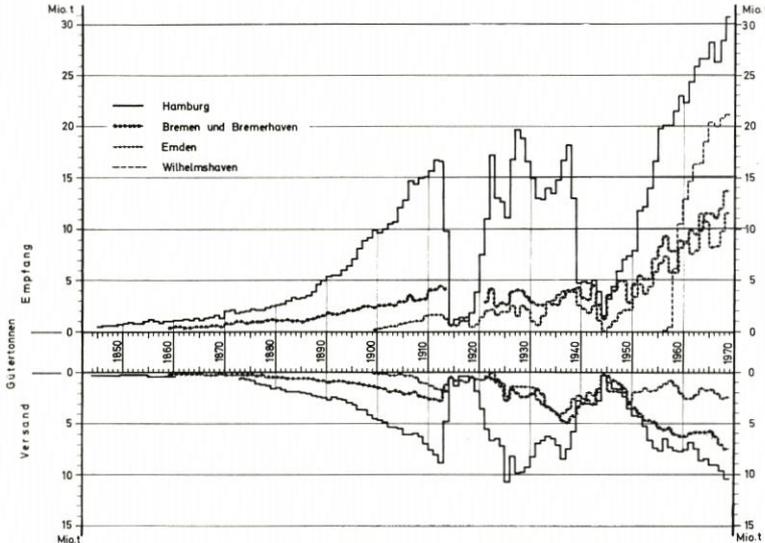


Abb. 15. Seeschiffsumschlag der deutschen Nordseehäfen 1845 bis 1969

Die Güterumschlagsmengen des Hamburger Hafens nehmen vom Beginn der Statistik bis zum 1. Weltkrieg stetig zu. Die Ursache für den gegenüber den anderen Häfen wesentlich größeren Umschlag des Hamburger Hafens und sein stetiges Ansteigen ist in den besonders günstigen Fahrwasserverhältnissen der Unterelbe zu suchen. Mit der Unterelbe stand eine Wasserstraße zur Verfügung, die dem Wachsen der Schiffsgrößen, besonders auch der Massengutschiffe, ohne große Schwierigkeiten angepaßt werden konnte. In Bremen ist eine, wenn auch nicht so stürmische Aufwärtsentwicklung erst seit der Weserkorrektur zu erkennen. In Emden beginnt ein nennenswerter Verkehr überhaupt erst wieder nach der Fertigstellung des Dortmund-Ems-Kanals um 1900. Bemerkenswert für Emden ist die Ausgeglichenheit zwischen Einfuhr und Versand, während bei den anderen beiden Häfen die Einfuhr erheblich überwiegt.

Abbildung 16 zeigt den Binnenschiffsverkehr. Zu beachten ist der sehr starke Verkehr auf der Mittelelbe, der seit 1880 stetig zugenommen hat. Das ist verständlich, weil die Elbe auch oberhalb von Hamburg ein bedeutender Fluß ist, dessen Wasserführung Weser und Ems erheblich übertrifft (Tabelle 1). Die Elbe, die seit etwa 1870 einheitlich von den Anliegerländern ausgebaut wurde (1.12, 5.24), war eine leistungsfähige Verkehrsverbindung zum Binnenland. Der Bergverkehr überwog sehr wesentlich gegenüber dem Talverkehr. Ein großer Teil der Seeschiffeinfuhr in Hamburg bestand aus Massengütern, die dann mit Binnenschiffen landeinwärts gebracht wurden. Von Bremen lagen dem Verfasser aus der Zeit vor dem 2. Weltkrieg keine Zahlenangaben über den Binnenschiffsverkehr der Mittelweser vor. Die Mittelweser war aber eine wesentlich schlechtere Wasserstraße als die Mittelelbe und Bremen war

überwiegend Stückguthafen. Daraus ist zu erklären, daß Bremen damals als ausgesprochener Eisenbahnhafen bezeichnet wird, der Binnenschiffsverkehr wird mit 20 % angegeben, während er in Hamburg 40 % betrug. Der Binnenschiffsverkehr der Ems ist um 1910 in Empfang (Kohle) und Versand (Erz) weitgehend ausgeglichen.

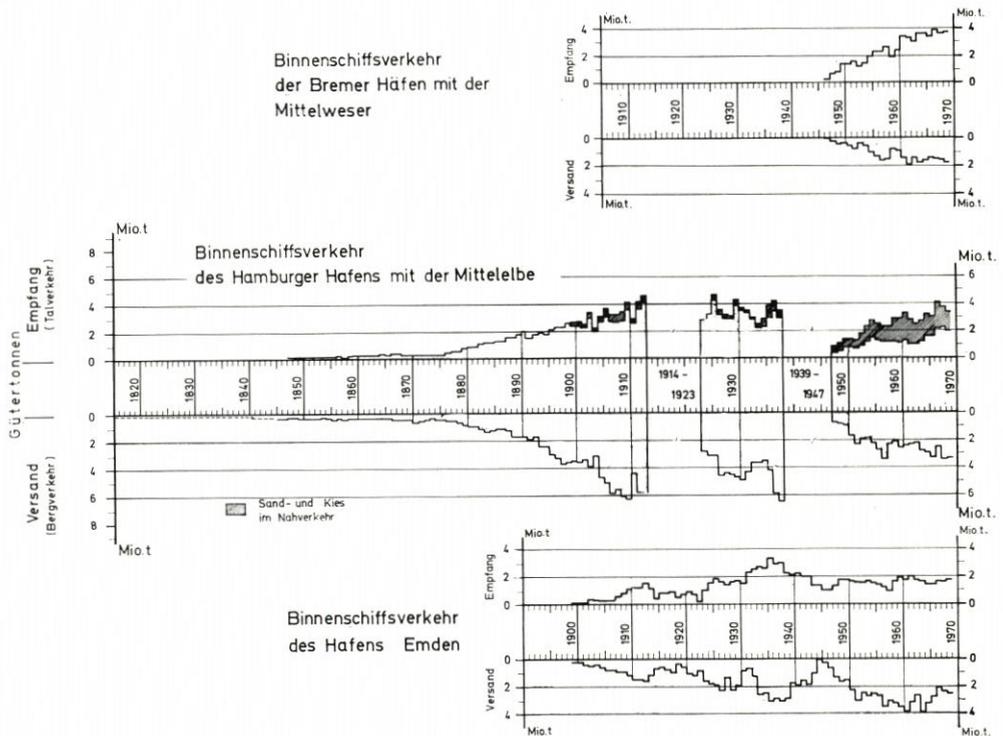


Abb. 16. Binnenschiffsverkehr der deutschen Nordseehäfen 1845 bis 1969

3.5 Die Jade

Nach der Elbe, Weser und Ems sollen nun noch zwei weitere Wasserstraßen betrachtet werden, die im 19. Jahrhundert ausgebaut wurden, die Jade und der Nord-Ostsee-Kanal. Beide verdanken ihren Ausbau vorwiegend strategischen Überlegungen. Die Jadebusen ist durch Sturmfluteinbrüche erst zwischen dem 12. und 16. Jahrhundert entstanden (3.9, 3.4, 3.6). Mehrere Einzelbuchten vereinigten sich schließlich zu einer zusammenhängenden Bucht, dem Jadebusen, der zeitweise durch mehrere Arme mit der Weser verbunden war. Durch Eindeichungen und Verlandungen sind die Verbindungsarme zum Teil erst im vorigen Jahrhundert geschlossen worden. Der großen Tidewassermenge von rd. 400 Mio. m³ bei mittlerer Tide, die durch den schmalen Hals des Jadebusens strömt, verdankt die Jade ihre Tiefe (3.8). Trotz dieser guten Fahrwassertiefe hat die Jade in den früheren Jahrhunderten keine Bedeutung für die Schifffahrt gehabt. An der Jade und dem Jadebusen lag keine Stadt, die einen Seehandel aufbauen konnte. Nur die Kontinentalperle brachte für kurze Zeit für einige kleine Orte eine Belebung des Seehandels und des Schiffsverkehrs (2.6).

Größere Bedeutung als Schifffahrtstraße erhielt die Jade erst durch die Anlage des Kriegshafens Wilhelmshaven. In der Mitte des vorigen Jahrhunderts begann Preußen seine Kriegsflotte aufzubauen und brauchte dazu einen Stützpunkt an der Nordsee. Da Preußen zur damaligen Zeit über kein eigenes Gebiet an der Nordsee verfügte, erwarb es von Oldenburg ein Gebiet an der vorspringenden Ecke des Jeverlandes, durch die der schmale, nur 4,5 km breite Hals des Jadebusens gebildet wird. Dieser Platz wurde für die Anlage eines Kriegshafens als besonders günstig angesehen. 1856 begannen die Bauarbeiten für den Hafen, der Ende 1870 in Betrieb genommen wurde. Mit Rücksicht auf den großen Tidehub (MThb Wilhelmshaven 3,75 m) und die Verschlickungsgefahr in den Hafenbecken wurde der Hafen als Dockhafen angelegt (3.11). Den Hafen und die Sorge für das Jadedefahrtswasser übernahm schon 1873 das Reich. Da man die Bedeutung des Jadebusens für das Jadedefahrtswasser erkannt hatte, wurden 1883 durch das Reichskriegshafengesetz jegliche Landgewinnungsarbeiten im Jadebusen verboten (3.6, 3.8, 2.6). Das Defahrtswasser der Jade war für die größten damaligen Kriegsschiffe vollkommen ausreichend, so daß zunächst keinerlei Ausbaumaßnahmen erforderlich waren. Ende des vorigen Jahrhunderts baute man auf dem Schweinsrücken einen 5,8 km langen Leitdamm, um den Strom mehr an der Hafeneinfahrt vorbeizuführen (3.6, 2.6). Schließlich, als die Kriegsschiffsgrößen immer mehr zunahmen, kam es zur Jadekorrektur, die 1909 begann und mit Unterbrechungen bis 1937 dauerte (3.2). Während die Innenjade (Wilhelmshaven bis zur Linie Schillig-Alte Mellum) in ihrer Gestalt seit 1800 weitgehend unverändert geblieben ist und ihre Defahrtswassertiefe allein durch Baggerungen gehalten und vergrößert werden konnte, ist das Gebiet der Außenjade (seewärts der Linie Schillig-Alte Mellum) größeren morphologischen Veränderungen unterworfen gewesen. Inseln, Platen und Rinnen verlagerten sich häufig (3.5, 2.6). Zur Stabilisierung der Verhältnisse wurde daher die Insel Wangerooge gesichert und an der Jademündung, am Minsener Oog, ein Buhnensystem ausgebaut (3.2, 3.6, 3.11, 2.6). Am Ende des 1. Weltkrieges war in der Jade eine durchgehende Tiefe von rd. 10 m unter MTnw vorhanden. Die Kosten für die Jadekorrektur bestanden schon damals zu 50 % aus Kosten für Baggerungen (3.2, 3.6). Für die Handelsschifffahrt ist die Jade bis nach dem 2. Weltkrieg ohne Bedeutung geblieben (2.6) Es fehlte das Verkehrsbedürfnis. Wilhelmshaven hatte kein industrielles Hinterland, für das Rohstoffeinfuhren nötig waren, und eine Wasserstraßenverbindung ins Binnenland fehlte auch. Der 1880 bis 1888 erbaute Ems-Jade-Kanal zwischen Wilhelmshaven und Emden kann nicht als eine solche Verbindung angesehen werden. Er dient nur örtlichem Verkehr und ist für größere Binnenschiffe zu klein.

3.6 Eiderkanal und Nord-Ostsee-Kanal

Anders lagen die Verhältnisse für die Wasserstraßenverbindung zwischen der Nordsee und der Ostsee. Jahrhundertlang waren immer wieder Pläne aufgetaucht, eine Wasserstraße für Seeschiffe durch Schleswig-Holstein hindurch auszuführen (6.6). Der alte Stecknitzkanal, der Elbe und Trave verband, war ebenso wie der später an seiner Stelle gebaute Elbe-Lübeck-Kanal nur ein Binnenschiffskanal. Erst 1777 bis 1784 kam es zum Bau des Schleswig-Holsteinischen Kanals, oder, wie er auch genannt wird, des Eiderkanals. Von der Nordsee bis Rendsburg mußte die Schifffahrt die Eider benutzen. Bei Rendsburg begann der eigentliche Kanal, der mit 3 Schleusen zur Scheitelhaltung Königsförde-Rathmannsdorf anstieg. Der Kanal benutzte bis zur Scheitelhaltung im wesentlichen das Tal der Eider, wobei er aber größere Schleifen des Flusses abschnitt. Vom Flemhuder See an begann der Abstieg im Tal der Levensau zur Kieler Förde bei Holtenau über weitere 3 Schleusen. Kanaltrasse und -längsschnitt sind auf Abb. 17 dargestellt, Abbildung 18 zeigt den Kanalquerschnitt. Die Schleusen waren 35 m lang und 7,8 m

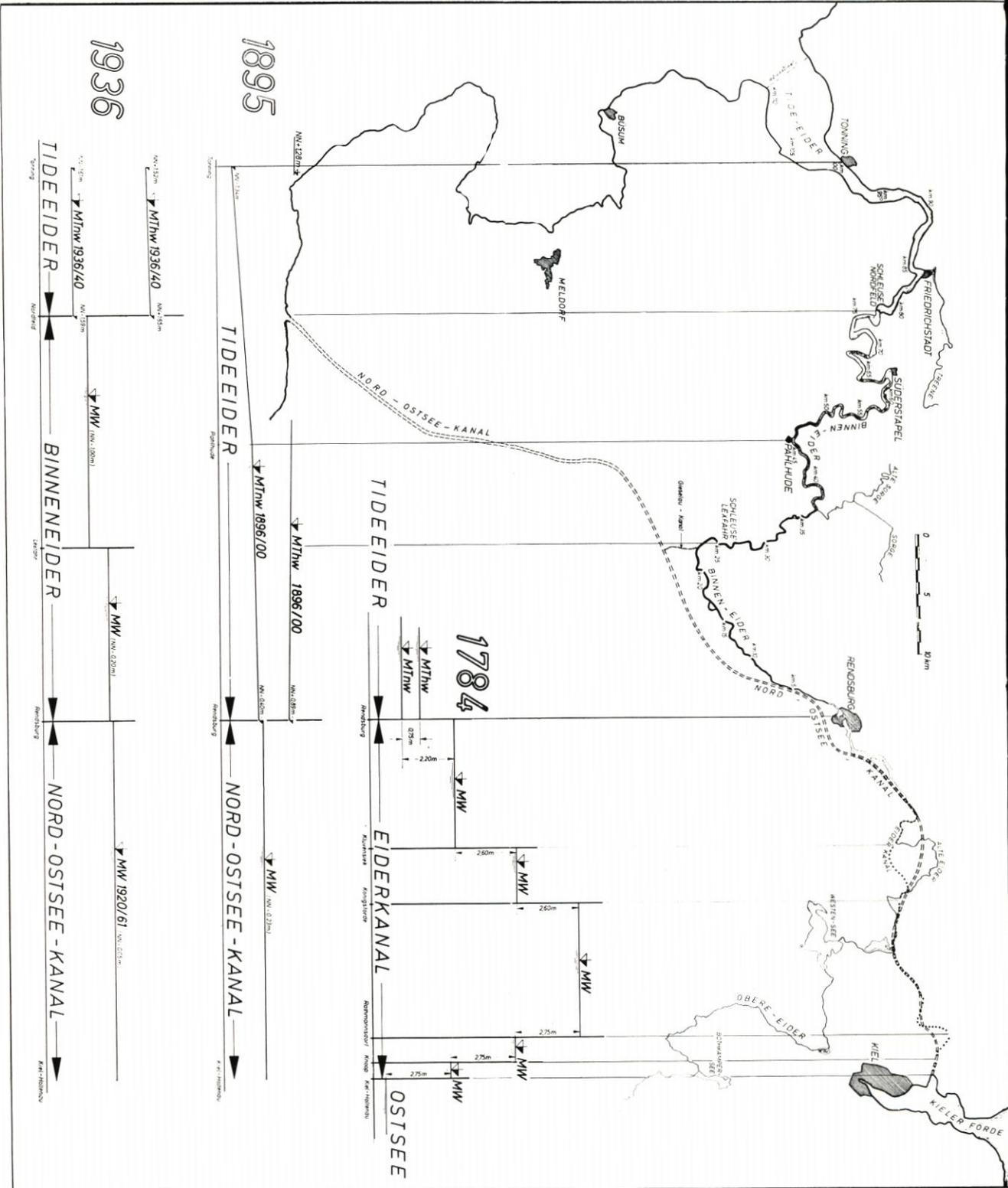


Abb. 17. Eiderkanal und Nord-Ostsee-Kanal

breit. Der zulässige Tiefgang im Kanal betrug 3 bis 3,5 m. Dieser Kanal war der erste Seeschiffskanal in Europa (6.6, 6.1, 6.10).

Nach Einführung der Dampfschiffahrt zeigten sich die Mängel des Kanals. Für die immer größer werdenden Schiffe war er alsbald zu klein. Die Schleusen und die zahlreichen Krümmungen behinderten den Verkehr. In der Mitte des 19. Jahrhunderts wurden daher mehrere Projekte für einen neuen Kanal von der Nordsee zur Ostsee untersucht. Aber erst nachdem 1878 der Hamburger Kaufmann DAHLSTRÖM auf die Verkehrsbedeutung eines leistungsfähigen

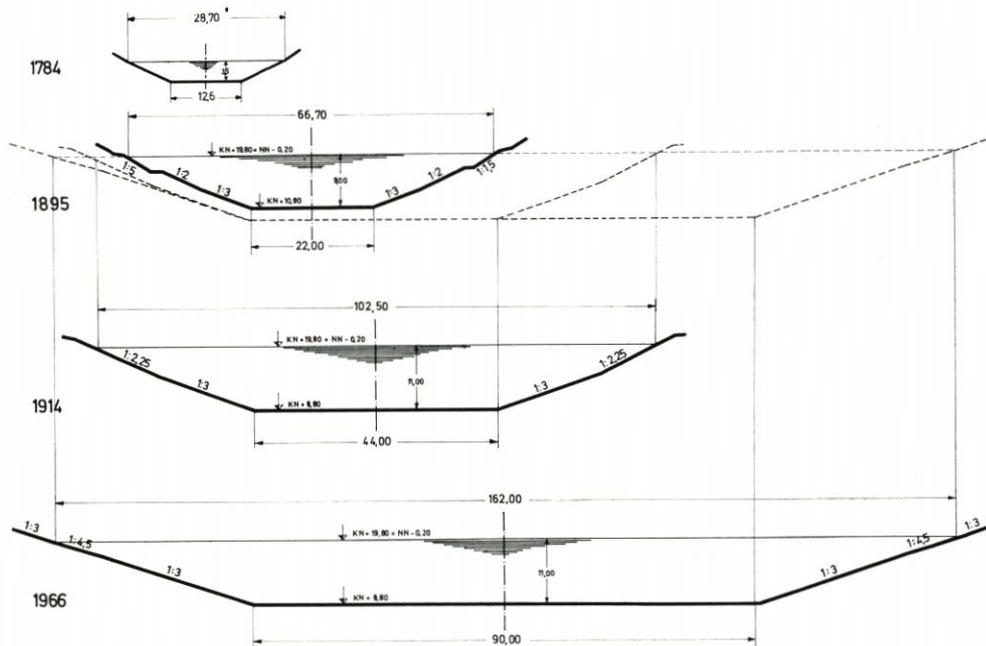


Abb. 18. Querschnitte von Eiderkanal und Nord-Ostsee-Kanal

Kanals hingewiesen hatte, kam es zu dem Entschluß, diesen Kanal zu bauen. Für den Baubeginn hatten aber vorwiegend strategische Gründe den Ausschlag gegeben. Durch den neuen Kanal sollten Flottenverschiebungen von der Nordsee zur Ostsee und umgekehrt ermöglicht werden, ohne dabei fremde Hoheitsgewässer zu berühren (6.6). Der Kanal wurde 1887 bis 1895 gebaut. Er hat eine Länge von 100 km und verläuft von der Elbemündung bei Brunsbüttel zur Kieler Förde. Die Wasserspiegelbreite betrug 67 m, die Tiefe 9 m. Die Schleusen an den Enden des Kanals haben 150 m Länge und 25 m Breite. Der alte Eiderkanal ging zwischen Rendsburg und der Kieler Förde im wesentlichen in den Kanal auf. Bei Rendsburg wurde eine Schleuse zur Eider gebaut, um über die Untereider einen zweiten Verbindungsweg zur Nordsee offenzuhalten (6.2). Die Linienführung des Kanals und seine Wasserspiegellage sind aus Abbildung 17 zu erkennen, Abbildung 18 zeigt den Kanalquerschnitt. Schon bald nach der Inbetriebnahme waren die Abmessungen des Kanals wegen der starken Zunahme der Schiffsgrößen überholt, und der Kanal mußte erweitert werden, was von 1907 bis zum Ende des 1. Weltkrieges geschah. Die Wasserspiegelbreite des erweiterten Kanals betrug nunmehr 102 m, die Tiefe 11 m (Abb. 18). Die neuen Schleusen sind 330 m lang und 45 m breit (6.3, 6.16, 6.5, 6.11). Der Kanal ist zwar seit seiner Inbetriebnahme immer auch von der zivilen

Schifffahrt benutzt worden, aber bis zum 1. Weltkrieg geschah das nur in sehr geringem Umfang (Abb. 21).

3.7 Das Seezeichenwesen

Bei einem Überblick über den Ausbau der Wasserstraßen im 19. Jahrhundert muß auch die Entwicklung des Seezeichenwesens kurz gestreift werden. Die Schifffahrt brauchte zu ihrer Sicherung weiterreichende Leuchtfener als bisher. Die Voraussetzungen für deren Einrichtung waren durch die Entwicklung der Optik (Fresnel-Linse) und der Lichttechnik gegeben. Als

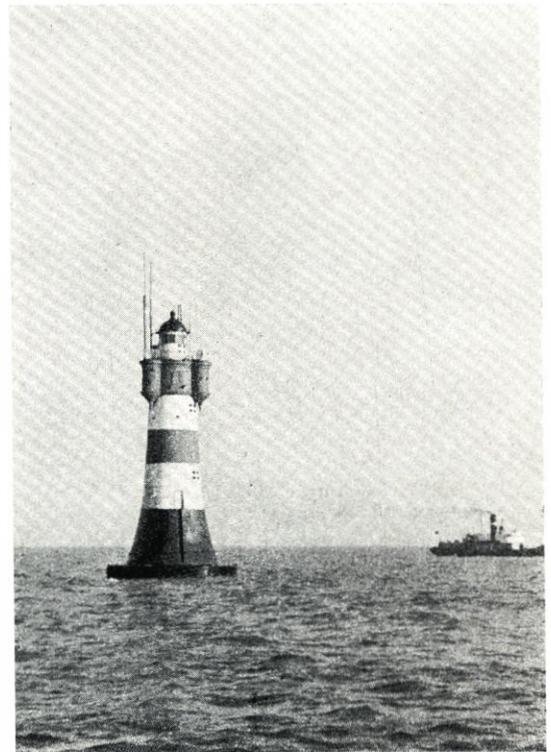


Abb. 19
Der Leuchtturm Rotersand in der Wesermündung

Lichtquellen wurden zunächst Rüböl und Petroleum verwendet (1.8). Moderne Leuchtfener ersetzen sehr bald die offenen Kohlefeuer. Anfang des 19. Jahrhunderts wurden schon die neu errichteten Leuchttürme Cuxhaven (1805) und Helgoland (1811) in Betrieb genommen, und auch auf alten Türmen richtete man Lampenfener ein (Wangerooge 1814, Neuwerk 1815, Borkum 1817) (1.8). Um die Mitte des Jahrhunderts wurden neue Leuchttürme u. a. auf Sylt (Kampen und List), Wangerooge, dem Hohen Weg (4.11) und bei Bremerhaven gebaut. Eine besondere Leistung war der Bau des Leuchtturms Rotersand (4.8), weit draußen in der Wesermündung 1882 bis 1885, den Abbildung 19 zeigt. Zahlreiche Türme wurden an der Küste und den Strömen am Ende des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts gebaut, wobei Gußeisen und Formstahl (Gittermaste, Skelettbauweise) in zunehmendem Maße verwendet wurden. Durch die Erfindung des Gasglühlichtes (1891 AUER VON WELSBACH) und schließlich durch den Einsatz der elektrischen Energie als Lichtquelle konnte die Tragweite der Feuer wesentlich

vergrößert werden. An die Stelle von hölzernen Fahrwassertonnen waren eiserne getreten (4.6, 5.5). Wichtige Punkte vor der Küste wurden durch Feuerschiffe gekennzeichnet, als deren erstes die 1815 in Dienst gestellte „Eider-Lotsengaliote“ anzusehen ist. 1816 lag das erste Feuerschiff in der Elbemündung (1.8).

Durch das Reichsgesetz vom 3. März 1873, das die Reichsverfassung von 1870 ergänzte, wurden dem Reich Zuständigkeiten auf dem Gebiet des Seeschiffahrtszeichenwesens übertragen. Um den stärkeren Schiffsverkehr auf den Wasserstraßen sicherer zu gestalten, erließ der Reichskanzler auf Grund des Gesetzes vom 3. März 1873 am 31. Juli 1887 die „Grundsätze eines einheitlichen Systems zur Bezeichnung der Fahrwasser und Untiefen in den deutschen Küstengewässern“, die am 1. April 1889 in Kraft traten.

4. Der Zeitabschnitt nach 1921

In den folgenden Ausführungen wird zugleich versucht, einige Ausblicke auf die künftige Entwicklung zu geben. Der gesamte Zeitabschnitt von 1921 bis heute soll dabei als eine Einheit aufgefaßt und nicht in die Zeit vor und nach dem 2. Weltkrieg unterteilt werden. Die Ansätze für die heutige Entwicklung waren schon vor dem 2. Weltkrieg vorhanden, die Entwicklung wurde durch den Krieg nur zeitlich verschoben.

Wesentlich für die Entwicklung der Wasserstraßen ist, daß das Reich auf Grund des Artikels 97 der Weimarer Reichsverfassung die dem allgemeinen Verkehr dienenden Wasserstraßen in Eigentum und Verwaltung übernahm. Über die Einzelheiten dieser Übernahme wurde 1921 zwischen dem Reich und den Ländern der Wasserstraßenstaatsvertrag geschlossen. Dieser Übergang war sehr sinnvoll (1.2, 1.6). Deutschland war mehr denn je als einheitlicher Wirtschaftsraum aufzufassen, der ein in einheitlicher Verwaltung stehendes Verkehrsnetz benötigte. Es wurden die wichtigsten Landstraßen als Reichsstraßen und die Ländereisenbahnen als Reichsbahn vom Reich übernommen. So war es nur folgerichtig, auch die Wasserstraßen dem Reich zu übertragen. Damit hatte das Reich – und dasselbe gilt für den Bund – die Verpflichtung zum Ausbau der Wasserstraßen zu einem leistungsfähigen Verkehrsnetz übernommen.

Für den norddeutschen Raum war es in erster Linie notwendig, die vorhandenen Wasserstraßen zu einem Netz zu verknüpfen. Es waren ursprünglich nur die in etwa Süd-Nord-Richtung verlaufenden natürlichen Wasserstraßen Ems, Weser und Elbe vorhanden. Der Mittellandkanal hatte 1916 vom Westen her erst Hannover erreicht. Dieser Kanal wurde bis zur Elbe ausgebaut, die er 1938 erreichte. Der Küstenkanal wurde 1921 bis 1935 als nördliche Verbindung zwischen Weser (Hunte) und Ems gebaut (1.9). Zugleich wurde die Verbesserung der Wasserstraßenverbindungen von den Seehäfen ins Binnenland in Angriff genommen: Die Niedrigwasserregulierung der Elbe wurde 1929 begonnen, sie konnte bis zum 2. Weltkrieg weitgehend fertiggestellt werden (5.24, 5.2). Mit dem Ausbau des Dortmund-Ems-Kanals für größere Binnenschiffe und mit der Mittelweserkanalisation wurde angefangen. Beide Maßnahmen wurden gleich nach dem Kriege mit verstärkten Kräften fortgesetzt; die Mittelweserkanalisation ist inzwischen vollendet (1.9). Eine Kanalverbindung zwischen Elbe und Weser bzw. dem Mittellandkanal war vor dem Kriege geplant (5.34). Inzwischen ist seit dem Frühjahr 1968 diese Kanalverbindung als Elbe-Seiten-Kanal in Bau (5.34, 5.14). Darüber hinaus werden auf Grund des Regierungsabkommens über den Ausbau von Wasserstraßen im nordwestdeutschen Raum vom 14. September 1965 u. a. auch der Küstenkanal, der Dortmund-Ems-Kanal und der Mittellandkanal ausgebaut und modernisiert, so daß in absehbarer Zeit im

Hinterland der Seehäfen ein einheitlich für das 1350 t-Europa-Binnenschiff ausgebautes Netz von Binnenschiffahrtstraßen zur Verfügung stehen wird (Ab. 20).

Wie sieht es aber mit dem Ausbau der seewärtigen Zufahrten zu den Seehäfen aus? Wird hier ebenfalls eine Einheitlichkeit des Ausbaustandes angestrebt und ist eine solche überhaupt sinnvoll? Zur Wahrung der Interessen ihrer Seehäfen hatten die Länder mit dem Reich Zusatzverträge zu dem Wasserstraßenstaatsvertrag von 1921 abgeschlossen, in denen das künftige

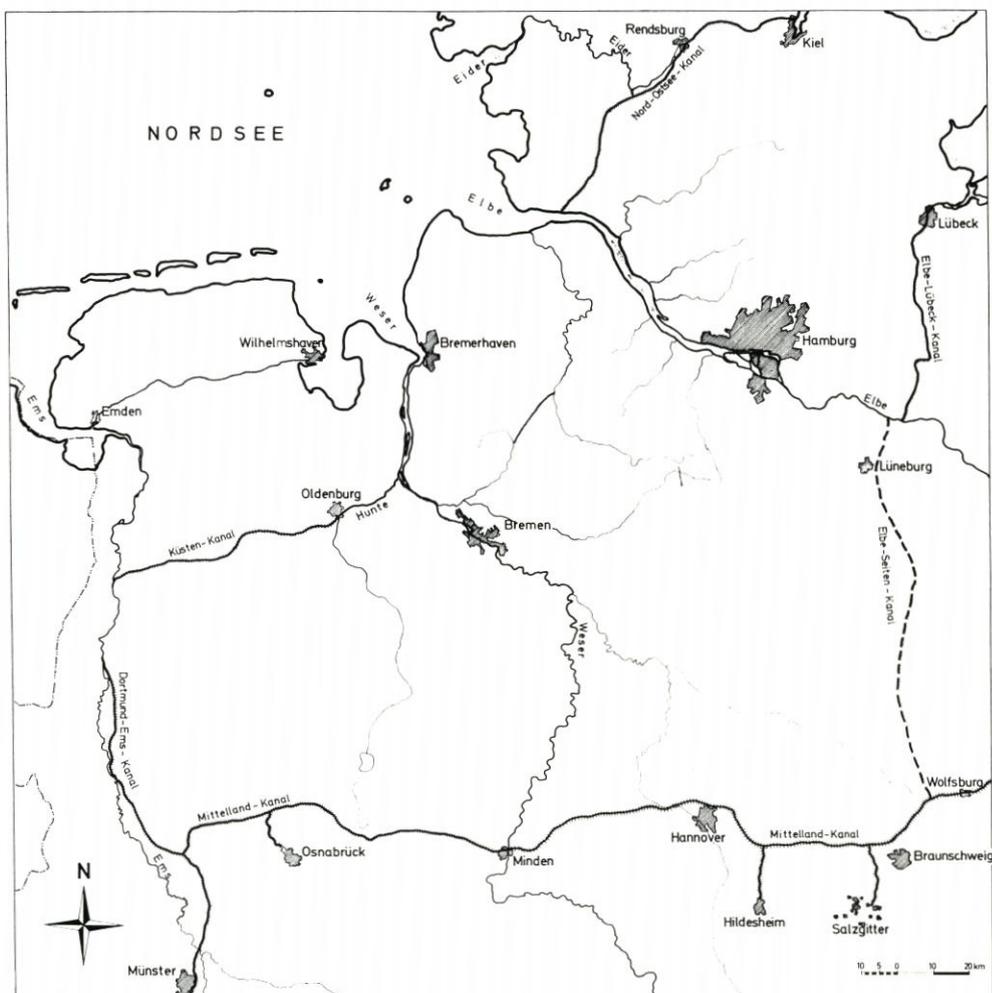


Abb. 20. Die Wasserstraßen im nördlichen Teil der Bundesrepublik

Ausbauziel der seewärtigen Hafenzufahrten jeweils festgelegt war. Darin heißt es für die Elbe, „daß in der Regel die größten Seeschiffe Hamburg unter Ausnutzung des Hochwassers erreichen können“. Für die Weser wurde als Ziel gesetzt, „daß das jeweilige Regelfrachtschiff im Weltverkehr unter Ausnutzung des Hochwassers nach und von Bremen verkehren kann“. Und schließlich wurde für die Ems vereinbart, „dahin zu arbeiten, daß die Fahrwassertiefe nach Emden nicht hinter der nach Bremerhaven und Hamburg zurücksteht“. Im folgenden sollen wieder die einzelnen Wasserstraßen nacheinander betrachtet werden.

4.1 Die Weser

Die vertragliche Zielsetzung für den Ausbau der Weser, daß das jeweilige Regelfrachtschiff im Weltverkehr nach und von Bremen verkehren kann, ist die maßvollste von allen. Als die Gruppe der Schiffe von 6000 bis 8000 BRT mit Tiefgängen von 7,5 bis 9 m eine erhebliche Bedeutung im Seeschiffsverkehr erlangt hatte, wurde 1925 bis 1929 der 8 m-Ausbau der Unterweser ausgeführt (4.9, 4.10) und dann 1953 bis 1959 der 8,7 m-Ausbau, als 30 % des Raumgehalts der Welthandelsflotte auf Schiffe von mehr als 8000 BRT entfielen und die maßgebenden Tiefgänge zwischen 8,5 und 9,5 m lagen (4.19, 4.20, 4.21). Dabei beträgt die Tiefe unter KN*) über dem „Braker Buckel“ 8 m, und Schiffe bis 9,60 m können bei enger Anpassung an die Tide Bremen erreichen. Solche Schiffe haben allenfalls eine Tragfähigkeit von 20 000 tdw, die man auch heute noch als normale Stückgutfrachter ansehen kann. Abbildung 12 zeigt Querschnitte der Weser bei Kilometer 6 und 39, Abbildung 13 die Tidekurve am Pegel Bremen nach dem 8 m-Ausbau. Abbildung 14 zeigt die MThw- und MTnw-Linie von 1951/60. Das MTnw ist durch die Ausbauten weiter abgesunken, während MThw sich nicht wesentlich verändert hat. Für die Unterweser ist für die Zukunft ein weiterer Ausbau mit einer Mindesttiefe von 9 m unter KN geplant, die Schiffen bis zu 10,5 m Tiefgang oder bis 35 000 tdw bei enger Anpassung an das Thw die Fahrt nach Bremen ermöglichen wird (4.13, 4.14, 1.3).

Günstiger liegen die Verhältnisse unterhalb von Bremerhaven. Der schon erwähnte Ausbau des Fedderwarter Armes als Hauptfahrwasser wurde 1928 beendet, die Fahrwassertiefe bis Bremerhaven betrug 10,3 m unter SKN (4.5, 4.9, 4.10). Inzwischen ist durch verstärkte Baggerungen eine Fahrwassertiefe von 11 m erreicht worden und der Ausbau auf 12 m Tiefe ist im Gange (4.15, 1.3). Nach Fertigstellung dieses Ausbaus kann unter Ausnutzung der Tide Bremerhaven mit Schiffen von 80 000 bis 90 000 tdw erreicht werden.

4.2 Die Elbe

Der Zielsetzung des Staatsvertrages, daß in der Regel die größten Seeschiffe Hamburg unter Ausnutzung des Hochwassers erreichen können, konnte vor dem 2. Weltkrieg noch durch den Ausbau der Unterelbe auf 10 m Tiefe unter KN genügt werden. Dazu waren ständige Baggerungen notwendig (5.17, 5.26). Außerdem wurden einige Strombaumaßnahmen bei der Ostebank und Pagensand ausgeführt (5.28). Zur Stabilisierung der Verhältnisse in der Außenelbe wurde der 9 km lange Leitdamm Kugelbake bei Cuxhaven gebaut (5.10, 5.31). Durch verstärkte Baggerungen gelang es 1957 bis 1961, die Unterelbe auf 11 m unter KN zu vertiefen, und seit 1964 ist eine Vertiefung auf 12 m in Gange, die hinsichtlich der Baggerungen Ende 1969 abgeschlossen wurde (5.12, 5.19, 5.31, 5.32). In der Außenelbe ist diese Tiefe schon vorher erreicht worden. Abbildung 5 zeigt die in der Elbe Ende 1969 vorhandenen Fahrwassertiefen. Auf Abbildung 9 sind die jährlichen Baggermengen bis 1969 dargestellt. Die Baggermengen sind bis zum Ende des 2. Weltkrieges als Durchschnittsmengen eines Jahrzehntes eingezeichnet (5.4, 5.11, 5.17). Ab 1946 wurden die von den jeweiligen Dienststellen angegebenen jährlichen Baggermengen aufgetragen (5.33). Die Wasserflächen des Hafens haben seit 1915 nur noch geringfügig zugenommen. Durch die Fahrwasservertiefungen und die Strombaumaßnahmen ist das MTnw in Hamburg weiter abgesunken und die Tidegrenze stromaufwärts

*) KN = Kartennull, Bezugshorizont der Tiefenkarten im Tidegebiet. Entspricht in der Regel dem örtlichen MSpTnw. In der Unterelbe als Stufenlinie dem MTnw angepaßt, in der Unterweser unter Berücksichtigung bestimmter Oberwasserabflüsse. Auch als Seekartennull = SKN bezeichnet, besonders im Seegebiet, außerhalb der Tideflüsse.

verschoben worden. Die Absenkung des MTnw und der Anstieg des MThw in den letzten Jahren können durch verschiedene Abdämmungen (Doveelbe, alte Süderelbe) mit verursacht worden sein (5.22). Um der fortschreitenden Sohlenerosion und der Absenkung der Wasserstände in der Mittel- und Unterelbe zu begegnen, wurde 1957 bis 1960 die Staustufe Geesthacht gebaut (5.15, 5.16). Mit dieser Staustufe ist die Tidegrenze festgelegt. In das Oberwasser der Stauhaltung mündet der in Bau befindliche Elbe-Seiten-Kanal (5.34, 5.14). Bei der Außenstelle Küste der Bundesanstalt für Wasserbau laufen zur Zeit Modellversuche, wie die Fahrwasser-Verhältnisse der Unterelbe künftig noch durch Strombaumaßnahmen verbessert werden können, z. B. durch Abdämmen von Nebenarmen und Festlegen von Sänden. Außerdem sind Untersuchungen in der Natur und dem Modell im Gange über das Verhalten der Riffelstrecken, die für die Erhaltung der Fahrwassertiefen ein besonderes Problem darstellen (5.32, 5.30). Nach Fertigstellung des 12 m-Ausbaus können Schiffe von 65 000 bis 75 000 t dwt bis Hamburg verkehren (5.32, 1.3). Schiffe dieser Tragfähigkeit gehören für den Stückgutverkehr heute noch zu den größten, für den Massengutverkehr, besonders für den Transport von Rohöl, sind jedoch inzwischen wesentlich größere Schiffe in Fahrt.

Hamburg ist aber nicht nur ein Stückguthafen, sondern auch ein Massenguthafen, in dem die Mineralöleinfuhr eine große Rolle spielt. Bei Hamburg befindet sich eines der Zentren der deutschen Erdöl verarbeitenden Industrie. Trotzdem wird wohl niemand die Forderung stellen, die Elbe für die größten Tanker auszubauen oder auch nur für die größten Tanker, die in die deutschen Küstengewässer gelangen können. Gerade die Tankergrößen haben ein Wachstum erfahren, das noch vor 10 Jahren überhaupt nicht vorauszusehen war (5.10, 1.17, 5.19, 1.18, 1.19, 1.1). Tanker von rd. 300 000 t dwt fahren heute bereits, und Tanker bis zu 500 000 t dwt sind im Gespräch, wobei man mit Tiefgängen von 25 bis 27 m rechnen muß (1.1). Solche Schiffe können, wie aus den Seekarten der Deutschen Bucht zu ersehen ist, ohne weitreichende Ausbaumaßnahmen im Küstenvorfeld und den Revieren nicht mehr zu deutschen Küstenhäfen gelangen.

Sie würden bei der notwendigen Keel-Clearance Wassertiefen von etwa 30 m erfordern. Nach Schätzungen von Sachverständigen dürften Tanker der Größe von 200 000 bis 250 000 t dwt mit Tiefgängen von 18 bis 20 m für die nächsten Jahre das Rückgrat der europäischen Rohölversorgung darstellen (1.7). Diese Tiefgänge sind für die deutschen Seeschiffahrtstraßen schon interessant! Die 20 m-Tiefenlinie berührt die Elbemündung bei Scharhörn, und es sind auch schon Überlegungen angestellt worden, hier Möglichkeiten für einen Rohölschlag zu schaffen. Auf keinen Fall wird es technisch und wirtschaftlich vertretbar sein, die Elbe bis Hamburg für 200 000 t-Tanker auszubauen. Ein Verkehr mit solchen Schiffen ist auf der Unterelbe allenfalls in geleichtertem Zustand möglich, wobei bis zu 120 000 t Ladung transportiert werden können. Auch hierzu sind bereits nähere Überlegungen angestellt worden (5.21, 1.3), und einige derartige Schiffe sind schon leer auf der Elbe bis Hamburg gefahren.

4.3 Die Jade

Der einzige deutsche Nordseehafen, der in absehbarer Zeit mit voll abgeladenen Schiffen von 200 000 bis 250 000 t dwt zu erreichen sein wird, ist Wilhelmshaven. Eine Tiefe von 11 m unter KN war schon zu Beginn des 2. Weltkrieges überall vorhanden, die Vertiefung auf 12 m war geplant (3.2, 2.6). Trotz der Verschlechterung, die nach der teilweisen Zerstörung der Strombauwerke in der Jademündung eingetreten war (2.6), konnte die Jade nach dem Kriege als das beste Fahrwasser der deutschen Nordseeküste gelten, das aber als Wasserstraße zunächst ungenutzt war. Wegen dieser günstigen Fahrwasser-Verhältnisse wurde Mitte der 50er Jahre

beschlossen, bei Wilhelmshaven einen Umschlagplatz für Rohöl einzurichten. Es wurde eine Tankerlöschbrücke gebaut (3.7) und von hier eine Rohrleitung zum Ruhrgebiet (3.1). 1957 war mit dem Ausbau des Jade-Fahrwassers auf 12 m Tiefe und 300 m Breite begonnen worden (3.4, 3.10), an den sich 1964 die Vertiefung auf 13 m anschloß (3.3, 2.6). Ende 1969 ist durch weitere Baggararbeiten das Ausbauziel von 15 m erreicht worden, das es Schiffen von 170 000 bis 180 000 tdw ermöglicht, Wilhelmshaven mit voller Ladung zu erreichen (1.3). Mit einer weiteren Vertiefung auf 17 m, die 1971 beendet sein soll und Schiffen von 200 000 tdw die Fahrt nach Wilhelmshaven ermöglicht, ist begonnen worden, die Möglichkeiten für weitere Ausbauten werden untersucht. Der Umschlag in Wilhelmshaven ist seit dem Bau der Tankerlöschbrücke gewaltig angestiegen (3.1, 2.6). Er wird weiter steigen, wenn eine zweite Rohrleitung ins Ruhrgebiet oder nach Hamburg gebaut worden ist, denn die Leistungsfähigkeit der bestehenden Rohrleitung ist weitgehend erschöpft.

Nach allgemeinen Schätzungen wird mit einem weiteren starken Anstieg des Energiebedarfs der Bundesrepublik gerechnet, bei dessen Deckung die Kernenergie einen immer größeren Anteil einnehmen wird. Es gibt Schätzungen, wonach im Jahre 1980 40 %, im Jahre 2000 80 % der in Deutschland erzeugten Energiemenge auf die Kernenergie entfallen werden, während heute die Kernenergie noch keine große Rolle spielt. Für die Erzeugung von Kernenergie sind aber keine so großen Massenguttransporte notwendig wie für Kohle und Öl. Trotz der starken prozentualen Zunahme der Kernenergie wird absolut genommen der Mineralölbedarf noch ganz erheblich steigen. 1967 betrug der Mineralölbedarf der BRD etwa 90 Mio. t, 1968 schon etwas über 100 Mio. t. Nach allgemeinen Schätzungen dürfte er sich um 1980 gegenüber 1967 etwa verdoppelt haben. Manche Vorausschätzungen gehen von der Annahme aus, daß um diese Zeit ein Kulminationspunkt für die Energieerzeugung aus Kohle und Öl erreicht sein wird, andere meinen, daß der Mineralölbedarf der BRD bis zum Jahre 2000 auf etwa 250 Mio. t angestiegen sein wird. Bei diesen zu erwartenden Importsteigerungen, woran in immer stärkerem Maße große Schiffe beteiligt sein werden, gewinnen zweifellos die Überlegungen über die Ausbaumöglichkeiten für einen deutschen Tiefwasserhafen für Großtanker eine erhebliche Bedeutung.

4.4 Die Ems

Man kann die untere Ems in strombaulicher Hinsicht in zwei Abschnitte einteilen, in die Strecke von der freien See bis zum Beginn der ostfriesischen Gatjes und in den Gatjebogen mit dem Emdener Fahrwasser (2.9, 2.10). In dem äußeren dieser beiden Abschnitte sind in der Regel ausreichende Tiefen für alle bisher nach Emden fahrenden Schiffe vorhanden (2.6). Strombauwerke sind nicht erforderlich, Baggarungen nur an einigen begrenzten Stellen. Im oberen rd. 1 km langen Abschnitt, am Emdener Fahrwasser und an der Knock, mußten dagegen zur Festlegung und Verbesserung des Fahrwassers mehrere große Strombauwerke errichtet werden (2.3, 2.6). Vor allem sind dort aber ständig in erheblichem Umfang Baggarungen notwendig (2.2, 2.6). Es handelt sich hier nicht nur um Sandeintrieb, sondern auch um Schlickablagerungen infolge der Brackwasserwirkung. Nach dem 2. Weltkrieg hatte sich in dem Abschnitt von der Knock bis Emden eine Tiefe von etwa 5 bis 6 m unter SKN eingestellt, die schon bald durch Baggarungen verhältnismäßig leicht auf die vor dem Kriege vorhandene Tiefe von 7 m gebracht werden konnte. Bei dem starken Anstieg der Erzimporte nach 1950 genügte diese Tiefe nicht mehr, und es wurde eine Tiefe von 8 m angestrebt (2.6). Seit 1964 wird von See bis Emden eine durchgehende Wassertiefe von 8,5 m unter SKN gehalten, wenn auch unter großen Anstrengungen (2.11, 2.6, 1.3). Das bedeutet, daß unter enger Anpassung an die Tide Schiffe bis zu 40 000 tdw Emden erreichen können. Modellversuche sind bei der Bundesanstalt für

Wasserbau – Außenstelle Küste – zur Zeit im Gange, um Lösungen für eine Verbesserung der Fahrwasserverhältnisse möglichst unter gleichzeitiger Herabsetzung der Baggermengen zu erarbeiten. Es wird zu prüfen sein, ob solche Maßnahmen wirtschaftlich zu rechtfertigen sind.

Bei den Erzfrachtern – und Emden ist ja vorwiegend ein Erzumschlaghafen – ist in den letzten Jahren keine derartig stürmische Entwicklung eingetreten wie bei den Tankern, und die Zunahme der Erzeinfuhr dürfte in der Zukunft auch nicht das Ausmaß erreichen wie die Zunahme der Rohöleinfuhr. Immerhin haben die größten Erzfrachter heute schon Größen von etwa 140 000 tdw, bei Tiefgängen von etwa 52' (15,85 m), die Schätzungen für die Zukunft gehen auf maximal 200 000 tdw. Emden können diese Schiffe voll abgeladen nicht mehr erreichen. In der Erzfahrt werden aber die Schiffsgrößen bis 40 000 tdw auch in Zukunft noch einen erheblichen Anteil stellen. Um auch größere Erzschiffe in Emden abfertigen zu können, wird seit 1966 in der Strecke zwischen Borkum und der Festlandküste eine Leichterung großer Erzschiffe vorgenommen. Die Zufahrt durch das Hubertgat bis zu dem Leichterplatz in der Alten Ems am Möwensteert ist bis 1969 so vertieft und verbreitert worden, daß Schiffe von 12,8 m (42') Tiefgang bis dorthin gelangen können (1.3). Die Leichterung wird von modernen Leichterkränen und Spezialschiffen ausgeführt. Geleichterte Erzschiffe bis zu einer Größe von 80 000 tdw können noch durch die Seeschleuse in den Hafen Emden gelangen. Durch die Leichterung großer Schiffe hat der Emder Hafen z. B. 1969 einen Mehrumschlag von 2,8 Mio. t verzeichnen können. Bei weiterer Verstärkung des Leichterbetriebes – ein Ausbau des Fahrwassers bis zum Leichterplatz auf 13,7 m (45') ist geplant – ist zu erwarten, daß Emden nicht nur seine Einfuhrmengen halten, sondern sie künftig noch steigern wird.

4.5 Der Nord-Ostsee-Kanal und die Eider

Ebenso wie die Jade ist der Nord-Ostsee-Kanal schon vor 1921 Reichswasserstraße gewesen. 1920 wurde die zunächst dem Reichsamt des Innern und später der Reichsmarine unterstehende Kanalverwaltung dem Reichsverkehrsministerium unterstellt und 1939 der neu gebildeten Wasserstraßendirektion Kiel zugeordnet (6.7). Nach dem 1. Weltkrieg und ganz besonders nach dem 2. Weltkrieg hat der Handelsschiffsverkehr auf dieser Verbindung zwischen der Nord- und Ostsee zugenommen, wie aus der Darstellung der Gütertonnen des Unterelbverkehrs auf Abbildung 21 hervorgeht. Allerdings wird erst seit 1957 eine genaue Ladungsstatistik mit Angabe der einzelnen Verkehrsbeziehungen geführt. Für die Zeit vor 1957 ist das Diagramm der Gütertonnen auf der Strecke von See nach Brunsbüttel und umgekehrt gestrichelt, weil die auf dem Kanal beförderten Gütertonnen im einzelnen nicht genau bekannt waren. Sie mußten aus den Gesamt-Gütermengen oder auch den Schiffszahlen auf Grund von Verhältniszahlen geschätzt werden. Charakteristisch ist für den Nord-Ostsee-Kanal die große Zahl der Schiffe, die ihn jährlich durchfahren (6.4, 6.15). Diese Zahl hat ständig zugenommen und betrug zum Beispiel im Jahre 1967 85 831. Auch wenn man von den in dieser Zahl enthaltenen 5501 Sportfahrzeugen absieht, handelt es sich bei den Handelsschiffen um sehr viele kleinere Fahrzeuge, wie sie in der Küsten- und Ostseefahrt üblich sind. Im Durchschnitt beträgt die Größe der den Kanal durchfahrenden Schiffe (ohne Sportfahrzeuge) heute etwa 500 NRT. Wie Abbildung 8 zeigt, hat diese Größe um 1920 bereits 300 NRT betragen und ist erst nach 1950 stärker angestiegen. Die mittlere Schiffsgröße ist wesentlich geringer als die mittlere Größe der Hamburg anlaufenden Seeschiffe.

1936 wurde die Eider, die bei Rendsburg mit dem NOK verbunden war und als 2. Ausgang des Kanals zur Nordsee angesehen wird, bei Nordfeld abgedämmt und auf der Strecke Nordfeld–Rendsburg kanalisiert (6.14, 6.10). Eine neue Abdämmung in der Linie der See-

grenze, 10 km unterhalb von Tönning, ist seit 1965 in Bau und soll 1972 fertiggestellt sein (6.12). Die auffällige Verbindungsschleuse Rendsburg wurde 1937 beseitigt. Als neue Verbindung zwischen der Eider und dem Nord-Ostsee-Kanal wurde der 2,8 km lange Gieselau-Kanal gebaut (Abb. 17). Der Kanal verkürzt den Weg von den Untereiderhäfen zur Unterelbe um 48 km, ohne den Weg nach Rendsburg und zur Ostsee zu verlängern. Die Eingangsschleuse des Gieselaukanals hat eine Länge von 65 m und ist 9 m breit.

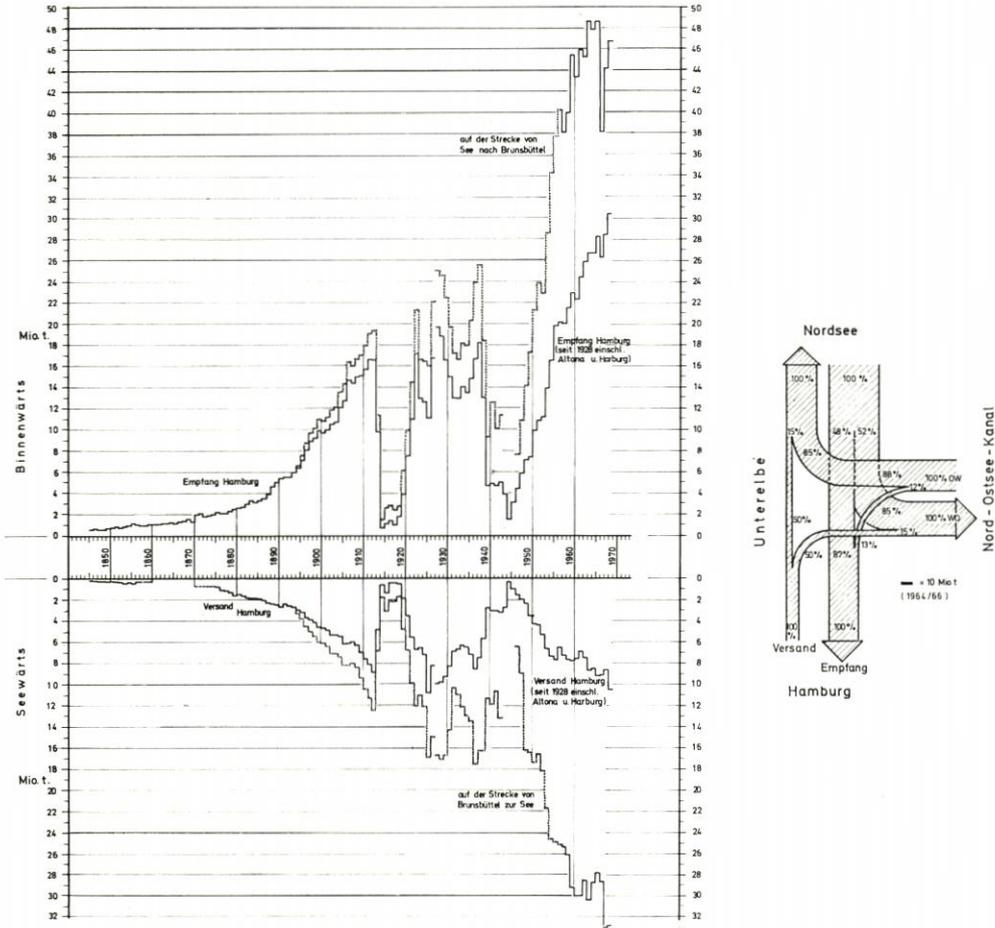


Abb. 21: Güterverkehr auf der Unterelbe und dem Nord-Ostsee-Kanal 1845–1969

Kurz vor dem 2. Weltkrieg war eine Erweiterung des Nord-Ostsee-Kanals geplant, die aber nur zu einem ganz geringen Teil vor Kriegsausbruch in Angriff genommen werden konnte. Nach dem Kriege hat sich der Verkehr auf dem Kanal in ungeahntem Maße entwickelt. Insbesondere hat die Zahl der Schiffe mit größeren Tiefgängen zugenommen. Der Kanal erlitt durch diesen starken Verkehr große Schäden an den Unterwasserböschungen (6.4, 6.15, 6.9). Nach eingehenden Untersuchungen über die Ursachen der Schäden sind seit 1964 umfangreiche Baumaßnahmen im Gange. Der Kanalquerschnitt wird dabei auf etwa 61 km Länge durch Verbreiterung um rd. 65 % seiner Fläche erweitert (6.8, 6.9, 6.13). Eine Vertiefung ist nicht vorgesehen. Der

neue Querschnitt im Vergleich zu den ehemaligen Querschnitten ist auf Abbildung 18 dargestellt. Es werden auch nach Beendigung der Bauarbeiten keine größeren Schiffe als bisher (Maximalgröße etwa 20 000 bis 25 000 tdw) verkehren können. Gleichzeitig mit den Sicherungsarbeiten läuft auch ein Programm, dessen Ziel es ist, überalterte bauliche und betriebliche Anlagen zu modernisieren und sie den heutigen Verkehrsverhältnissen anzupassen (6.13, 6.9). Nach Abschluß der Sicherungs- und Modernisierungsarbeiten wird der Verkehr sicherer und zügiger abgewickelt werden können als bisher.

4.6 Entwicklung des Verkehrs

Bei der Betrachtung der Verkehrsentwicklung auf den genannten Wasserstraßen soll mit dem Binnenverkehr begonnen werden (Abb. 16). Der Binnenschiffumschlag ist in Bremen stark angestiegen, was sicher eine Folge der Mittelweserkanalisation ist. Der Anteil der Binnenschifffahrt am Hafenumschlag machte 1967 über 30 % aus, der Empfang überwog gegenüber dem Versand. Emden hat seinen starken Binnenschiffumschlag im wesentlichen halten können, wenn er auch im Bergverkehr in den letzten Jahren zugunsten des Eisenbahnumschlags zurückgegangen ist. Im Durchschnitt der Jahre nach 1950 ist der Bergverkehr größer gewesen als der Talverkehr, während zwischen 1921 und 1944 Berg- und Talverkehr mengenmäßig im wesentlichen ausgeglichen waren. Der Kohleexport spielt eine geringere Rolle als die Erzeinfuhr. Insgesamt betrug Emdens Binnenschiffumschlag 40 % des gesamten Hafenumschlags. In Hamburg ist der Binnenschiffsverkehr gegenüber der Vorkriegszeit stark zurückgegangen. Der Rückgang ist besonders augenfällig, wenn man im Talverkehr nur den Fernverkehr berücksichtigt, also die Sand- und Kiestransporte aus dem Lauenburger Raum nach Hamburg abzieht. Die Ursache für den Verkehrsrückgang ist in den politischen Verhältnissen der Nachkriegszeit zu sehen, durch die Hamburg von seinem Hinterland in Mittel- und Ostdeutschland sowie Osteuropa abgeschnitten wurde. Es ist zu erwarten, daß sich der Binnenschiffsverkehr heben wird, wenn mit dem Elbe-Seiten-Kanal eine leistungsfähige Binnenschiffahrtstraße nach dem Raum Salzgitter-Hannover zur Verfügung steht.

Einen ganz anderen Verlauf hat die Verkehrsentwicklung in den seewärtigen Zufahrten zu den Häfen genommen, die sich in dem Umschlag der großen Häfen darstellt (Abb. 15). In der Zeit zwischen den Weltkriegen ist gegenüber 1913 eigentlich nur der Verkehr Emdens und seit der Mitte der 30er Jahre der Versand der bremischen Häfen wesentlich gestiegen. In den auf Abbildung 15 angegebenen Werten ist seit 1928 auch der Umschlag von Altona und Harburg enthalten. Nach dem 2. Weltkrieg hat sich der Verkehr ganz anders entwickelt als nach dem ersten Kriege. In dem gewaltigen Anstieg des Güterempfangs aller vier großen deutschen Nordseehäfen spiegelt sich der wirtschaftliche Aufschwung der Bundesrepublik. Den Versand haben nur die bremischen Häfen erheblich steigern können, während er in Emden stark zurückgegangen ist. Bremens Versand reicht fast an den von Hamburg heran. Im Stückgutumschlag liegen Bremen/Bremerhaven und Hamburg überhaupt nahe beieinander, wie Abbildung 22 zeigt. Gegenüber Bremen ist der stärkere Hamburger Empfang vor allem durch den hohen Mineralölimport bedingt.

Bis zum Ende des 1. Weltkrieges konnte der Seeschiffumschlag in den Häfen Hamburg, Bremen/Bremerhaven und Emden im wesentlichen mit dem Verkehr auf der Unterelbe, Unterweser und Emsmündung gleichgesetzt werden. In immer stärkerem Maße spielt, besonders nach dem 2. Weltkrieg, der Verkehr auf den genannten Wasserstraßen eine Rolle, der nicht die großen Häfen zum Ziel hat. Bei dem Verkehr der Unterelbe muß insbesondere der Verkehr erwähnt werden, den der Nord-Ostsee-Kanal bringt. Der Nord-Ostsee-Kanal-Verkehr trägt

vor allem zu dem Verkehr auf der Elbe unterhalb von Brunsbüttel bei, der Verkehr vom Kanal nach Hamburg und umgekehrt ist mengenmäßig gering. Abbildung 21 zeigt die Verkehrsrichtungen und macht deutlich, wie stark der Anteil ist, den der Nord-Ostsee-Kanal am Güterverkehr der untersten Elbestrecke beiträgt. Eine weitere Zunahme des Verkehrs auf dieser Strecke ist durch den 1967 in Betrieb genommenen Ölhafen an der Elbe bei Brunsbüttel

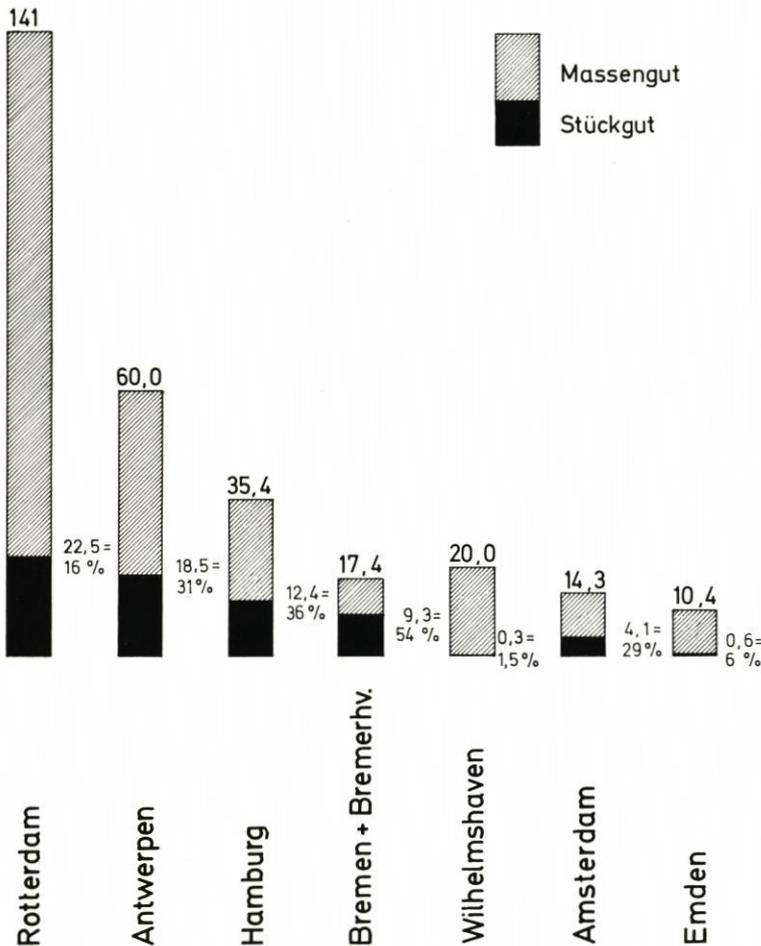


Abb. 22. Güterumschlag niederländischer und deutscher Seehäfen in Mio. t 1967

zu erwarten (5.7, 5.9). Der Rohölumschlag betrug hier 1969 2,0 Mio. t. Der Umschlag des Elbehafens Brunsbüttel ist in dem Diagramm Abbildung 21 berücksichtigt. Die Elbestrecke unterhalb Brunsbüttel dürfte zu den verkehrsreichsten Wasserstraßen der Welt gehören. Eine stärkere Industrialisierung des Unterelberaumes wird zu einer weiteren Steigerung des örtlichen Seeschiffumschlages führen. Der Unterweserverkehr wird heute nicht mehr allein durch den Umschlag der Häfen Bremen und Bremerhaven repräsentiert, in zunehmendem Maße spielen Nordenham und Brake, aber auch Elsfleth und Vegesack eine Rolle. So hatten im Jahre 1969 Brake 3,4 Mio. t (davon 2,7 Mio. t Empfang) und Nordenham 4,0 Mio. t (davon 3,7 Mio. t Empfang) Umschlag, der Empfang dieser beiden Häfen betrug 46 % des Empfangs von

Bremen und Bremerhaven. Die Emsmündung ist auch noch Zufahrt für die Häfen Delfzijl, Leer und Papenburg. Delfzijl, das von den Niederlanden weiter ausgebaut werden soll, hat einen Umschlag von mehr als 1 Mio. t im Jahr (2.6).

Beachtlich ist der steile Anstieg des Imports von Wilhelmshaven, der ausschließlich aus Mineralöl besteht (2.6). Da von Wilhelmshaven aus die Raffinerien im Ruhrgebiet versorgt werden, ist anzunehmen, daß der Umschlag von Wilhelmshaven nicht dem Hamburger Hafenumschlag zugute gekommen wäre, wenn die Ölpier Wilhelmshaven nicht gebaut und die Jade nicht vertieft worden wäre. Wilhelmshavens Ölimport wäre sicher zum größten Teil nach den Rheinmündungshäfen gegangen. Der Ölimport nach Wilhelmshaven wurde 1967 von 531 Schiffen geleistet, während im gleichen Jahr 19 042 Seeschiffe den Hamburger Hafen anliefen. Diese Zahlen zeigen den speziellen Charakter von Wilhelmshaven als Ölumschlagplatz. Abbildung 22 zeigt das Verhältnis von Stückgutumschlag zu Massengutumschlag im Jahre 1967 in den vier größten deutschen Nordseehäfen im Vergleich zu den Häfen Rotterdam, Antwerpen und Amsterdam. Bremen und Hamburg sind die Häfen mit dem größten prozentualen Stückgutumschlag. Die starke Spezialisierung von Emden und Wilhelmshaven auf Massengutumschlag ist zu erkennen.

4.7 Neue Entwicklung im Seezeichenwesen

Die geschilderte Entwicklung des Verkehrs erforderte eine sehr weitgehende Vervollkommnung und Modernisierung des Seezeichenwesens. Neue weittragende Leuchfeuer wurden gebaut (4.7, 5.6, 5.27, 1.22, 4.16) oder sind als Ersatz von Feuerschiffen geplant, Funkortungsnetze wurden eingerichtet. Als Sinnbild für den Bau moderner Leuchttürme ist als Abbildung 23 ein Bild des 1964 in Betrieb genommenen Leuchtturms Alte Weser, der den Leuchtturm Rotersand (Abb. 19) ersetzt, beigefügt. Zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des Betriebes der Seezeichen und zur Erhöhung der Sicherheit ist eine weitgehende Automatisierung des Seezeichenwesens im Ausbau begriffen. Durch die Entwicklung der Radartechnik in den letzten 10 bis 15 Jahren wurde der Verkehr bei unsichtigem Wetter, das ja an der Küste nicht selten herrscht, überhaupt erst möglich (1.21, 5.3, 4.12, 4.16). Inzwischen ist eine Landradarkette von See bis Bremerhaven (4.12, 4.22) und von See bis Hamburg (5.3) einschließlich des Hamburger Hafengebietes in Betrieb genommen worden. Die Erweiterung der Weser-Radarkette nach Bremen und die Einrichtung von Radarketten für Ems und Jade sind geplant.

Bis zum 2. Weltkrieg gab es in der Nordsee außerhalb der Hoheitsgewässer keine bezeichneten Schifffahrtswege. Erst die zahlreichen Minen und Wracks, die nach dem Kriege vorhanden waren, zwangen dazu, minenfreie Wege auszuweisen, auf denen durch Minen- und Wrackräumung für den Schiffsverkehr eine größtmögliche Sicherheit erreicht wird (1.4, 1.3). Von der Bundesrepublik Deutschland wurden bisher in der Nordsee außerhalb der Gültigkeitsgrenze der Seeschifffahrtstraßenordnung 1023 km minenfreie Wege unterhalten, von denen 600 km mit Leuchtonnen bezeichnet waren; an wichtigen Punkten liegen Feuerschiffe. Da die minenfreien Wege in der südlichen Nordsee den heutigen Ansprüchen des sehr starken Verkehrs teilweise nicht mehr genügen, müssen neue Wege geräumt, vermessen und bezeichnet werden. Seit dem 8. November 1969 gibt es für den Verkehr vor der Küste zwischen der Ems- und der Elbemündung anstelle des bisherigen minenfreien „Borkum-Weges“ ein Verkehrstrennungsgebiet mit 2 getrennten Fahrwegen von je 3 m Breite und mindestens 15 m Wassertiefe, von denen der nördliche (Westweg) für den von O nach W gehenden, der südliche (Ostweg) für den von W nach O gehenden Verkehr ausgewiesen ist. Die mit Leuchtonnen bezeichneten Fahrwege sind durch eine 2 m breite verkehrsfreie Zone getrennt (Trennzone) (1.3, 1.11). Das

Verkehrstrennungsgebiet soll bis zum Englischen Kanal verlängert werden. Der etwa 3 m breite Streifen zwischen der südlichen Begrenzung des Ostweges und der betonnten 10-m-Tiefenlinie ist für den Verkehr von Küstenschiffen vorgesehen. Es ist beabsichtigt, nördlich des Verkehrstrennungsgebietes einen Tiefwasserweg mit Wassertiefen von mindestens 25 m und einer Breite von 4 sm für die Großschifffahrt einzurichten, die bis dahin noch den Humber-Elbe-Weg benutzen muß (1.3, 1.11).



Abb. 23
Leuchtturm „Alte Weser“

4.8 Möglichkeiten für einen weiteren Ausbau der Seeschiffahrtstraßen

Es stellt sich nun die Frage, in welchem Umfang ein weiterer Ausbau der Strommündungen möglich ist und wo seine Grenzen liegen. Dabei muß zwischen der Grenze des technisch Möglichen und der Grenze des wirtschaftlich Vertretbaren unterschieden werden. Die Entwicklung des Verkehrs seit der Mitte der 50er Jahre auf den Zufahrten zu den großen deutschen Seehäfen war nur möglich durch die seit dem Kriege an allen diesen Wasserstraßen durchgeführten Ausbaumaßnahmen. In noch stärkerem Maße als in den vorhergegangenen Zeitabschnitten bestanden die Ausbaumaßnahmen in Baggerungen. Diese Baggerungen waren durch die Entwicklung leistungsfähiger Schleppkopfsaugebagger möglich (1.15, 1.16). Als Beispiel einer

solchen Serie moderner Geräte zeigt Abbildung 24 den Bagger „Johannes Gährs“. Bei diesen modernen Baggergeräten, deren Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit noch gesteigert werden kann – Untersuchungen darüber sind im Gange – und bei geschickter Ergänzung der Baggerungen durch strombauliche Maßnahmen, die in Modellversuchen untersucht werden müssen, ist sicherlich noch eine weitere Vertiefung aller hier behandelten Wasserstraßen technisch möglich.

Die Schiffsgrößen wachsen aber nicht allein im Tiefgang, sondern auch in Länge und Breite. Damit kommt man doch bei einigen Wasserstraßen schon bald an die Grenze des Möglichen. Außerdem muß berücksichtigt werden, daß durch große Ausbauten auch die Tidebewegung verstärkt wird und dadurch oft sehr weitgehende und kostspielige Folgemaßnahmen für die Landeskultur notwendig werden können. Die Tabelle 2 gibt einen Überblick über den 1967 vorhandenen Ausbauzustand der vier Wasserstraßen Elbe, Weser, Jade und Ems und

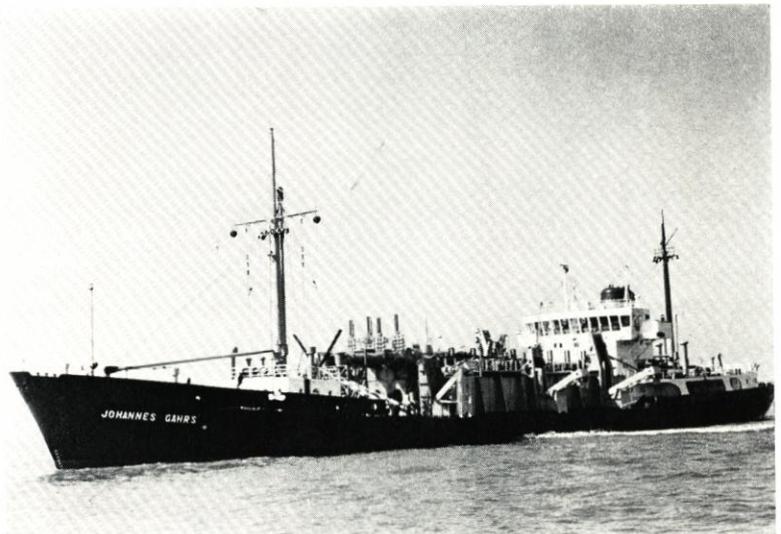


Abb. 24
Schleppkopfsauge-
bagger „Johannes
Gährs“ (Baujahr 1961)

gibt die dazu notwendigen jährlichen Unterhaltungsbaggerungen an. Außerdem ist der Güterverkehr im Jahre 1967 angegeben. Die eingeklammerten Werte für die geringsten Tiefen unter KN und die maximalen Schiffsgrößen sollen den in absehbarer Zeit geplanten Ausbauzustand zeigen, der für Elbe und Jade Ende 1969 bereits erreicht worden ist. Die Länge der Wasserstraßen ist in der Tabelle von der äußeren Grenze der Gültigkeit der Seeschiffahrtstraßenordnung (SSchSO) an gerechnet worden. Die Baggermengen der Jade sind geschätzt, weil unmittelbar nach dem 13 m-Ausbau der 15 m-Ausbau begann. Für die Erhaltung des 12 m tiefen Fahrwassers waren 1961 bis 1963 Baggerungen von rd. 3 Mio. m³ jährlich notwendig.

Wie oben ausgeführt wurde, kann künftig zunächst mit Tankergrößen von rd. 250 000 tdw in der europäischen Mineralölversorgung gerechnet werden (1.7). Auf Abbildung 25 ist die Zusammensetzung der Welt-Tankerflotte Mitte 1969 angegeben. Die Zahlen des unteren Diagramms sind einer im September 1969 in Nr. 17 der Zeitschrift „Hansa“ veröffentlichten Zusammenstellung entnommen. Während zur Zeit noch relativ wenige Großtanker in Betrieb sind, sind insgesamt 301 Tanker von mehr als 100 000 tdw in Bau bzw. in Auftrag gegeben, davon allein 194 von mehr als 200 000 tdw. Die obere Darstellung der Abbildung 25 zeigt die Gesamttragfähigkeit der einzelnen Größenklassen. Dabei wurde jeweils die Zahl der Schiffe mit der mittleren Tragfähigkeit multipliziert. Für die Schiffe von einer Größe von mehr

als 200 000 tdw wurden nur 250 000 t als mittlere Tragfähigkeit angenommen. Schon heute machen die Tanker von 50 000 tdw und mehr bereits etwas mehr als 55 % der Gesamttragfähigkeit der Flotte aus. Nach dem inzwischen abgeschlossenen 12 m-Ausbau der Elbe können rd. 63 % der Gesamttonnage der Welttankerflotte Hamburg erreichen. Wenn die zur Zeit in Bau befindlichen oder in Auftrag gegebenen Schiffe in Fahrt sind, werden unter Berücksichtigung eines stärkeren Abganges bei den kleineren Tankern nur noch rd. 40 % der Gesamttonnage der Welttankerflotte den Hamburger Hafen anlaufen können. Wilhelmshaven kann

Wasserstraße	von bis	Länge	geringste Tiefe unter KN	maximale Schiffsgröße	jährliche Unterhaltungs= Baggermenge	Gütermenge 1967	Verkehr 1967
ELBE	See - Brunsbüttel	70	11 (12)	60 000 (90 000)	2,05	65,9	4 600
	Brunsbüttel-Hamburg	64	11	50 000	2,20	35,3	2 260
	See - Hamburg	134	11 (12)	50 000 (75 000)	4,25		6 860
WESER	See - Br' haven/ Nordenham	60	11 (12)	70 000/40 000 (90 000/70 000)	1,80	22,4	1 340
	Br' haven - Bremen/ Brake	60	8	20 000/30 000 (35 000/45 000)	1,43	14,7	880
	See - Bremen	120	8 (9)	20 000 (35 000)	3,23		2 220
JADE	See - W' haven	55	13 (15)	100 000 (170 000)	4,0 ^{*)}	20,0	1 100
EMS	See - Emden	70	8,5 (9)	40 000 (50 000)	7,70	10,4	730

*) geschätzter Wert

Tabelle 2. Die Wasserstraßen und ihr Verkehr

nach Abbildung 25 nach Vollendung des 15 m-Ausbaues der Jade zur Zeit von rd. 92 % der Gesamttonnage der Welttankerflotte erreicht werden. Dieser Anteil wird nach Indienststellen der in Bau befindlichen oder in Auftrag gegebenen Großtanker in einigen Jahren auf etwa 70 % abgesunken sein. Wenn der Mineralölimport in Wilhelmshaven nicht nur auf der bisherigen Höhe gehalten werden, sondern entsprechend der in den nächsten 10 Jahren zu erwartenden Erhöhung des Mineralölverbrauchs noch erheblich steigen soll, so ist ein weiterer Ausbau der Jade auch über den in Ausführung begriffenen 17 m-Ausbau hinaus notwendig (3.1). Bei einem Jadedefahrtswasser von 18,5 m Tiefe unter SKN können die in immer stärkerem Maße an der europäischen Ölversorgung beteiligten wirtschaftlichen Tanker der Größenklasse von 200 000 bis 250 000 tdw Wilhelmshaven erreichen. Technisch ist ein solcher Ausbau sicherlich möglich (1.3). Einen Anhalt über den Aufwand, der zur Erhaltung solcher Tiefen notwendig ist, wird man erst haben, wenn Erfahrungen mit dem 17 m tiefen Jadedefahrtswasser vorliegen. Bei einem Ausbau der Jade für Schiffe der 250 000 tdw-Klasse würde sich der Umschlag des Ölhafens

Wilhelmshaven erheblich steigern lassen, wenn zugleich Lösch-, Lager- und Abtransporteinrichtungen entsprechend ausgebaut werden. Es ist nicht anzunehmen, daß die Baggermengen und damit die Unterhaltungskosten des Jadefahrwassers im gleichen Verhältnis steigen werden, wie

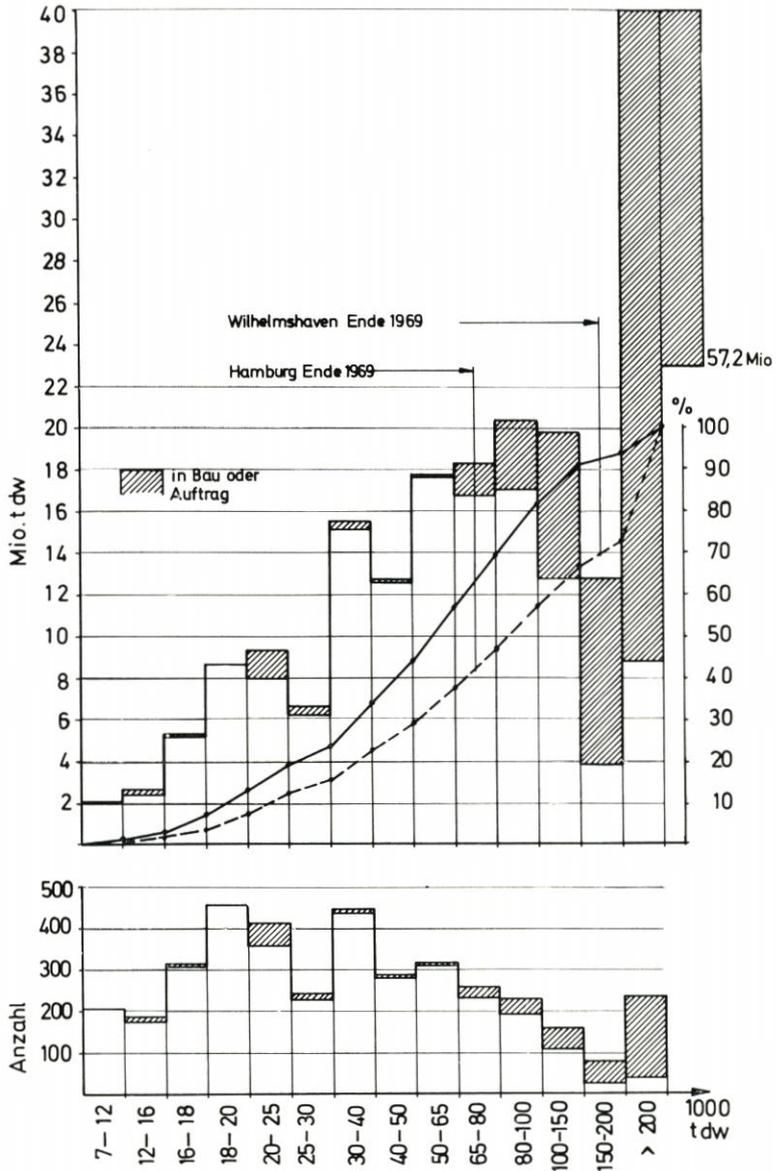


Abb. 25. Die Welttankerflotte 1969

der Umschlag gesteigert werden kann. Als Alternative zum Jadeausbau auf 18,5 m Tiefe und zur Kapazitätserweiterung von Wilhelmshaven könnte der Bau eines Vorhafens in der Elbemündung bei Scharhörn angesehen werden. Die Fahrwassertiefen in der Elbemündung sind im Gegensatz zur Jade für 250 000 t-Tanker bereits jetzt ausreichend, jedoch müßten für einen

Vorhafen im Neuwerker Watt umfangreiche Anlagen geschaffen werden. Für eine Entscheidung über eventuelle weitere Ausbauplanungen für Öltanker ist jedoch auch die bereits absehbare Entwicklung zu noch größeren Einheiten (500 000 tdw und mehr) zu berücksichtigen. Angesichts

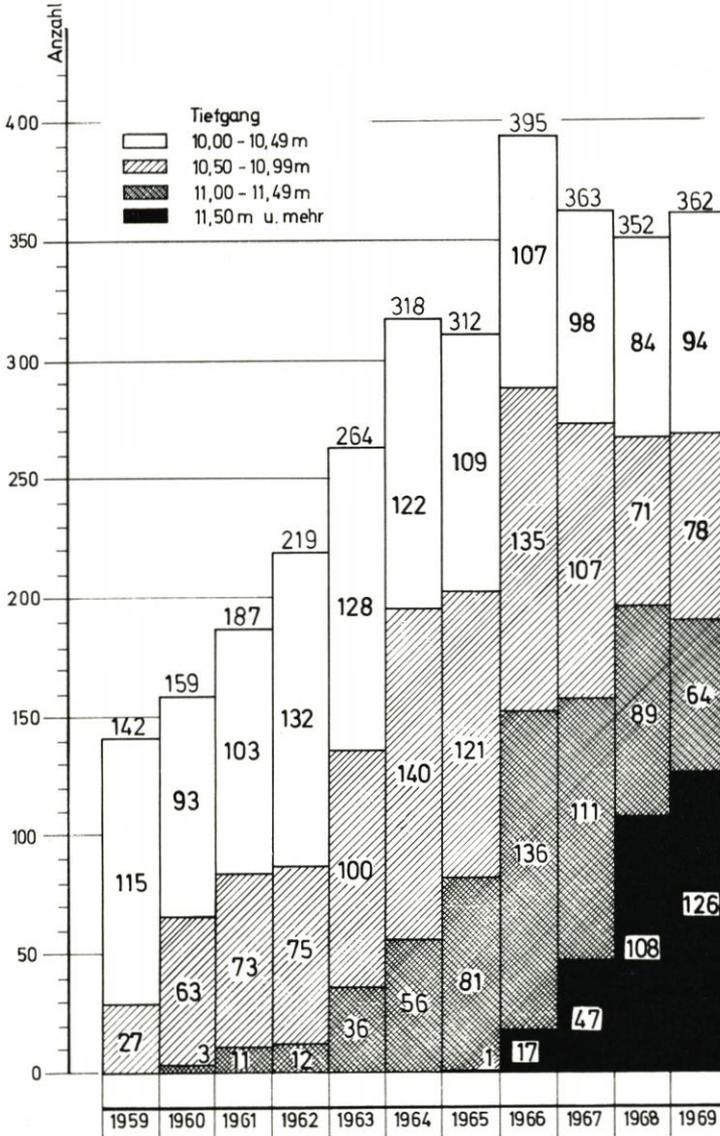


Abb. 26. Verkehr tiefgehender Schiffe auf der Elbe

einer derartigen Entwicklung könnte u. U. auch der Bau einer vor der Küste gelegenen Löschanlage (Offshore-Anlage) in Erwägung gezogen werden.

Ein wirtschaftlicher Ausbau der Elbe bis Hamburg ist für solche Tankergrößen, wie sie schon heute auf der Jade verkehren oder in Zukunft verkehren werden, nicht diskutabel. Für

den Stückgutverkehr einschließlich des bisherigen Containerverkehrs ist die 12 m tiefe Elbe ausreichend. Eine weitere Vertiefung der Elbe um 1 oder 2 m ist sicherlich technisch möglich. Ob die für solche Vertiefung erforderlichen Aufwendungen durch den damit erzielten Erfolg wirtschaftlich zu rechtfertigen sind, bedarf noch sehr eingehender Untersuchungen. Die größere Tiefe würde Verbesserungen in dem immer mehr zunehmenden Verkehr großer Schiffe bringen. Abbildung 26 zeigt, wie in den letzten Jahren der Verkehr mit Schiffen großer Tiefgänge auf der Elbe zugenommen hat. Günstig wird sich die größere Tiefe auch für den Verkehr mit Großtankern auswirken, die mit Teilladung fahren. Ob ein solcher Verkehr künftig eine Rolle spielen wird, läßt sich noch nicht sagen und wird von dem Ergebnis weiterer Untersuchungen abhängen.

Eine Vertiefung der Weser ist ebenfalls technisch möglich. Die Unterweser hat aber einen wesentlich weniger gestreckten Verlauf als die Unterelbe, ihre Querschnitte sind erheblich kleiner. Der Verkehr großer Schiffe wird damit problematisch. Ufersicherungen sind in großem Umfang notwendig. Man ist daher allgemein der Auffassung, daß der für die Zukunft geplante Ausbau der Unterweser auf 9 m unter KN als die Grenze des wirtschaftlich Vertretbaren anzusehen ist. Der Ausbau der Außenweser wird wesentlich von der Entwicklung der Größe der künftigen Container-Schiffe und auch der Erzfrachter abhängen. Mit dem 12 m-Ausbau dürfte die Grenze des technisch und wirtschaftlich Vertretbaren noch nicht erreicht sein, eine künftige Vertiefung um 1 bis 2 m erscheint technisch denkbar.

Am schwierigsten sind die Verhältnisse in der Ems. Eine Vertiefung ist technisch wohl möglich, aber bei dem heute schon enormen Umfang der Unterhaltungsbaggerung wirtschaftlich kaum zu vertreten. Die vorhandene Tiefe von 8,5 m unter SKN, die sich vielleicht noch auf 9 m steigern läßt, ist praktisch die Grenze für den Ausbau der Ems, wenn es nicht gelingen sollte, durch Baumaßnahmen die Unterhaltungsbaggermassen und damit die Unterhaltungskosten erheblich herabzusetzen.

5. Schlußbetrachtung

Wie aus den Ausführungen hervorgegangen ist, können die in den Zusatz-Staatsverträgen von 1922 angegebenen Ausbauziele heute keine Grundlage mehr für einen sinnvollen Ausbau der Seeschiffahrtstraßen sein. Die damaligen Ausbauziele waren aus dem Gedanken entstanden, daß keines der Länder beim Ausbau der Zufahrt zu seinem Seehafen hinter den anderen Ländern zurückstehen wollte. Die künftige Seehafen- und Wasserstraßenpolitik sollte aber nicht von Konkurrenzgedanken der deutschen Küstenländer und ihrer Nordseehäfen untereinander getragen sein, sondern von dem Gedanken gegenseitiger Ergänzung zum größtmöglichen Nutzen der gesamten Volkswirtschaft. Dazu könnte eine weitgehende Spezialisierung der Häfen zweckmäßig sein, die auf die wirtschaftlichen Ausbaumöglichkeiten der seewärtigen Zufahrten abgestimmt sein muß. Hier liegen große planerische Aufgaben, die die Küstenländer nur gemeinsam und zusammen mit den zuständigen Dienststellen des Bundes lösen können. Diese Arbeit muß getragen werden von der Verantwortung gegenüber der gesamten deutschen Volkswirtschaft.

6. Schriftenverzeichnis

Trotz seines verhältnismäßig großen Umfanges ist das Schriftenverzeichnis in keiner Weise vollständig. Es enthält aber alle wesentlichen Veröffentlichungen, vor allem aus jüngerer Zeit, in denen sich die Entwicklung der Wasserstraßen im Bereich der deutschen Nordseeküste wider-

spiegelt. Soweit diese Veröffentlichungen für die vorliegende Arbeit unmittelbar herangezogen werden, ist im Text auf sie hingewiesen. Die zitierten grundlegenden Arbeiten enthalten wiederum ausführliche Literaturverzeichnisse und Quellenhinweise, die bei der näheren Beschäftigung mit Einzelfragen beachtet werden müssen. Der Übersichtlichkeit halber ist das Schriftenverzeichnis der vorliegenden Arbeit nach den einzelnen Wasserstraßen aufgliedert.

1. Allgemeines Schrifttum

- 1.1 AGATZ, A.: Seehäfen, Seeschiffe, Verkehrswege. Hansa, Sonderheft Mai 1968.
- 1.2 FRIESECKE, A.: Recht der Bundeswasserstraßen. Köln 1962.
- 1.3 GARRELT, GROSS, KÖHLER, PETERSEN, WELLMANN, WETZEL: Probleme, die durch die sehr großen Seefrachter aufgeworfen werden bezüglich der Anordnung und der Tiefen der Zufahrtrinnen zu den Häfen und der Manövrieregebiete. Deutsche Berichte zum XXII. Internat. Schifffahrtkongreß Paris 1969. Bonn 1969.
- 1.4 HENSEN, W.: Zustand und Entwicklungsmöglichkeiten der deutschen Seewasserstraßen. Schiff und Hafen 1949, Heft 6.
- 1.5 JANSSEN, TH.: Die Ostfriesischen Inseln als Verkehrs- und Wirtschaftsgebiet. Norden 1954.
- 1.6 KOENIGS, G.: Zehn Jahre Reichswasserstraßenverwaltung. Deutsche Wasserwirtschaft 1931, Heft 6.
- 1.7 KRATZMÜLLER, E.: Der Strukturwandel in der Mineralölversorgung der Bundesrepublik Deutschland. Hansa 1968, Nr. 13.
- 1.8 LANG, A. W.: Entwicklung, Aufbau und Verwaltung des Seezeichenwesens an der deutschen Nordseeküste bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts. Bonn 1965.
- 1.9 POPPE, G.: Die Binnenschiffahrtstraßen in den vergangenen 50 Jahren 1914 bis 1964. Jahrbuch HTG 1962/63.
- 1.10 SCHMIDT, R.: Die deutschen Seewasserstraßen an der Nordsee als Verkehrsträger. Zentralblatt d. Bauverwaltung 1934.
- 1.11 SOHNKE, F.: Über die Kollisionsschutzwege in der südlichen Nordsee. Hansa 1969, Nr. 13.
- 1.12 TEUBERT, O.: Die Binnenschiffahrt Bd. I. Leipzig 1912.
- 1.13 VOGEL, W.: Geschichte der deutschen Seefahrt. Berlin 1915.
- 1.14 VOGEL, W., und SCHMÖLDERS, G.: Die Deutschen als Seefahrer. Hamburg 1949.
- 1.15 WAAS, H. u. a.: „Rudolf Schmidt“ und „Johannes Gährs“, zwei neue Laderaumsaugbagger für die Fahrwasserunterhaltung an der deutschen Nordseeküste. Schiffstechnik, Heft 43, 1961, 8. Bd.
- 1.16 WALTER, H.: Fortschritte der Bagger- und Schiffbautechnik beim Bagger „Ludwig Franzius“. Schiff und Hafen 1965, Heft 7 und 8.
- 1.17 WALTHER, F.: Die Entwicklung der Schiffsabmessungen im Vergleich zu den Möglichkeiten der Seehäfen und ihrer Zufahrten. Hansa 1954, Nr. 46/48.
- 1.18 WEGNER, H.: Studie über die Wasserwege zu den deutschen Seehäfen. Jahrbuch HTG, 1955/57.
- 1.19 WEGNER, H.: Entwicklung und Ausbau der Seeschiffahrtstraßen. Hansa 1964, Nr. 17.
- 1.20 WEGNER, H.: Forderungen und Möglichkeiten beim Ausbau der Seeschiffahrtstraßen zu den deutschen Nordseehäfen. Hansa 1966, Nr. 13.
- 1.21 WIEDEMANN, G.: Sicherungsradar auf deutschen Wasserstraßen. Hansa 1959, Nr. 44/45.
- 1.22 WIEDEMANN, G., und BURGHART, W.: Die Leuchtfeuerneubauten im Küstengebiet der BRD in den Jahren 1952 bis 1962. Hansa 1964, Nr. 5.

2. Schrifttum zur Ems

- 2.1 BREUER, H.: Dollart und Ems. Die Folgen der Dollartbildung für das Gebiet der unteren Ems. Jahrbuch der Gesellschaft für bildende Kunst und vaterländische Altertümer zu Emden, 45. Bd., 1965.
- 2.2 HENSEN, W., und PASSLACK, G.: Modellversuche für das Emder Fahrwasser. Mitt. d. Franzius-Instituts der TH Hannover 1961, H. 20.
- 2.3 HIRSCH, A.: Die Regulierung der unteren Ems an der Knock. Die Bautechnik 1938, H. 53/54.

- 2.4 LANG, A. W.: Gestaltungswandel des Emsmündungstrichters. Untersuchungen zur Entwicklung der Emsmündung von der Mitte des 16. bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts. Schriften der Wirtschaftswissenschaftlichen Gesellschaft zum Studium Niedersachsens. N.F. 58, Bremen 1958.
- 2.5 NIEBUHR, W.: Über die neuen Entwicklungen der Außenems und ihre vermutlichen Ursachen. Die Küste 1952, H. 1.
- 2.6 SCHUBERT, K.: Ems und Jade. Die Küste 1970, H. 1.
- 2.7 SCHWECKENDIECK, C.: Festschrift zur Eröffnung des neuen Emders Seehafens. Berlin 1901.
- 2.8 WEGNER, H.: Die Schiffahrtstraßen von Emden zur See und zum Ruhrgebiet. Hansa 1961, Nr. 3.
- 2.9 WETZEL, G.: Die Ems und der Emders Hafen. Hansa 1956, Nr. 44/45.
- 2.10 WETZEL, G.: Die Ems als Seeschiffahrtstraße. Hansa 1958, Nr. 44/45.
- 2.11 WETZEL, G.: Die Ems und der Emders Hafen, Stand der neuesten Entwicklung. Hansa 1962, Nr. 9.
- 2.12 ZANDER: Erweiterung des Emders Hafens. Zeitschrift für Bauwesen 1914.

3. Schrifttum zur Jade

- 3.1 APEL, H.: 10 Jahre Ölhafen Wilhelmshaven. Hansa 1969, H. 5.
- 3.2 FREDE, G.: Die Arbeiten zur Verbesserung des Fahrwassers der Jade. Jahrbuch HTG 1937.
- 3.3 HENSEN, W.: Gutachten über eine weitere Vertiefung des Jade-Fahrwassers. Hannover 1966 (unveröffentlicht).
- 3.4 KRAWCZINSKI, H. W.: Die Planungen der Wasser- und Schiffahrtsverwaltung für die Jade. Hansa 1958, Nr. 37.
- 3.5 KRÜGER, W.: Meer und Küste bei Wangerooge und die Kräfte, die auf ihre Gestaltung einwirken. Zeitschrift für Bauwesen 1911.
- 3.6 KRÜGER, W.: Die Jade, das Fahrwasser Wilhelmshavens, ihre Entstehung und ihr Zustand. Jahrbuch HTG 1921.
- 3.7 LACKNER, E.: Entwurf und Baudurchführung der großen neuen Olumschlagbrücke in Wilhelmshaven. Jahrbuch HTG 1955/57.
- 3.8 LÜDERS, K.: Der Jadebusen und seine Bedeutung für Wilhelmshaven. Werft, Reederei, Hafen 1937, H. 10.
- 3.9 WOEBCKEN, C.: Die Entstehung des Jadebusens. Aurich 1934.
- 3.10 WSD Aurich: Die Vertiefungsmöglichkeiten der Jade. Aurich 1959 (unveröffentlichte Denkschrift).
- 3.11 o. V.: 75 Jahre Marinewerft Wilhelmshaven. Oldenburg 1931.

4. Schrifttum zur Weser

- 4.1 FRANZIUS, L.: Die Korrektur der Unterweser. Bremen 1888.
- 4.2 FRANZIUS, L.: Die Korrektur der Unterweser und Projekt zur Korrektur der Außenweser. Leipzig 1895.
- 4.3 HENSEN, W.: Modellversuche für die Unterweser und ihre Nebenflüsse. Mitt. d. Franzius-Inst. d. TH Hannover, H. 15a und 15b, 1959.
- 4.4 PLATE, L.: Der Ausbau der Unterweser. Jahrbuch HTG 1924.
- 4.5 PLATE, L.: Die Vertiefung der Außenweser durch den Ausbau des Fedderwarder Armes. Jahrbuch HTG 1926.
- 4.6 PLATE, L.: Der Ausbau der Fahrwasserbezeichnung der Außenweser. Die Bautechnik 1926, H. 26.
- 4.7 PLATE, L.: Die Ergänzung der Befahrung der Außenweser. Die Bautechnik 1933, H. 1 u. 3.
- 4.8 PLATE, L.: 50 Jahre Leuchtturm Rotersand. Die Weser 1935, H. 12.
- 4.9 PLATE, L.: Die Weser als Seewasserstraße. Bremen 1951 (unveröffentlicht).
- 4.10 PLATE, L.: Weserausbau und Wehranlage. Bremen und seine Bauten 1900-1951. Bremen 1953.
- 4.11 ROLLMANN, A.: Der erste deutsche Leuchtturm in der See. Die Weser 1956, H. 11.
- 4.12 ROLLMANN, A.: Die Sicherungsradaranlage der Außenweser. Die Weser 1959, H. 1.

- 4.13 SCHAUBERGER, H.: Die Unterweser – Möglichkeiten und Grenzen des Ausbaus. Die Weser 1963, H. 6.
- 4.14 SCHAUBERGER, H.: Die heutige Situation der Unterweser aus verkehrs- und wasserbaulicher Sicht. Hansa 1963, Nr. 13.
- 4.15 SCHAUBERGER, H.: Die Weser unter Gesichtspunkten der Rationalisierung im Seeverkehr. Hansa, Sonderheft Mai 1968.
- 4.16 SCHAUBERGER, H., und ROLLMANN, A.: Schifffahrtszeichen der Außenweser und Grundlagen für den Ersatz des Leuchtturms „Rotersand“. Hansa 1964, Nr. 23.
- 4.17 STRÖHMER, P.: Die Abflußkennwerte für die Unterweser und ihre Veränderung seit 1840. Mitt. d. Franzius-Inst. d. TH Hannover 1963, H. 22.
- 4.18 WALTHER, F.: Veränderungen der Wasserstände und Gezeiten in der Unterweser als Folge des Ausbaues. Hansa 1954, Nr. 21/22.
- 4.19 WALTHER, F.: Die Schiffbarkeit der Unterweser unter Ausnutzung der Tide. Hansa 1957, Nr. 20/21.
- 4.20 WALTHER, F.: Der 8,7 m-Ausbau der Unterweser. Schriftenreihe des Seeverkehrsbeirates 1959, H. 15.
- 4.21 WEGNER, H.: Ausbau und Verkehr der Unterweser. Hansa 1953, Nr. 1/2.
- 4.22 WSA Bremerhaven: Neue Seezeichenanlagen an der Außenweser. Festschrift zum 6. 9. 1965.
- 4.23 WSD Bremen: Die Geschichte der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Bremen. Bremen 1955.

5. Schrifttum zur Elbe

- 5.1 ALBRECHT, G.: Stationen der Hamburger Hafengeschichte. Hansa 1964, H. 9.
- 5.2 ARP und HIRSCH: Die Pläne der Niedrigwasserregulierung der Elbe von der Reichsgrenze bis Hamburg. Deutsche Wasserwirtschaft 1935, H. 11 und 12.
- 5.3 BRAUN, J.: Sicherungsradaranlagen an der Elbe. Hansa 1965, Nr. 21.
- 5.4 BUCHHEISTER, M., und BENSBERG, E.: Hamburgs Fürsorge für die Schiffbarkeit der Unterelbe. Hamburg 1901.
- 5.5 GRÜBELER, P.: Die Betonung und Befahrung der Elbe durch Hamburg. Jahrbuch HTG 1928.
- 5.6 GRÜBELER, P.: Die Fürsorge des Deutschen Reiches für die Betonung und Befahrung der Unterelbe seit dem 1. März 1921. Jahrbuch HTG 1936.
- 5.7 GRULICH, W., und BOLTZ: Neuer Elbehafen Brunsbüttelkoog. Hansa 1967, H. 95.
- 5.8 HEERS, K. F.: Das Hamburgische Baggerwesen. Hansa 1967, Nr. 12.
- 5.9 HELLENSCHMIDT, H.: Der Bau einer Kaianlage für große Seeschiffe in der Elbe bei Brunsbüttelkoog. Der Bauingenieur 1969, H. 1.
- 5.10 HENSEN, W.: Die Entwicklung der Fahrwasserverhältnisse der Außenelbe. Jahrbuch HTG 1939/40.
- 5.11 HENSEN, W.: Stromregulierungen, Hafenbauten, Sturmfluten in der Elbe und ihr Einfluß auf den Tideablauf. Hamburg-Großstadt u. Welthafen. Kiel 1955.
- 5.12 HENSEN, W.: Gutachtliche Äußerung über die Frage der technischen Mittel zur Vertiefung der Elbe auf 12 m unter SKN. Hannover 1959 (unveröffentlicht).
- 5.13 v. HORN, A.: Regulierung der Elbe von Hamburg bis Nienstedten. Zentralblatt der Bauverwaltung 1902.
- 5.14 ILLIGER, J.: Der Elbe-Seiten-Kanal. Hansa, Sonderheft Mai 1968.
- 5.15 KRAUSE, M., und MOSECKE: Die Staustufe Geesthacht. Die Wasserwirtschaft 1956, H. 11.
- 5.16 KRAUSE, M., und REUTER, F.: Die Staustufe Geesthacht, Entwurf und Bauausführung. Die Wasserwirtschaft 1963, H. 4, 7, 9, 10, 11.
- 5.17 KLINGE, KRESSNER, MEISEL, SCHULZ: Bilanzbericht über das Tidegebiet der Elbe. Hamburg 1950 (unveröffentlicht).
- 5.18 KRESSNER, B.: Die Strombauarbeiten der Nachkriegszeit. Jahrbuch HTG 1950/51.
- 5.19 KURZAK, G.: 20 Arbeitsberichte der Bundesanstalt für Wasserbau – Dienststelle für die Vertiefung der Seewasserstraßen. Hamburg 1958–1961 (unveröffentlicht).
- 5.20 LAUCHT, H.: Zustand und Entwicklungsmöglichkeiten des Hamburger Stromspaltungsgebietes der Elbe. Mitt. d. Franzius-Inst. d. TH Hannover 1956, H. 9.
- 5.21 LAUCHT, H.: Ausblick auf das Verhältnis des Hamburger Hafens zu seiner seewärtigen Zufahrt. Hansa, Sonderheft Mai 1968.

- 5.22 LAUCHT, H., und HAFNER: Die Abdämmung der alten Süderelbe. Die Bautechnik 1963, H. 5.
- 5.23 LUCHT, F.: Geschiebe- und Sinkstofftransport in der Elbe. Mitt. aus dem Geol. Staatsinstitut Hamburg 1954, H. 23.
- 5.24 METSCHIES, W.: Der Ausbau der Elbe zum schiffbaren Strom. Die Bautechnik 1939, H. 45.
- 5.25 NEHLS und BUBENDEY: Die Elbe, Hamburgs Lebensader. Hamburg 1892.
- 5.26 SCHÄTZLER, J. T.: Die Fürsorge des Reiches für die Schiffbarkeit der Unterelbe. Jahrbuch HTG 1936.
- 5.27 SCHÄTZLER, J. T.: Neue Leuchtfeuerbauwerke auf der Unterelbe beim Osteriff. Die Bautechnik 1932, H. 14.
- 5.28 SCHÄTZLER, J. T., und MEISEL, K.: Stromregulierungsarbeiten in der Unterelbe bei der Ostebank und bei Pagensand. Die Bautechnik 1937, H. 27/28.
- 5.29 THELE, W.: Das Hamburgische Baggerwesen. Jahrbuch d. Schiffbautechn. Gesellschaft 1914, Bd. 15.
- 5.30 VOLLMERS, H., und WOLF, G.: Untersuchungen von Sohlenumbildungen im Bereich der Unterelbe. Die Wasserwirtschaft 1969, H. 10.
- 5.31 WETZEL, G.: Die Elbe, Schifffahrtstraße zum Hamburger Hafen. Hansa 1964, Nr. 21.
- 5.32 WETZEL, G.: Schiffsgröße und Tiefgang auf der Elbe. Hansa, Sonderheft April 1967.
- 5.33 WSA Hamburg: Bericht über die Erfahrungen bei den Unterhaltungsbaggerungen. 21. 2. 1966 (unveröffentlicht).
- 5.34 WSD Hamburg: Techn. Untersuchungen über einen vollschiffigen Anschluß Hamburgs an die deutschen Binnenwasserstraßen. Hamburg 1961.

6. Schrifttum zum Nord-Ostsee-Kanal und zur Eider

- 6.1 FISCHER, O.: Landgewinnung und Landerhaltung in Schleswig-Holstein. Bände 4 und 7, Berlin 1955/58.
- 6.2 FÜLSCHER: Der Bau des Kaiser-Wilhelm-Kanals. Berlin 1898.
- 6.3 GROTH, W.: Die Erweiterung des Kaiser-Wilhelm-Kanals. Zentralblatt der Bauverwaltung 1914.
- 6.4 JENSEN, W.: Der Nord-Ostsee-Kanal nach dem 2. Weltkrieg. Die Bautechnik 1954, H. 6.
- 6.5 LOHSE: Der 40jährige Kaiser-Wilhelm-Kanal. Zentralblatt der Bauverwaltung 1936.
- 6.6 LOEWE, C.: Geschichte des Nord-Ostsee-Kanals. Berlin 1895.
- 6.7 LORENZEN, J. M.: 25 Jahre Wasser- und Schifffahrtsdirektion Kiel. Kiel, 26. März 1964 (unveröffentlicht).
- 6.8 LORENZEN, J. M.: Maßnahmen zur Anpassung des Nord-Ostsee-Kanals, ein Wettlauf mit der Verkehrsentwicklung. Nord-Ostsee-Kanal 1961.
- 6.9 RAMACHER, H., und PLATE, U.: Die Sicherung des Nord-Ostsee-Kanals. Jahrbuch HTG 1969.
- 6.10 ROHDE, H.: Die Veränderung der hydrologischen Verhältnisse des Eidergebietes durch künstliche Eingriffe. DGM, Sonderheft 1965.
- 6.11 SCHULTZ, H. W.: Der Kaiser-Wilhelm-Kanal und seine Erweiterung. Berlin 1912.
- 6.12 SINDERN, J., und ROHDE, H.: Zur Vorgeschichte der Abdämmung der Eider in der Linie Hundeknöll-Vollerwiek. Die Wasserwirtschaft 1970, H. 3.
- 6.13 VOGEL, G.: Die Arbeiten der WSD Kiel zur Sicherung und Modernisierung des NOK. Hansa 1968, H. 23.
- 6.14 WEINNOLDT, E., u. KIEHNEL: Die Eiderabdämmung und die wasserwirtschaftlichen Maßnahmen im Eidergebiet. Westküste 1938, H. 3.
- 6.15 WÖLTINGER, O.: Die technische Entwicklung des NOK in 60 Jahren. Hansa 1955, Nr. 24/25.
- 6.16 WULLE, K.: Der 30jährige Kaiser-Wilhelm-Kanal. Zeitschrift für Bauwesen 1927.

Nachtrag zu den „Empfehlungen für den Deichschutz nach der Februar-Sturmflut 1962“

Küstenausschuß Nord- und Ostsee, Arbeitsgruppe „Küstenschutzwerke“¹⁾

Summary

In the years after the storm surge of February 1962 substantial progress has been reached in the analysis of natural processes connected with storm surges. The new knowledge gained in the field of coastal engineering, oceanography and meteorology is being evaluated in the "supplement" to the recommendations on dike protection. Papers dealing with storm surges on the coasts of countries bordering the North Sea published after 1962 are compiled to an extensive table of references.

Zusammenfassung

In den Jahren nach der Februar-Sturmflut 1962 sind in der Beurteilung der Naturvorgänge bei Sturmfluten wesentliche Fortschritte erzielt worden. Die gewonnenen neuen Erkenntnisse auf seebautechnischem, ozeanographischem und meteorologischem Gebiet werden in dem „Nachtrag“ zu den Empfehlungen für den Deichschutz ausgewertet. Das nach 1962 veröffentlichte Schrifttum ist, soweit es sich mit den Sturmfluterscheinungen im Nordseeküstengebiet befaßt, als Ergänzung zu „Die Küste“, X, 1/1962 und XIV, 1/1966, in einem ausführlichen Verzeichnis zusammengestellt.

Inhalt

1. Veranlassung	46
2. Bestimmung der Deichhöhen im Tidegebiet	46
2.1. Bemessungswasserstand	46
2.1.1. Seedeiche	46
2.1.2. Stromdeiche	49
2.1.3. Flußdeiche	49
2.2. Wellenauflauf	49
3. Brandungswirkung auf der Deichböschung	51
4. Deichboden	52
4.1. Beschaffenheit des Deichbodens	52
4.2. Trockenrisse und Löcher im Deichkörper	53
4.3. Sickerwasserbewegung und Wasserüberdruck in Sanddeichen mit dichter Böschungsdecke	53
4.4. Sackung und Setzung des Deichkörpers	54
5. Versorgungsleitungen im Deich	55
6. Deichvorland aus Verhüttungsrückständen	56
7. Deichpflege	57
7.1. Bekämpfung schädlicher Tiere in Erddeichen	57
7.2. Beanspruchung der Küstenschutzwerke durch den Fremdenverkehr	57
8. Erläuterung der in den „Empfehlungen 1962“ verwendeten Sturmflutbegriffe	57
9. Schlußbetrachtung	58
Schriftenverzeichnis	59

¹⁾ Leiter der Arbeitsgruppe „Küstenschutzwerke“: Regierungsdirektor a. D. Dr.-Ing. K. LÜDERS.

1. Veranlassung

Die deutsche Küstenforschung hat mit wirksamer finanzieller Unterstützung durch die „STIFTUNG VOLKSWAGENWERK“ und die „DEUTSCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT“ in den Jahren nach der Februar-Sturmflut 1962 wesentliche Fortschritte in der Beurteilung der Naturvorgänge bei Sturmfluten auf seebautechnischem, ozeanographischem, meteorologischem und physikalischen Gebiet gemacht. Die hierbei gewonnenen Erkenntnisse geben Veranlassung, die von der Arbeitsgruppe „KÜSTENSCHUTZWERKE“ des Küstenausschusses Nord- und Ostsee bearbeiteten und Ende 1962 veröffentlichten „Empfehlungen für den Deichschutz nach der Februar-Sturmflut 1962“²⁾ (28) zu ergänzen und daraufhin zu prüfen, ob die damals gegebenen Vorschläge auch weiterhin zutreffend sind. Zugleich sollen bei dieser Gelegenheit Anregungen und kritische Bemerkungen, die sich bei der praktischen Anwendung der „Empfehlungen 1962“ ergeben haben, behandelt werden.

Der vorliegende „Nachtrag“ wurde von folgenden Mitgliedern der früheren Arbeitsgruppe „Küstenschutzwerke“ bearbeitet: Baudirektor KRAMER (Aurich), Präsident a. D. Dr.-Ing. E. h. LORENZEN (Kiel), Regierungsbaudirektor Dr.-Ing. RODLOFF (Kiel) und Baudirektor TRAEGER (Bremen). Die Federführung hatte der Leiter der Arbeitsgruppe „Küstenschutzwerke“.

2. Bestimmung der Deichhöhen im Tidegebiet (zum Abschnitt B II 1 der „Empfehlungen 1962“)

2.1. Bemessungswasserstand

2.1.1. Seedeiche

Die Seedeichhöhen an der deutschen Nordseeküste wurden nach der Holland-Sturmflut 1953 bis zur Februar-Sturmflut 1962 entsprechend dem Vorschlag der Arbeitsgruppe „Sturmflut vom 1. Februar 1953“ (27) nach dem „maßgebenden Sturmflutwasserstand“ und „örtlichen größten Wellenauflauf“ bestimmt. Obgleich sich die mit diesem Bemessungsverfahren festgelegten Seedeichhöhen in der Februar-Sturmflut 1962 bewährt hatten, erschien es aus Sicherheitsgründen notwendig, nochmals zu prüfen, ob die verwendeten Bemessungswerte nach den in der außergewöhnlich schweren Februar-Sturmflut 1962 gewonnenen Erkenntnissen noch als ausreichend angesehen werden können. Die Prüfung hatte die Arbeitsgruppe „Sturmfluten“ des Küstenausschusses übernommen. Bis zum Abschluß der Prüfung wurde in den „Empfehlungen 1962“ mit Rücksicht auf die nicht aufschiebbaren Wiederherstellungsarbeiten an den Deichen zusätzlich ein Vergleichsverfahren empfohlen, das für die Bestimmung der Deichhöhe die in der Februar-Sturmflut 1962 unmittelbar beobachteten Wasserstands- und Wellenauflaufwerte und einen Sicherheitszuschlag benutzt. Die Deichhöhe ist dann nach demjenigen Verfahren zu bemessen, das die größeren Werte ergibt.

Neben der Prüfung der bisherigen Bemessungsverfahren wurden in der Arbeitsgruppe „Sturmfluten“ verschiedene neue Vorschläge für die Festlegung der Seedeichhöhen eingehend untersucht, und zwar ein hydrodynamisch-numerisches Verfahren, ein Verfahren mit physikalisch denkbaren Sturmflutwasserständen, ein Häufigkeitsverfahren und ein hydrologisch-statistisches Verfahren zur Bestimmung einer Grenzhöhe für die Nordsee-Sturmfluten (19, 31). Diese führten, je nach den gewählten Ausgangswerten, zu derartig unterschiedlichen Ergeb-

²⁾ Nachfolgend kurz „Empfehlungen 1962“ genannt.

nissen, daß es nicht möglich war, sie zu einem Verfahren zu verbinden. Um dieses Ziel zu erreichen, wäre es notwendig, die verschiedenen Ansätze und Untersuchungswege weiter zu verfolgen und zu untermauern.

Das Ergebnis der bisherigen Beratungen der Arbeitsgruppe „Sturmfluten“ bezüglich der Bestimmung eines Bemessungswasserstandes hat HENSEN (19) wie folgt zusammengefaßt:

„Die Februar-Sturmflut 1962 gab keine Veranlassung, die bisher für die Seedeiche festgesetzten Bemessungswasserstände zu ändern.

Die Arbeitsgruppe „Sturmfluten“ hält es für vertretbar, zunächst die bisher angewendeten Verfahren zur Bestimmung des Bemessungswasserstandes nicht zu ändern.

Es ist aber darauf hinzuweisen, daß selbst bei dem Verfahren zur Festsetzung eines Bemessungswasserstandes stets noch ein Wagnis verbleibt, das praktisch unvermeidbar ist. Dieses Wagnis muß durch andere Vorkehrungen aufgefangen werden.“

Über Erfahrungen in der praktischen Anwendung der empfohlenen Bemessungsverfahren (Einzelwert- und Vergleichsverfahren) zur Bestimmung der Deichhöhen hat LÜDERS (41) auf der 4. Gesamtausschußtagung des Küstenausschusses Nord- und Ostsee in Hamburg am 26. November 1965 berichtet. Die mit Rundschriften angesprochenen Ämter und Dienststellen, die für den Deichschutz an der deutschen Nordseeküste zuständig sind, berichteten über gelegentlich aufgetretene textliche Auslegungsschwierigkeiten, die z. B. bei der Berücksichtigung örtlicher Sonderfälle auftraten. Im übrigen wurden aber von keiner der befragten Stellen Änderungsvorschläge zu den Bemessungsverfahren selbst angeregt oder gemacht. Nur eine hamburgischerseits zu den „Empfehlungen 1962“ geübte Kritik bezeichnete die Bemessungsverfahren als bedenklich, weil die textlichen Formulierungen eine Sicherheit vortäuschten, die tatsächlich nicht vorhanden sei. In Hamburg sei man daher – wie in der Kritik ausgeführt wird – bewußt von den Empfehlungen abgewichen und habe die Krone der Hochwasserschutzwerke höher gelegt, als sie sich nach den empfohlenen Verfahren errechnet; selbst dann seien aber noch höhere Wasserstände, als der hamburgischen Bemessung zugrunde gelegt, nicht ausgeschlossen. Hierzu und zu anderen kritischen Bemerkungen hatte die Arbeitsgruppe „Küstenschutzwerke“ in einem Bericht an den Küstenausschuß vom 4. 7. 1967 Stellung genommen (30). Die Arbeitsgruppe hat danach keinen Anlaß gesehen, ihre Empfehlungen zu ändern. Die Aussage, man sei in Hamburg bewußt von den „Empfehlungen 1962“ abgewichen, hat der Verfasser der Kritik inzwischen berichtigt (35).

Um in Zukunft ähnlichen Mißverständnissen bei der Anwendung der empfohlenen Verfahren zur Bestimmung der Deichhöhen im Tidegebiet vorzubeugen, sei am Beispiel Hamburg folgendes ausgeführt:

In den „Empfehlungen 1962“ ist unter B II 1 b (Stromdeiche) und B II 1 c (Flußdeiche) darauf hingewiesen, daß für die Bestimmung der Deichkronenhöhen auch das Bemessungsverfahren α in Ziffer B II 1 a („Deichhöhe = H_{Thw} [1962] + maximaler beobachteter Wellenauflauf + Sicherheitszuschlag“) angewendet werden kann. Für Hamburg ergibt dieses Bemessungsverfahren folgende Deichhöhe:

HThw (1962)	+ 5,70 m NN
Wellenauflauf	0,50 m
Sicherheitszuschlag	1,00 m ³⁾
Deichhöhe	+ 7,20 m NN

Würde man entgegen den „Empfehlungen 1962“ für die Bestimmung der Höhe der Hamburger Hochwasserschutzanlagen das nur für Seedeiche gültige Einzelwertverfahren anwenden, dann ergibt sich folgende Berechnung:

³⁾ Vgl.: Niederschrift über die 2. Sitzung des Ausschusses wissenschaftlicher Gutachter der Freien und Hansestadt Hamburg am 14. Mai 1962.

Wert a: MThw über NN	1,70 m
Wert b: höchstes SpThw über MThw	0,15 m
Wert c: größter Windstau über MThw	4,00 m
Wert d: säkularer Meeresanstieg in 100 Jahren	0,20 m
<hr/>	
maßgebender Sturmflutwasserstand	+ 6,05 m NN
Wert e: größter Wellenauflauf	0,50 m
<hr/>	
Deichhöhe:	+ 6,55 m NN

Der sich bei dieser Berechnung ergebende „maßgebende Sturmflutwasserstand“ von + 6,05 m NN liegt 65 cm unter dem für die Bemessung der Höhe der Hochwasserschutzanlagen in Hamburg festgelegten Wert von + 6,70 m NN. Dementsprechend ergibt sich auch eine um diesen Betrag niedrigere Schutzwerkhöhe. Das für Seedeiche geltende Einzelwertverfahren erfaßt bei Strom- und Flußdeichen nicht die dort zu beachtenden Einflüsse durch hohes Oberwasser, Eisversetzung und Tideveränderungen infolge baulicher Eingriffe. Um zu einem zutreffenden Bemessungswasserstand zu kommen, müßten diese Auswirkungen bei dem sich aus dem Einzelwertverfahren ergebenden „maßgebenden Sturmflutwasserstand“ noch zusätzlich berücksichtigt werden.

Abschließend sei hier zum Vergleich noch die Ermittlung der Höhe der Hamburger Hochwasserschutzanlagen nach dem von TOMCZAK vorgeschlagenen „Verfahren mit physikalisch denkbaren Sturmflutwasserständen“ wiedergegeben (19). Der „physikalisch denkbare Sturmflutwasserstand“ ergibt sich aus dem astronomisch vorausberechneten Wasserstand (höchstes SpThw) und einer bei Sturmfluten auftretenden Wasserstandserhöhung, die aus drei einzeln abgeschätzten Anteilen zusammengesetzt wird, wie folgt:

höchstes SpThw	+ 1,80 m NN
größter Windstau (1962): 4,00 m (einschließlich der Erhöhung durch Fernwelle), zuzüglich 0,38 m für Berücksichtigung 1962 eingetretener Deichbrüche	≈ 4,40 m
15 % Zuschlag vom Windstau 1962 von 4,00 m	0,60 m
<hr/>	
maßgebender Sturmflutwasserstand	+ 6,80 m NN
größter Wellenauflauf	0,50 m
<hr/>	
Deichhöhe:	+ 7,30 m NN

Als Ergebnis der vorstehenden Betrachtung ist festzustellen: Die nach der Februar-Sturmflut 1962 im Hamburger Gebiet vom Gutachterausschuß empfohlenen Werte für den „maßgebenden Sturmflutwasserstand“ mit + 6,70 m NN und für die Kronenhöhe der Hochwasserschutzanlagen mit + 7,20 m NN ergeben sich in derselben Größe, wenn das für Strom- und Flußdeiche in den „Empfehlungen 1962“ vorgeschlagene Bemessungsverfahren α in Ziffer B II 1 a angewendet wird. Zum fast gleichen Ergebnis führt auch das von TOMCZAK empfohlene Verfahren (maßgebender Sturmflutwasserstand + 6,80 m NN, Deichhöhe + 7,30 m NN). Das nur für die Bemessung der Seedeichhöhen bestimmte Einzelwertverfahren (β in Ziffer B II 1 a) liefert dagegen niedrigere Werte (maßgebender Sturmflutwasserstand + 6,05 m NN, Deichhöhe + 6,55 m NN). Bei diesem Verfahren werden die schon erwähnten Erscheinungen nicht berücksichtigt, die in Strom- und Flußgebieten zu beachten sind, an der Küste für die Seedeichhöhe aber keine Rolle spielen.

2.1.2. Stromdeiche

Die in den „Empfehlungen 1962“ (S. 116) erwähnten Modellversuche für die Elbe liegen jetzt vor (18), so daß die Bemessungswerte für die Elbstromdeiche danach bestimmt werden können. Es sei noch erwähnt, daß in den letzten Jahren aufschlußreiche Untersuchungen über die Sturmflutverhältnisse und Oberwassereinflüsse auf die Tidewasserstände der Unterelbe veröffentlicht worden sind, deren Ergebnisse ebenfalls für die Bemessung der Elbstromdeiche herangezogen werden können (13, 36, 57, 58, 61).

Für die Eider, die gegenwärtig an ihrer Mündung abgeschleust wird, entfällt nach Inbetriebnahme des Sperrwerkes (voraussichtlich 1973) die Festsetzung eines maßgebenden Sturmflutwasserstandes; diese Deiche liegen dann hinter dem Sperrwerk und gehören nicht mehr zu den Hauptdeichen.

2.1.3. Flußdeiche

Den Stand der Abschleusungen des Tidestromes Eider sowie der Tideflüsse an der deutschen Nordseeküste zeigt die nachstehende Tabelle.

Sperrwerksbauten an der deutschen Nordseeküste
(Stand 1970)

Tidestrom	Tidefluß	Sperrwerk		
		in Planung	in Bau seit	in Betrieb seit
Ems	Leda	—	—	1954
Weser	Hunte	X	—	—
Weser	Ochtum	X	—	—
Weser	Lesum	X	—	—
Weser	Geeste	—	—	1960
Elbe	Oste	—	—	1968
Elbe	Schwinge	—	1969	—
Elbe	Lühe	—	—	1967
Elbe	Este	—	—	1964
Elbe	Seeve	—	—	1965
Elbe	Ilmenau	1969	—	—
Elbe	Pinnau	—	—	1969
Elbe	Krückau	—	—	1969
Elbe	Stör	X	—	—
Eider		—	1967	—

Bis 1970 sind acht der 14 Tideflüsse abgeschleust worden; für die verbleibenden sechs sind die Abschleusungsplanungen eingeleitet bzw. abgeschlossen. Es ist damit zu rechnen, daß in wenigen Jahren sämtliche Tideflüsse durch Sperrwerke abgeschlossen sein werden, so daß die Bearbeitung besonderer Bemessungsverfahren für die Deiche an Tideflüssen, wie sie früher vorgesehen war, jetzt nicht mehr erforderlich ist. Das im Abschnitt B II 1 c der „Empfehlungen 1962“ vorgeschlagene Verfahren zur Bemessung der Tideflußdeiche bleibt bis dahin bestehen.

2.2. Wellenauflauf

Die bei der Februar-Sturmflut 1962 eingetretenen Wellenauflaufhöhen hatten an vielen Deichstrecken der deutschen Nordseeküste Werte erreicht, mit denen nach den vorliegenden ört-

lichen Erfahrungswerten nicht gerechnet werden konnte. Daher wurde in den „Empfehlungen 1962“ (S. 116) angeregt, für das Bemessungsverfahren α den während der Februar-Sturmflut 1962 örtlich beobachteten größten Wellenauflauf zu verwenden oder ihn noch nachträglich aus den eingemessenen Treibselkanten, die etwa den höchsten wirksamen Wellenauflauf anzeigen, abzuleiten. Diese Werte konnten allerdings nur vereinzelt einigermaßen sicher festgestellt werden, was sich durch den katastrophalen Ablauf dieses Naturgeschehens erklärt, der keine Zeit für solche Beobachtungen ließ. Somit wird auch weiterhin für die Neufestsetzung der Deichhöhen der „maximale theoretische Wellenauflauf“ verwendet werden müssen (Bemessungsverfahren β), der entweder aus Modellversuchen (16, 17) oder auf rechnerischem Wege (21) zu bestimmen ist.

Um bei der Ermittlung der Größe des Wellenaufbaus zu besseren Erkenntnissen zu kommen, ist in den „Empfehlungen 1962“ (S. 128) angeregt worden, die Größe des Wellenaufbaus in Abhängigkeit von Wind und Sturmböen sowie von der Neigung und Rauigkeit der Deichböschung durch Beobachtungen in der Natur und im Modell zu untersuchen. Ferner hat die Arbeitsgruppe „Sturmfluten“ in ihrem „Ergebnisbericht 1“ (29) die Auffassung vertreten,

„daß im Bereich der Deutschen Bucht, insbesondere im Gebiet des Überganges zu den Wattgebieten und auf den Watten selbst, eine intensive Seegangsforschung betrieben werden muß. Diese soll umfassende Meßwerte mit selbstschreibenden Wellenmeßgeräten schaffen und, daran anknüpfend, die Ausarbeitung geeigneter Verfahren zur Ermittlung des maßgebenden Seeganges und Wellenaufbaues unter verschiedenen meteorologischen, hydrographischen und morphologischen Verhältnissen ermöglichen. Außerdem sollen damit eingehende hydrodynamische Untersuchungen angestellt werden“.

Diesen Problemen hat sich die Forschung in den Jahren seit 1962 verstärkt zugewandt⁴⁾. So sind unmittelbare Wellenmessungen an verschiedenen Küstenstrecken eingeleitet worden, und zwar sowohl an der Westküste wie auch an der Ostseeküste Schleswig-Holsteins, die vom Deutschen Hydrographischen Institut Hamburg ausgeführt werden. Ergebnisse dieser Messungen stehen noch aus. An der ostfriesischen Küste hatte man gleichfalls mit solchen Messungen begonnen; sie sind jedoch wegen gerätetechnischer Schwierigkeiten unterbrochen worden.

Vor dem Norderneyer Strand hat die Forschungsstelle Norderney Seegangsmessungen mit dem Wellenschreiber WES-63 (5) ausgeführt. Sie dienen der Untersuchung des Seegangs unmittelbar vor der Küste, dessen Kenntnis eine Voraussetzung für die Bestimmung der Wellenaufbaugröße am Deich ist.

Die rechnerische Behandlung des Wellenaufbauproblems erscheint wegen der vielfältigen, zum großen Teil noch unbekanntem hydrodynamischen, meteorologischen und baulichen Einflüsse in absehbarer Zeit kaum erreichbar. Daher empfiehlt die Arbeitsgruppe „Sturmfluten“ (31), zunächst einmal durch Naturbeobachtungen die bei der Ermittlung des Wellenaufbaus auf Deichböschungen noch immer bestehende Unsicherheit möglichst bald zu beseitigen. Hierzu wird ausgeführt:

„Es sollte versucht werden, eine Korrelation zwischen den Wasserständen vor dem Deich, Vorland, Watt oder Berme und dem senkrechten Abstand HThw-Spülsaum aufzustellen, damit durch Extrapolation mindestens eine Schätzung des Wellenaufbaus bei außergewöhnlichen Sturmflutwasserständen möglich ist.“

⁴⁾ S. Literaturverzeichnis Nr. 5, 10, 11, 21, 22, 45, 52, 53, 54, 63, 64.

3. Brandungswirkung auf der Deichböschung (zum Abschnitt B II 4 der „Empfehlungen 1962“)

Während der Februar-Sturmflut 1962 konnte an vielen Deichstrecken festgestellt werden, daß die durch Brandungsschlag auf der Deichaußenböschung erzeugten starken Ausschläge nicht über die ganze Böschung verstreut, sondern etwa auf gleicher Höhe lagen (Abb. 1), und zwar



Abb. 1
Ausschläge auf der
Deichböschung des Nor-
derhever-Koogdeiches
(Eiderstedt) 1962 etwa
in Höhe des Sturmflut-
wasserstandes. – Aus:
RODLOFF (54, Abb. 2)

sowohl an Deichen mit wechselnder wie auch mit einheitlicher Böschungsneigung. Offensichtlich bestand eine Beziehung zur Höhe des Sturmflutwasserstandes. Nach den Untersuchungen von LIESE (38), RODLOFF (53, 54) und FÜHRBÖTER (11) erreicht die Angriffsgröße der am Deich brandenden Wellen in dieser Zone ihre Höchstwirkung, bedingt durch den dort über mehrere Stunden fast gleichbleibenden Wasserstand (Abb. 2). Da im oberen Böschungsbereich die Neigungen vielfach steil sind (1:4 und steiler), ist das zurückströmende Wasser einer Brandungs-

welle bereits soweit abgelaufen, daß die Grasnarbe der Böschung ohne Wasserpolster liegt, wenn die nächste brandende Welle aufschlägt. Das Wasserpolster bewirkt, daß die Wellenwirkung schlagartig abnimmt, wenn ein Brecher die Böschung trifft. Weiterhin ist zu beachten, daß, je flacher die Deichböschung ist, um so tiefer der Aufschlagspunkt einer brandenden Welle liegt (11).

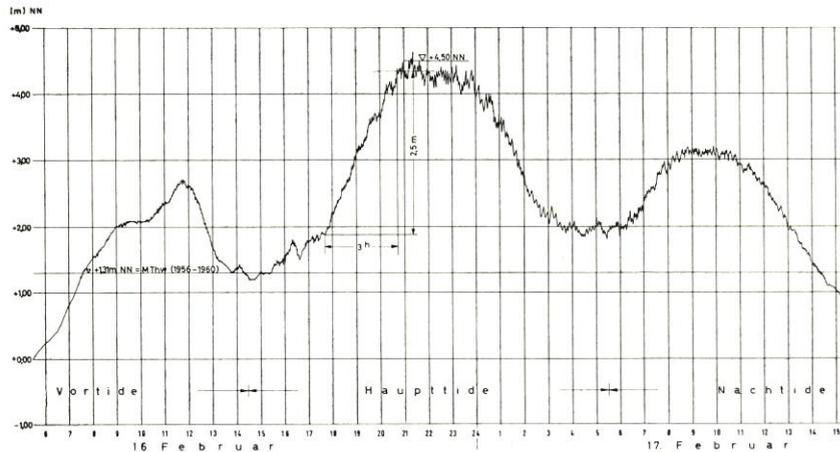


Abb. 2. Tidekurve des Pegels Benseniel (Ostfriesland) vom 16./17. Februar 1962 (aus: Die Küste 10 [1962], H. 1, S. 20, Abb. 3)

Aus diesen Gründen sollte die Deichböschung im oberen Bereich des Deiches flach ausgebildet werden. Bei bindigen Kleiböden sollte sie 1:6 bis 1:8, bei sandigen Kleiböden 1:8 bis 1:12 betragen (54) und – nach heutiger Ansicht – möglichst unverändert bis zur Deichkrone bleiben.

4. Deichboden

(zum Abschnitt B III der „Empfehlungen 1962“)

4.1. Beschaffenheit des Deichbodens

Der für den Deichbau an der deutschen Nordseeküste von altersher verwendete Kleiboden besitzt je nach Entnahmeort verschieden große Anteile an Ton und Sand, wovon seine Eignung als Deichbaustoff abhängt.

Bei der Wiederherstellung der Hamburger Deiche nach der Februar-Sturmflut 1962 ist die Tauglichkeit des Kleies als Deichboden nach seiner Fließ- bzw. Erosionsempfindlichkeit sowie nach seiner Schrumpfeempfindlichkeit und Zersetzungsgefährdung bestimmt worden (45). Als Ergebnis dieser Untersuchungen wurde festgestellt, daß der Sandkornanteil des Deichbodens nicht größer als 40 % und der Anteil der tonigen Bestandteile 10 % bis maximal 15 % sein sollte.

Eine weitere bodenphysikalische Untersuchung von Deichböden hat die Forschungsstelle Norderney vorgenommen (51). Danach ist der Sandanteil eines bindigen Bodens nur ein indirekter Kennwert dafür, ob er sich als Deichbaustoff eignet. Entscheidend hierfür sind Anteil und Eigenschaften der Tonminerale. Ihr Einfluß auf das Gesamtverhalten des Bodens läßt sich

am deutlichsten durch die Kennwerte Fließgrenze, Ausrollgrenze und Plastizität abschätzen. Der Durchschnittswert der organischen Anteile im Kleiboden der Deichabdeckungen in Ostfriesland liegt bei 6 %. Der Maximalwert ist mit 13,6 % bestimmt worden; bei diesem Wert wurden 2 bis 3 cm breite Schruppfrisse im Kleiboden beobachtet. Bei älteren Deichen mit einem Anteil von rund 8 % organischer Substanz im Kleiboden wies dieser eine zerrissene und klumpige Struktur (Krümelstruktur) auf. Nach den Untersuchungen der Forschungsstelle Norderney ist für die Eignungsgrenze eines Kleibodens als Deichbaumaterial ein Anteil an organischer Substanz von 8 % bis 10 % anzusetzen. Bemerkenswert ist noch das Ergebnis der bodenphysikalischen Untersuchungen, nach dem eindeutige qualitative Beziehungen zwischen den Bodeneigenschaften und den bei der Februar-Sturmflut 1962 eingetretenen Deichschäden erkannt werden konnten, wenn die Abhängigkeit der angreifenden Wellenkräfte von Deichprofilierung und Sturmflutwasserstand berücksichtigt wird.

Den Einfluß des Kleibodens als Deichbaustoff auf das Profil der Außenböschung eines Seedeiches hat RODLOFF (54) untersucht. Als Ziel der Bodenuntersuchungen sollte erstrebt werden, jeder Bodenart die ihr gemäße Böschungsneigung zuzuordnen und danach das Deichprofil zu entwickeln. Als Grenzbereiche für die Böschungsneigungen können nach RODLOFF in roher Annäherung gewählt werden:

für bindige Kleiböden	1:6 bis 1:8
für sandige Kleiböden	1:8 bis 1:12.

4.2. Trockenrisse und Löcher im Deichkörper

In den „Empfehlungen 1962“ (S. 122) wurde auf die Gefahr hingewiesen, die durch Trockenrisse im Kleiboden von Erddeichen entstehen können. Bei hohem Wellenauflauf begünstigen sie die Durchweichung des Deichkörpers und führen damit zu Böschungsrutschungen. Eine weitere ernste Gefahr für den Deich haben LIESE (38) und FÜHRBÖTER (11) beschrieben: Wenn bei Sturmflut Wellenbrecher die Deichböschung treffen, dann kann durch den Druckschlag des Wassers in den wassergefüllten Rissen, Spalten und Löchern der Deichaußenböschung eine „innere Sprengwirkung“ ausgelöst werden, die starke Auskolkungen zur Folge hat und dann Ursache größerer Schäden sein kann.

Wegen der Gefahr, die jedem Erddeich durch Trockenrisse, Spalten, Löcher und Wühlgänge von Tieren drohen, wird die Forderung, solche Gefahrenstellen am Deich jeweils noch vor dem Einsetzen der Herbststurmfluten zu beseitigen, hier nochmals zur Beachtung dringend empfohlen.

4.3. Sickerwasserbewegung und Wasserüberdruck in Sanddeichen mit dichter Böschungsdecke (zum Abschnitt B IV der „Empfehlungen 1962“)

Bei Sanddeichen mit Dichtungsdecke aus Klei oder Asphalt ist die durch die wechselnden Außenwasserstände bedingte Wasserbewegung im Deichkörper von entscheidender Bedeutung für den Bestand des Deiches. Bis zur Februar-Sturmflut 1962 gab es an der deutschen Nordseeküste nur wenige Sanddeiche mit Asphaltdecke, die in der Februar-Sturmflut 1962 jedoch keine nennenswerten Schäden erlitten hatten. Aus diesem Grunde erübrigte sich ihre Behandlung in den „Empfehlungen 1962“; es wurde nur auf das Schrifttum über die zweckmäßige Gestaltung solcher Deiche verwiesen (S. 119 der „Empfehlungen 1962“). Sanddeiche mit Klei-

decke hatten sich in der Februar-Sturmflut 1962 in der Regel dann bewährt, wenn ihre Böschungsneigung in der Brandungszone nicht steiler als 1:6 und die Grasnarbe in gutem Zustand waren.

Unter diesen Umständen war seinerzeit in den „Empfehlungen 1962“ auf die Sickerwasserbewegung und den Wasserüberdruck im Deichkörper nicht eingegangen worden. Wegen der Bedeutung aber, die diesen Problemen im Hinblick auf die zu erwartende Zunahme des Baues von Sanddeichen mit dichten Decken zugemessen werden mußte, war in den „Empfehlungen 1962“ (S. 123 unter Ziff. 2) angeregt worden, die Sickerwasserbewegung im Deich durch Beobachtungen und Versuche in der Natur und im Modell zu untersuchen.

Nach der Sturmflut vom 1. Februar 1953, die sehr schwere Deichschäden an der niederländischen Nordseeküste verursacht hatte, wurden dort bei der Wiederherstellung der Küstenschutzwerke in großem Umfange Sanddeiche mit Böschungsabdeckungen aus Asphaltbeton gebaut. Die in solchen Deichen infolge von Wasserstandsschwankungen auftretenden Wasserspannungen und -überdrucke sind damals in den Niederlanden durch Rechnung und Modellversuche eingehend erforscht worden (1). Die auf diesem Gebiet in den Niederlanden gewonnenen großen Erfahrungen sowie die dort vorhandenen Einrichtungen für elektrische Modellversuche zur Untersuchung von Wasserströmungen in durchlässigen Medien konnten durch das dankenswerte Entgegenkommen der niederländischen Wasserbehörde (Rijkswaterstaat) für die Gestaltung der im Hamburger Gebiet zur Ausführung vorgesehenen Regel-Deichprofile genutzt werden. Im Jahresberichtsheft der Wasserwirtschaft für das Rechnungsjahr 1962 (15) sind von der Landesverwaltung Hamburg die Ergebnisse dieser Untersuchungen wie folgt zusammengefaßt:

„Bei durchlässigem Untergrund müssen die Deckenstärken für den vollen maximalen Innendruck bemessen werden. Druckerhöhende Faktoren, wie Spundwände und Fußvorlagen, sind tunlichst zu vermeiden. Auf Innendrängern kann verzichtet werden.

Bei undurchlässigem Untergrund ist dagegen nur eine konstruktive Mindestdeckenstärke erforderlich, wenn sichergestellt wird, daß evtl. anfallendes Spalt- bzw. Sickerwasser nicht zu einem hydrostatischen Druck gegen die Decke führen kann. Hier ist deshalb stets eine Innenentwässerung erforderlich, die im allgemeinen nach hinten und nur in Sonderfällen, wo hinten keine Vorflut geschaffen werden kann, durch Fußfilter nach vorn abgeführt wird, wenn sich hinter dem Deich ein hinreichend breiter Erdkörper anschließt.

Bei wechselnd durchlässigem und undurchlässigem Untergrund muß dagegen aus Sicherheitsgründen sowohl die gegen Innendruck bemessene Deckenstärke als auch eine Innenentwässerung gegen Stauwasser vorgesehen werden.“

Die Anwendung dieser Versuchsergebnisse auf die Gestaltung der Querschnitte von Sanddeichen mit Klei- bzw. Asphaltdecken im Hamburger Raum ist von MEENEN und COUSIN (45) erläutert worden.

Außerdem sei auf folgende Literatur, die nach 1962 veröffentlicht wurde, hingewiesen (2, 3, 4, 24, 59, 64, 65). Sie wird für die Gestaltung von Klei- und Asphaltabdeckungen auf Deichen mit Sandkern zur Beachtung empfohlen.

4.4. Sackung und Setzung des Deichkörpers (zum Abschnitt B III der „Empfehlungen 1962“)

Sackung des aufgeschütteten Deichbodens⁵⁾ und Setzung des Deichkörpers⁶⁾ verringern im

⁵⁾ Sackung: Höhenverlust eines geschütteten Erdkörpers, der einen Teil seiner Bodenauflockerung durch Zusammenpressung infolge seines Gewichtes verliert.

⁶⁾ Setzung: Höhenverlust eines Deiches infolge Einsinkens in den Untergrund unter der Bodenauflast.

Laufe der Zeit die ursprünglich hergestellte Deichhöhe. Das Maß der Sackung kann auf Grund von Erfahrungen ziemlich genau bestimmt werden, dagegen erfordert die Abschätzung der Setzungsgröße in der Regel eine sorgfältige Untersuchung der bodenmechanischen Eigenschaften des Untergrundes in der Deichtrasse. In den „Empfehlungen 1962“ (S. 123) und in der „Schlußbemerkung“ (S. 128, Ziffer 3) ist daher angeregt worden, bei Deichneubauten sowie bei Deichverstärkungen und Deicherhöhungen entsprechende Bodenuntersuchungen vorzunehmen und den zeitlichen Sackungs- und Setzungsverlauf zu messen, um zukünftig für den Deichbau Unterlagen zur besseren Beurteilung der Bodenverhältnisse zur Verfügung zu haben. Die Meßergebnisse können auch schon während der Bauausführung Hinweise geben, an welchen Deichstrecken die veranschlagten Bodenmassen verändert werden müssen.

Einige veröffentlichte Meßergebnisse von Sackungs- und Setzungsbeobachtungen beim Deichbau aus den letzten Jahren seien nachstehend zusammengestellt.

- a. Vorverlegung des Seedeiches bei Dornumer-Westeraccumer-Siel (7)
 Länge des neuen Seedeiches: 2250 m.
 Baugrund: 1 m dicke Kleischicht, darunter Sand, der in 6 m Tiefe von 1 bis 2 m starken Klei- und Torfbändern durchzogen ist.
 Meßgeräte: Setzpegel (in 50 m Abständen) zur Messung des Setz- und Sackmaßes. Ein Pegel mit Ummantelung des Pegelrohres zur Messung der Setzung.
 Meßergebnisse: Bis zum Abschluß der Bauarbeiten (6 Monate) betrug die Setzung + Sackung maximal 97 cm, minimal 23 cm (vor Beginn der Bauarbeiten wurde dieses Maß zu 100 cm errechnet). Die Setzung betrug 70 cm (etwa 6 $\frac{1}{2}$ Monate nach Baubeginn).
- b. Vorverlegung des Seedeiches bei Bongsiel (37)
 Länge des neuen Seedeiches: 7000 m.
 Baugrund: 2 m dicke Feinsandschicht, darunter organische Bodenarten (Torfe, Darg, Ton-schluffe) und dann Sand.
 Meßgeräte: 5 cm starke Rohrpegel mit angeschweißten Fußplatten (0,5 × 0,5 m).
 Meßergebnisse: In der Seedeichachse zeigten die Pegel sehr unterschiedliche Setzungsmaße an. Zwei der Pegel sind nach 4 Jahren zur Ruhe gekommen (maximales Setz- und Sackmaß etwa 165 cm); ein Pegel erreichte nach 6 Monaten das Maximum mit etwa 45 cm; der am Schüttsiel liegende Pegel zeigte nach 4 Jahren noch unvermindert anhaltendes Setzen an (bisher 95 cm).
- c. Vordeichung an der Knock (9)
 Länge des neuen Seedeiches: 1700 m.
 Baugrund: 4,1 bis 4,6 m dicke Schluff- und Schlickschicht, darunter eine bis 5,3 m starke Schicht von sandigem Schlick, dann folgen torfhaltige Schichten.
 Meßgeräte: Pegelrohre mit einer 1 m² großen Fußplatte.
 Meßergebnisse: Bei Fertigstellung des 3,4 bis 4,2 m hoch aufgeschütteten Deiches war etwa die Hälfte des Setzmaßes erreicht, dann Abklingen der Setzungen. Maximalwerte (nach 11 Monaten) 77 cm im Mittel; maximaler Wert 112 cm. Der eingespülte Sand ist nur wenige Zentimeter gesackt.

5. Versorgungsleitungen im Deich (zum Abschnitt B V der „Empfehlungen 1962“)

In den Deichkörper eingebaute Rohrleitungen für feste, flüssige oder gasförmige Stoffe und in Schutzrohren liegende Kabelleitungen können erfahrungsgemäß den Deich gefährden, indem sie bei hohen Außenwasserständen Durchsickerungen ermöglichen oder bei Brandungsschäden auf der Deichböschung zur Ausweitung der Schadensstellen führen. Auch notwendig werdende

Aufgrabungen, z. B. bei Reparaturarbeiten an den Leitungen, schwächen die Standfestigkeit des Deiches bei Sturmflut.

Zur Vermeidung derartiger Schäden ist in den „Empfehlungen 1962“ (S. 124) darauf hingewiesen, daß Versorgungsleitungen in keinem Fall in Längsrichtung im Deichkörper verlegt werden dürften und Kreuzungen von Leitungen mit Hauptdeichen auf ein Mindestmaß zu beschränken seien.

Im Hinblick auf die seit einigen Jahren sich immer mehr häufenden Anträge auf Genehmigung von Rohrverlegungen und -kreuzungen innerhalb der Deichgrenzen ist es, auch im Interesse einer einheitlichen Behandlung solcher Anträge in den vier Küstenländern Niedersachsen, Bremen, Hamburg und Schleswig-Holstein, notwendig geworden, Richtlinien für Bau und Betrieb von Versorgungsleitungen im Bereich von Hochwasserschutzanlagen aufzustellen. Es sei hier erwähnt, daß die für die mit der Bearbeitung dieser Richtlinien vom Küstenausschuß Nord- und Ostsee eingesetzte Arbeitsgruppe ihre Arbeit abgeschlossen hat, so daß mit ihrer Bekanntgabe demnächst gerechnet werden kann.

6. Deichvorland aus Verhüttungsrückständen (zum Abschnitt B VI der „Empfehlungen 1962“)

Über den Wert eines breiten und hohen Deichvorlandes als wirkungsvollen Schutz für Deiche, die dem Wellen- und Brandungsangriff bei Sturmflut ausgesetzt sind, besteht heute kein Zweifel mehr. In ihrem zusammenfassenden Bericht über die Untersuchungsergebnisse der Arbeitsgruppe „Sturmfluten“ (31) ist ausgeführt:

„Mit Sicherheit aber kann gesagt werden, daß mehr als durch jede Erhöhung die Standfestigkeit der Seedeiche durch solche Maßnahmen erhöht wird, die eine Verminderung des Wellenangriffes bewirken. Die Energie einer Welle ist etwa dem Quadrat ihrer Höhe proportional; eine Dämpfung der Seegangshöhe um nur 25 % bedeutet daher die Verminderung der Wellenenergie um fast die Hälfte. Vorlanderhöhungen und Landanwuchs stellen daher ein ausgezeichnetes Mittel zur Erhöhung der Deichsicherheit dar.“ (S. 101)

Um auch an scharliegenden Deichstrecken, vor denen sich kein natürliches Vorland, selbst mit Unterstützung durch Landgewinnungswerke, wegen der dort herrschenden Strömungsverhältnisse bilden kann, bietet sich die künstliche Schaffung eines Vorlandes entweder durch Sand- bzw. Schlickaufspülung oder durch Materialanschüttung von der Landseite her an. Dies letztgenannte Verfahren ist an einer scharliegenden Hauptdeichstrecke an der Außenems mit der Vorschüttung von Verhüttungsrückständen erprobt worden (8, 23, 25, 50). Die bei dieser Versuchsschüttung gewonnenen Erfahrungen und technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkte sind von einem Arbeitskreis des Küstenausschusses Nord- und Ostsee untersucht worden (32). Der Arbeitskreis ist zu dem Ergebnis gekommen, daß sich Verhüttungsrückstände für die Schaffung eines künstlichen Deichvorlandes hinsichtlich der Wechselbeziehungen zwischen angreifenden Wasserkraften (Strömung, Wellen, Brandung) und Lagestabilität gut eignen. Die Herstellungskosten für das laufende Meter Vorland aus Verhüttungsrückständen liegen annähernd auf gleicher Höhe wie die Kosten für die künstliche Vorlandschaffung nach anderen Verfahren, z. B. durch Sand- oder Schlickaufspülung. Wägt man die Vor- und Nachteile, die eine Aufspülung mit Wattboden bzw. eine Aufschüttung mit Verhüttungsrückständen haben, gegeneinander ab, so dürfte insgesamt der Aufspülung der Vorzug zu geben sein.

7. Deichpflege (zum Abschnitt VIII der „Empfehlungen 1962“)

7.1. Bekämpfung schädlicher Tiere in Erddeichen

In den „Empfehlungen 1962“ (S. 125) ist auf eine gute Pflege der Erddeiche im Interesse der Erhaltung ihrer Wehrkraft bei Sturmflut oder Hochwasser hingewiesen worden. Hierbei spielt die Erhaltung einer guten Grasnarbe wie auch die Bekämpfung tierischer und pflanzlicher Schädlinge, die am oder im Deich ihre Lebensbedingungen finden, eine wichtige Rolle. Über diese Probleme hat WOHLBERG (62) eine umfassende Untersuchung vorgelegt, in der er auch die Gefährdung durch die Tierwelt (Mäuse, Maulwürfe, Wildkaninchen, Füchse sowie Kleintiere, wie Käfer, Spinnen, Würmer, Maden) und auf die erforderlichen Abwehrmaßnahmen eingeht. In einem ausführlichen Schriftenverzeichnis sind die etwa seit 1930 erschienenen Veröffentlichungen aus diesem Forschungsgebiet zusammengestellt.

In den letzten Jahrzehnten hat sich als weiterer Schädling im Küstengebiet die Bismartrate bemerkbar gemacht und verschiedentlich sowohl an Haupt- und Hochwasserdeichen als auch an Vordeichen (Sommerdeichen) Schäden angerichtet. Über die Bekämpfung dieses gefährlichen Schädlings und über die Beurteilung bisansicherer Bauweisen bzw. Baustoffe haben GERSDORF (12) und STEINIGER (60) berichtet.

Eingehende Untersuchungen über die Einwirkungen von Tier- und Pflanzenbesiedlungen (Seepocken, Miesmuscheln, Algen) auf Asphaltbauwerke im Seewasser sind von der Niederländischen Arbeitsgruppe „Geschlossene Abdeckungen von Deichböschungen“ (3) und von der Forschungsstelle Norderney ausgeführt worden (46).

7.2. Beanspruchung der Küstenschutzwerke durch den Fremdenverkehr

Die Nord- und Ostseeküsten wie auch die davor liegenden Inseln und Halligen sind für die Bevölkerung des Bundesgebietes seit langem wichtige Erholungsstätten. Nach 1945 hat sich der Fremdenverkehr an der Küste durch die Motorisierung in ständig zunehmendem Maße vergrößert und sich bis heute zu einer Menschenflut gesteigert, die an vielen Strand- und Uferstrecken zu einer ernststen Gefahr für den Bestand der dort befindlichen Küstenschutzwerke zu werden droht bzw. bereits geworden ist.

Auf diese neuentstandene Gefahrenquelle ist in den „Empfehlungen 1962“ (S. 125/126) bereits hingewiesen worden. Welche Folgerungen aus dieser Entwicklung zu ziehen sind, haben RODLOFF (55) und OLSCHOWY (48) dargelegt. Wengleich diese Untersuchungen sich grundsätzlich auf die Ostseeküste beziehen, haben doch viele der gewonnenen Erkenntnisse auch für die Nordseeküste Bedeutung, für die zwar geographische Untersuchungen über den Fremdenverkehr, der nach 1945 stetig, teilweise sogar sprunghaft zugenommen hat, vorliegen (34), die sich jedoch nicht mit den hieraus zu ziehenden Folgerungen für die Strand- und Küstenschutzwerke befassen.

8. Erläuterung der in den „Empfehlungen 1962“ verwendeten Sturmflutbegriffe (zum Abschnitt C der „Empfehlungen 1962“)

In den „Empfehlungen 1962“ sind Sturmflutbegriffe verwendet worden, die nicht besonders erläutert wurden, weil sie aus den gewässerkundlichen und seebautechnischen Veröffent-

lichungen als bekannt vorausgesetzt werden konnten. Bei der praktischen Anwendung der „Empfehlungen 1962“ hat sich jedoch gezeigt, daß einige Begriffe falsch ausgelegt wurden, so daß Mißverständnisse auftraten, die zu widersprüchlichen Auffassungen führten. Die Arbeitsgruppe „Küstenschutzwerke“ hat in einem Bericht zu diesen Fällen Stellung genommen und die Widersprüche aufgeklärt (30). Es erscheint zweckmäßig, nachstehend die in Betracht kommenden Sturmflutbegriffe zu erläutern.

Sturmflut (33, 39, 43, 44)

Durch Wind, in geringem Maße auch durch Luftdruckänderung erzeugte hohe Wasserstände an der Küste und in Flußmündungsgebieten. Nach der eingetretenen Höhe des Sturmflutwasserstandes werden die Sturmfluten an der Nordseeküste unterteilt in:

leichte Sturmfluten: der höchste Wasserstand liegt im Häufigkeitsbereich 10 bis 0,5 pro Jahr,

schwere Sturmfluten: der höchste Wasserstand liegt im Häufigkeitsbereich 0,5 bis 0,05 pro Jahr,

sehr schwere Sturmfluten: der höchste Wasserstand liegt unter der Häufigkeitsgrenze 0,05 pro Jahr.

Sturmflutwasserstand (19)

Der wellenfreie Ruhewasserstand eines Sturmflutscheitels, wie er von einem gut wellengedämpften Schreibpegel aufgezeichnet wird.

maßgebender Sturmflutwasserstand (20, 27, 41, 44, 56)

Der für die Festsetzung des Besticks der Haupt- und Hochwasserdeiche maßgebende Bemessungswasserstand.

Seine Berechnung für die Deiche an der schleswig-holsteinischen Westküste ist von PETERSEN (49) und für die niedersächsische Küste von LÜDERS (40) beschrieben.

zu erwartender höchster Sturmflutwasserstand

Sturmflutwasserstand von einer Höhe, mit der im laufenden Jahrhundert (bis etwa 2050) gerechnet werden muß. Er entspricht dem maßgebenden Sturmflutwasserstand (= Bemessungswasserstand) bzw. nach SCHELLING (56) dem höchstmöglichen Sturmflutwasserstand.

höchstmögliche Sturmflut

Summe aus dem höchstmöglichen Sturmflutwasserstand und dem höchstmöglichen Wellenauflauf (20). Beide Einzelwerte stellen absolute Grenzwerte dar, die naturgesetzlich nicht überschritten werden können.

Die Vorausberechnung der höchstmöglichen Sturmflut entzieht sich der menschlichen Erkenntnis.

9. Schlußbetrachtung

(zum Abschnitt E der „Empfehlungen 1962“)

In den „Empfehlungen 1962“ (S. 128) sind verschiedene Probleme genannt, deren Untersuchung durch Beobachtungen und Versuche in der Natur und im Modell zur Klärung der Wechselwirkung zwischen den angreifenden Naturkräften und der Standfestigkeit der Küstenschutzwerke sich als notwendig herausgestellt hatte. Wie aus dem vorliegenden „Nachtrag“ zu ersehen ist, konnten in den seit der Veröffentlichung der „Empfehlungen 1962“ verflossenen Jahren wesentliche neue Erkenntnisse auf den genannten Forschungsgebieten erreicht werden. Ebenso sind bei der baulichen Gestaltung der Deiche und ihrer Anlagen wichtige Erkenntnisse gewonnen worden.

Trotz aller Fortschritte, die nach der Februar-Sturmflut 1962 auf dem Gebiet des Küstenschutzes bisher erreicht werden konnten, bleibt aber noch viel zu tun, um alle Gefahren der See, die das Küstenland und seine Bewohner zukünftig bedrohen, zu jeder Zeit ausreichend abwehren zu können.

Schriftenverzeichnis

1. BISCHOFF VAN HEEMSKERCK, W. C.: Wasserspannungen unter Asphaltdeckwerken von Deichen. – Wasser und Boden 15 (1963), H. 5.
2. DAVIDENKOFF, R.: Deiche und Erddämme. – Sickerströmung und Standsicherheit. Werner-Verlag Düsseldorf, 1964.
3. Deutsche Gesellschaft für Erd- und Grundbau: Deutsche Übersetzung des „Voorlopig Rapport 1961“ der „Werkgroep Gesloten Dijkbekledingen“. – Essen 1963.
4. Deutsche Gesellschaft für Erd- und Grundbau, Arbeitskreis „Asphaltbauweisen“: Empfehlungen für die Ausführung von Asphaltarbeiten im Wasserbau. – Essen 1964.
5. DRESKE, G.: Der Wellenschreiber WES – 63 der Forschungsstelle Norderney. – Forschungsstelle Norderney, Jahresbericht 1963, Band XV, Norderney 1964.
6. DRINGKERN, G.: Die Binnenberme mit dem Ringschlot bei Hauptdeichen. – Wasser und Boden 15 (1963), H. 11.
7. DRINGKERN, G.: Seedeichbau in Ostfriesland bei Dorumer- und Westeraccumersiel. – Wasser und Boden 16 (1964), H. 8.
8. ERCHINGER, H. F.: Küstenschutz durch Vorlandgewinnung. – Wasser und Boden 19 (1967), H. 10.
9. ERCHINGER, H. F.: Deichbau an der Knock. – Wasser und Boden 21 (1969), H. 2.
10. FRANZIUS, L.: Wirkung und Wirtschaftlichkeit von Rauhdeckwerken im Hinblick auf den Wellenauflauf. – Mitt. Franzius-Institut H. 25, Hannover 1965.
11. FÜHRBÖTER, A.: Der Druckschlag durch Brecher auf Deichböschungen. – Mitt. Franzius-Institut H. 28, Hannover 1966.
12. GERSDORF, E.: Zur Bisam-Abwehr. – Wasser und Boden 22 (1970), H. 2.
13. GISZAS, H.: Wasserstandsaufzeichnungen von der Elbe aus den Jahren 1811 bis 1813. – Hamburger Küstenforschung, H. 5, Hamburg 1969.
14. GRÜTTNER, H.: Die Abdeichung der Pinnau- und Krückau-Mündungsgebiete. – Wasser und Boden 22 (1970), H. 4.
15. Hamburg (Landesverwaltung): Jahresbericht der Wasserwirtschaft für das Rechnungsjahr 1962. – Wasser und Boden 15 (1963), H. 3/4.
16. HENSEN, W.: Modellversuche über den Wellenauflauf an Seedeichen im Wattengebiet. – Mitt. Franzius-Institut, H. 5, Hannover 1954.
17. HENSEN, W.: Modellversuche zur Bestimmung des Einflusses der Form eines Seedeiches auf die Höhe des Wellenauflaufes. – Mitt. Franzius-Institut, H. 7, Hannover 1955.
18. HENSEN, W.: Modellversuche für die Elbe. Franzius-Institut der TH Hannover, 1964 (unveröffentlicht).
19. HENSEN, W.: Bericht der Arbeitsgruppe „Sturmfluten“ im Küstenausschuß Nord- und Ostsee. – Die Küste 14 (1966), H. 1.
20. HUNDT, CL.: Maßgebende Sturmfluthöhen für das Deichbestick der schleswig-holsteinischen Westküste. – Die Küste 3 (1955), H. 1/2.
21. HUNDT, CL.: Der maßgebende Sturmflutseegegang und Wellenauflauf für das Deichbestick der deutschen Nordseeküste auf Grund der Sturmflut vom 16. Februar 1962. – Die Küste 10 (1962), H. 2.
22. HUNDT, CL.: Beitrag zur Frage des maßgebenden Sturmflutseegegangs vor einem Deich am Watt, Beispiel Büsum. – Die Küste 10 (1962), H. 2.
23. JANSSEN, TH.: Gutachten über die Möglichkeit der Unterbringung von Verhüttungsrückständen im Vorfeld der niedersächsischen Nordseeküste (vom 5. 12. 1964), unveröffentlicht.
24. KLEMP, W.: Wasserstandsbeobachtung in Deichen. – Wasser und Boden 18 (1966), H. 11.
25. KRAMER, J.: Neue Deiche, Siele und Schöpfwerke zwischen Dollart und Jadebusen (ab 1945). In: Ostfriesland im Schutze des Deiches, Band II. – Pewsum (Ostfr.) 1969.

26. KRÜGER, H.: Die Sturmflutsperrwerke in den Mündungen der Krückau und Pinnau. – Wasser und Boden 22 (1970), H. 4.
27. Küstenausschuß Nord- und Ostsee, Arbeitsgruppe „Sturmflut vom 1. Februar 1953“: Empfehlung für die Ermittlung eines „maßgebenden Sturmflutwasserstandes“ für die Bemessung der Seedeiche. – Die Küste 4 (1955), S. 53/54.
28. Küstenausschuß Nord- und Ostsee, Arbeitsgruppe „Küstenschutzwerke“: Empfehlungen für den Deichschutz nach der Februar-Sturmflut 1962. – Die Küste 10 (1962), H. 1.
29. Küstenausschuß Nord- und Ostsee, Arbeitsgruppe „Sturmfluten“: Ergebnisbericht 1: Der maßgebende Sturmflutseegang und Wellenauflauf an den Deichen. – Die Küste 10 (1962), H. 2.
30. Küstenausschuß Nord- und Ostsee, Arbeitsgruppe „Küstenschutzwerke“: Stellungnahme zur Kritik der „Empfehlungen für den Deichschutz nach der Februar-Sturmflut 1962“ im Jahrbuch der Hafentechnischen Gesellschaft, 1966. – Bericht vom 4. 7. 1967, unveröffentlicht.
31. Küstenausschuß Nord- und Ostsee, Arbeitsgruppe „Sturmfluten“: Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse der ehemaligen Arbeitsgruppe „Sturmfluten“ und Empfehlungen für ihre Nutzenanwendung beim Seedeichbau. – Die Küste, 1969, H. 17.
32. Küstenausschuß Nord- und Ostsee, Fachgebiet „Küstenschutz“ des Technisch Wissenschaftlichen Beirats: Deichsicherung durch Verhüttungsrückstände. – Die Küste 1969, H. 18.
33. Küsten-Pegelausschuß: Zusammenstellung gewässerkundlicher Fachausdrücke aus dem Küsten- und Tidegebiet. – Unveröffentlicht.
34. KULINAT, KL.: Geographische Untersuchungen über den Fremdenverkehr der niedersächsischen Küste. – Veröff. Nieders. Inst. für Landeskunde und Landesentwicklung, NF Reihe A Bd. 92, 1969.
35. LAUCHT, H.: Hochwasserschutz im Hafen Hamburg (Teil 1 und 2). – Jahrb. HTG 29 (1964) und 30 (1966/68).
36. LAUCHT, H.: Über hohe Sturmfluten und ihre Häufigkeit in Hamburg. – Schriftenreihe der Behörde für Wirtsch. u. Verkehr der Freien und Hansestadt Hamburg, Nr. 4, 1967.
37. LEBHERZ, D.: Hochwasserentlastung Bongsiel an der schleswig-holsteinischen Westküste. – Wasser und Boden 16 (1964), H. 8.
38. LIESE, R.: Beitrag zur Klärung der Brandungsschäden an den Deichen. – Deutsche Gewässerkl. Mitt. 6 (1962), H. 4.
39. LÜDERS, K.: Was ist eine Sturmflut? – Wasser und Boden 8 (1956), H. 1.
40. LÜDERS, K.: Wiederherstellung der Deichsicherheit an der deutschen Nordseeküste von der holländischen Grenze bis zur Elbe. – Wasser und Boden 9 (1957), H. 2.
41. LÜDERS, K.: Bericht der Arbeitsgruppe „Küstenschutzwerke“. – Die Küste 14 (1966), H. 1.
42. LÜDERS, K.: Veröffentlichungen über die Februar-Sturmflut 1962 (Stand 1966). – Die Küste 14 (1966), H. 1.
43. LÜDERS, K.: Kleines Küstenlexikon (2. Aufl.). – Hildesheim, 1967.
44. LÜDERS, K., und LEIS, G.: Kommentar zum Niedersächsischen Deichgesetz. – Hamburg 1964.
45. MEENEN, K., und COUSIN, B.: Untersuchungen zur Profilgestaltung der Hamburger Deiche. – Wasser und Boden 16 (1964), H. 8.
46. MÜLLER, C. D.: Untersuchungen über die Einwirkungen von Tier- und Pflanzenbesiedlungen auf Asphaltbauwerke im Seewasser. – Forschungsstelle Norderney, Jahresbericht 1966, Band XVIII, Norderney 1968.
47. NAUJOKS, L.: Vorschläge für die Verdichtung von Klei. – Wasser und Boden 15 (1963), H. 7.
48. OLSCHOWY, G.: Landespflegerische Probleme an der deutschen Ostseeküste. – Wasser und Boden 22 (1970), H. 2.
49. PETERSEN, M.: Über die Grundlagen zur Bemessung der schleswig-holsteinischen Landesschutzdeiche. – Die Küste 3 (1955), H. 1/2.
50. RAGUTZKI, G.: Bodenphysikalische Untersuchungen zur Frage der Verwendbarkeit von Verhüttungsrückständen im Küstenschutz. – Forschungsstelle Norderney, Jahresbericht 1966, Band XVIII, Norderney 1968.
51. RAGUTZKI, G.: Beurteilung von Kleiabdeckungen ostfriesischer Seedeiche auf der Grundlage bodenphysikalischer Kennwerte. – Forschungsstelle Norderney, Jahresbericht 1967, Band XIX, Norderney 1969.
52. RODEWALD, M.: Zur Frage der Böigkeit des Windes bei Sturmflut-Wetterlagen. – Die Küste, 1968, H. 1.

53. RODLOFF, W.: Gedanken über Deichprofile und ihre Gestaltung nach der Sturmflut vom 16./17. 2. 1962. – Dienstbericht vom 19. 6. 1962, unveröffentlicht.
54. RODLOFF, W.: Über die Form von Seedeichen mit Grasdecke. – Wasser und Boden 15 (1963), H. 2.
55. RODLOFF, W.: Über den Einfluß des Fremdenverkehrs auf die Schutzanlagen der Ostseeküste Schleswig-Holsteins und die daraus zu ziehenden Folgerungen. – Die Wasserwirtschaft 56 (1966), H. 12.
56. SCHELLING, H.: Die Sturmfluten an der Westküste von Schleswig-Holstein. – Die Küste 1 (1952), H. 1.
57. SIEFERT, W.: Sturmflutvorhersage für den Tidebereich der Elbe aus dem Verlauf der Windstaukurve in Cuxhaven. – Mitt. Franzius-Institut, H. 30, Hannover 1968.
58. SIEFERT, W.: Die Sturmflut von 1825 in der Elbe. – Hamburger Küstenforschung, H. 5, Hamburg 1969.
59. STEFAN, H.: Bemerkungen zur Durchlässigkeit von Sandschüttungen. – Wasser und Boden 19 (1967), H. 9.
60. STEINIGER: Wühltierwirkung auf Deichbaufolien. – Wasser und Boden 20 (1968), H. 8.
61. WISMER: Untersuchungen über den Einfluß des Oberwassers der Elbe auf die Wasserstände an den Pegeln Cuxhaven-Steubenhöft und Hamburg-St. Pauli. – Kleine Studie 51 der Wass.-u. Schiff.Dir. Hamburg, 1966.
62. WOHLBERG, E.: Deichbau und Deichpflege auf biologischer Grundlage. – Die Küste 13 (1965).
63. ZEHLE, D.: Das Profil von Seedeichen und Deckwerken. – Wasser und Boden 15 (1963), H. 11.
64. ZITSCHER, F. F.: Analyse zur Bemessung von Außenböschungen scharliegender Seedeiche gegen Wellenbeanspruchung. – Wasser und Boden 14 (1962), H. 10.
65. ZÖLLNER, E.: Entwässerung von Deichkörpern mit Sandkern und Kleiabdeckung. – Wasser und Boden 15 (1963), H. 11.

Empfehlung für Richtlinien für Verlegung und Betrieb von Leitungen im Bereich von Hochwasserschutzanlagen

Küstenausschuß Nord- und Ostsee, Arbeitsgruppe „Versorgungsleitungen im Bereich von Hochwasserschutzanlagen“

Summary

Pipe lines and cables in earth dikes were the reason that during the very heavy storm surge of February 1962 damages on dikes originated from wave action or were widened. To prevent such damages in the future regulations had to be set up to the subject of proper installation of pipe lines transporting water, oil, gas, and electric and telephone cables crossing dikes built of earth or solid matter. Administrative directions and technical instructions for planing, design, construction, and operation of pipe lines and cables are fixed in this recommendations worked out by a committee of experts of the „Küstenausschuß Nord- und Ostsee“.

Inhalt

A. Allgemeine Bestimmungen	63
1. Begriffsbestimmungen	64
1.1 Hochwasserschutzanlage	64
1.2 Leitungen	64
2. Deichrechtliche Genehmigung	64
2.1 Allgemeines	64
2.2 Genehmigungsbehörden	64
2.3 Unterlagen für den Genehmigungsantrag	64
2.4 Allgemeine Auflagen und Bedingungen	65
3. Bauausführung	65
3.1 Bauzeit	65
3.2 Bedingungen	65
4. Bauabnahme und Inbetriebnahme	66
5. Gewährleistung	66
6. Betriebsüberwachung	67
7. Außerbetriebsetzung	67
B. Technische Bestimmungen	
1. Linienführung von Leitungen in Hochwasserschutzanlagen	67
1.1 Linienführung im Grundriß	67
1.2 Linienführung im Querschnitt	68
2. Sicherheitsanforderungen und Bemessung	
2.1 Sicherheitsanforderungen	68
2.2 Bemessung	69
3. Bauliche Grundsätze und konstruktive Gestaltung	69
3.1 Allgemeines	69
3.2 Einbau von Schutzrohren und Sammelkanälen	69
3.3 Manschetten (Dichtungsschürzen)	70
3.4 Dichtungen zwischen Transport- und Schutzrohr	70
3.5 Schächte	70
3.6 Absperrorgane	70
4. Werkstoffe	71
4.1 Allgemeines	71
4.2 Rohre	71
4.2.1 Stahlrohre und duktile Gußrohre	71
4.2.2 Stahlbetonrohre	71

4.2.3 Kunststoffrohre	71
4.3 Dichtungen zwischen Transport- und Schutzrohr	72
4.4 Manschetten (Dichtungsschürzen)	72
Anhang: Deichgesetzliche Nachweise	72

Vorbemerkung¹⁾

Leitungen in Erddeichen waren in der Februarsturmflut 1962 mehrfach die Ursache dafür, daß Schäden an Deichen entstanden oder sich ausweiteten. Aufgrabungen zur Verlegung von Leitungen und Durchsickerung des sie umgebenden Bodens bilden nach den damaligen Beobachtungen Gefahren, denen es durch die Beachtung technischer Regeln für Bau und Betrieb von Leitungen zu begegnen gilt, sofern es sich nicht überhaupt vermeiden läßt, Leitungen innerhalb des Bereiches vorhandener oder geplanter Hochwasserschutzanlagen zu verlegen.

Aus der Forderung, künftig derartige Gefahren zu vermindern und Schäden möglichst zu vermeiden, entstand die Notwendigkeit, „Richtlinien für Verlegung und Betrieb von Leitungen im Bereich von Hochwasserschutzanlagen“ aufzustellen. Sie wurde noch verstärkt durch den in den letzten Jahren einsetzenden Bau von zahlreichen Flüssigkeits- und Gasleitungen mit großem Durchmesser, welche die Hochwasserschutzanlagen an der Küste und den Tideflüssen kreuzen. Als Transportleitungen für die übergebieliche Versorgung berühren diese häufig mehrere Küstenländer.

Auf das jeweilige Landesrecht der Küstenländer Bremen, Hamburg, Niedersachsen und Schleswig-Holstein ist im Teil A „Allgemeine Bestimmungen“ hingewiesen. Im Teil B „Technische Bestimmungen“ sind die technische Gestaltung und die Sicherheitsanforderungen für Leitungen in Hochwasserschutzanlagen behandelt.

A. Allgemeine Bestimmungen

Leitungen in Hochwasserschutzanlagen können nur aus unabdingbaren versorgungstechnischen Gründen gestattet werden; wirtschaftliche Gesichtspunkte allein rechtfertigen nicht die Verlegung von Leitungen in Hochwasserschutzanlagen.

Die Richtlinien sind zu beachten, wenn im Bereich einer Hochwasserschutzanlage der Hauptdeichlinie Leitungen zu verlegen, zu betreiben, zu unterhalten, zu erneuern, zu verändern oder zu beseitigen sind. In Planfeststellungsverfahren und bei deichrechtlichen Genehmigungen sind diese Richtlinien nach Maßgabe der geltenden Rechtsvorschriften und -grundsätze zu berücksichtigen.

¹⁾ Für die Bearbeitung der nachstehenden Empfehlungen, die von den jeweiligen Landesbehörden als Richtlinien eingeführt werden sollen, wurde vom „Küstenausschuß Nord- und Ostsee“ ein Arbeitskreis berufen, dem angehörten:

Baudirektor KRAMER (Leiter des Arbeitskreises)	Aurich	Dipl.-Ing. METZLER	Hamburg
Baudirektor KÜBLER	Hamburg	Dipl.-Ing. PETERSOHN	Aurich
Regierungsdirektor a. D.		Regierungsbaudirektor	
Dr.-Ing. LÜDERS	Hannover	Dr.-Ing. RODLOFF	Kiel
		Baudirektor TRAEGER	Bremen

Allen Dienststellen, Verbänden und Firmen, die durch Beratung und Stellungnahme den Arbeitskreis unterstützt und gefördert haben, sei an dieser Stelle gedankt.

Bei Hochwasserschutzanlagen, die nicht Hauptdeiche sind (2. Deichlinie), können geringere, als in diesen Richtlinien enthaltene, Anforderungen gestellt werden.

1. Begriffsbestimmungen

1.1 Hochwasserschutzanlage

Der Begriff „Hochwasserschutzanlage“ mit ihren Bestandteilen und ihrem Zubehör richtet sich nach dem jeweiligen Landesrecht (1)²⁾, (2), (3), (4).

1.2 Leitung

Unter dem Begriff „Leitung“ werden hier Rohrleitungen für feste, flüssige und gasförmige Stoffe sowie Kabel einschl. der Schutzrohre und aller zugehörigen Teile und Anlagen im Bereich der Hochwasserschutzanlagen verstanden (5).

2. Deichrechtliche Genehmigung

2.1 Allgemeines

Für jede im Bereich einer Hochwasserschutzanlage zu verlegende, zu erneuernde, zu verändernde oder zu beseitigende Leitung ist eine deichrechtliche Genehmigung erforderlich. Sie beinhaltet die bauliche Gestaltung, die Bauausführung und die Betriebsweise mit allen kennzeichnenden Daten.

Die Genehmigung wird gemäß den landesgesetzlichen Bestimmungen und unter Berücksichtigung dieser Richtlinien erteilt (6), (7), (8), (9). Ein Planfeststellungsbescheid ersetzt gegebenenfalls die Genehmigung.

2.2 Genehmigungsbehörden

Land Bremen:	Die Wasserbehörde
Land Hamburg:	Die Baubehörde
Land Niedersachsen:	Der Regierungs- bzw. Verwaltungspräsident
Land Schleswig-Holstein:	Der Landrat als Deichbehörde

2.3 Unterlagen für den Genehmigungsantrag

Dem Antrag sind beizufügen:

- a) Erläuterungsbericht mit Bauzeitenplan. (Beim Aufstellen des Bauzeitenplans ist eine angemessene Zeit für außerordentliche Erschwernisse hinzuzurechnen.)
- b) Übersichtsplan.
- c) Lageplan der Leitung im Bereich der Hochwasserschutzanlage.

²⁾ S. Anhang: Deichgesetzliche Nachweise.

- d) Ausführungszeichnungen mit Höhenangaben – auf NN bezogen –, aus denen alle technischen Einzelheiten (vgl. Teil B) und der Querschnitt der Hochwasserschutzanlage hervorgehen.
- e) Berechnungen im notwendigen Umfang.
- f) Weitere Unterlagen auf Anforderung der Genehmigungsbehörde.

2.4 Allgemeine Auflagen und Bedingungen

Mit den Bauarbeiten im Bereich der Hochwasserschutzanlagen darf erst begonnen werden, wenn der Genehmigungsbescheid oder der sonstige Gestattungsakt unanfechtbar oder für sofort vollziehbar erklärt worden ist.

Für die Erfüllung der geforderten Auflagen kann von der Genehmigungsbehörde die Leistung einer Sicherheit nach den Vorschriften des BGB verlangt werden. Die Sicherheitsleistung wird nach Abnahme der Bauarbeiten bzw. nach Ende der Gewährleistungsfrist auf Antrag des Genehmigungsinhabers freigegeben.

Außer den in der Genehmigung enthaltenen Auflagen und Bedingungen sind beim Bau von Leitungen im Bereich einer Hochwasserschutzanlage besonders auch die in den Bauordnungen der Länder – soweit zutreffend – enthaltenen allgemeinen Anforderungen zu beachten.

Die privatrechtlichen Verhältnisse bleiben durch die Genehmigung oder den sonstigen Gestattungsakt unberührt.

Sämtliche beim Bau von Leitungen verwendeten Hilfseinrichtungen, wie Baugrubenumschließungen (Spundwände), Schalungselemente, Rohrleitungen (zur Wasserhaltung) usw., dürfen nicht im Bereich der Hochwasserschutzanlage verbleiben, sofern das im Genehmigungsbescheid nicht ausdrücklich gestattet oder verlangt ist.

Von der Genehmigung darf nicht abgewichen werden; Änderungen bedürfen einer erneuten Genehmigung (siehe Teil A, 2.1).

Wenn der Hochwasserschutz es erfordert, müssen Leitungen geändert, außer Betrieb gesetzt und ganz oder teilweise beseitigt werden. Entstehende Kosten gehen zu Lasten des Genehmigungsinhabers (10).

3. Bauausführung

3.1 Bauzeit

Bauarbeiten im Bereich von Hochwasserschutzanlagen dürfen nicht vor dem 15. April begonnen werden und müssen grundsätzlich bis zum 31. August desselben Jahres beendet sein.

Der Baubeginn muß der in der Genehmigung genannten Stelle, die in der Regel auch die Bauarbeiten überwacht, mindestens 14 Tage vorher schriftlich angezeigt werden (11).

3.2 Bedingungen

Der Genehmigungsinhaber hat vor Baubeginn die Leitungstrasse örtlich abzustecken und von der bauaufsichtsführenden Stelle abnehmen zu lassen. Ferner hat der Genehmigungsinhaber, wenn in der Genehmigung gefordert, einen auf NN bezogenen Höhenbolzen zu setzen. Abstecklinie und Höhenbolzen sind auch während der Bauzeit zu erhalten und gegen Ver-

schiebung zu sichern. Die Linienführung ist vom Genehmigungsinhaber nach Beendigung der Bauarbeiten im Einvernehmen mit der Genehmigungsbehörde dauerhaft zu vermarken.

Der Genehmigungsinhaber hat dafür zu sorgen, daß alle sich auf das Bauvorhaben beziehenden Genehmigungsunterlagen (beglaubigte Mehrfertigungen) und evtl. Arbeitsanweisungen auf der Baustelle vorhanden sind. Ein Bautagebuch muß ordnungsgemäß geführt werden.

Unabhängig von etwaigen Weisungen der Genehmigungsbehörde hat der Genehmigungsinhaber während der Bauzeit alle Maßnahmen zu treffen, um den Baustellenbereich gegen Hochwasser zu schützen. Ist die Deichsicherheit durch erhöhte Wasserstände während der Bauzeit gefährdet, haben der Genehmigungsinhaber und der Bauausführende zur Deichverteidigung für den Bereich der Baustelle bereitzustehen.

In allen Fragen der Deichsicherheit müssen besonders die Weisungen der Genehmigungsbehörde oder des von ihr mit der Überwachung Beauftragten befolgt werden.

Die Genehmigungsbehörde kann nach Maßgabe der geltenden Rechtsvorschriften und Rechtsgrundsätze auch nachträglich zusätzliche Auflagen festsetzen, um Gefahren für die Deichsicherheit zu vermeiden.

4. Bauabnahme und Inbetriebnahme

Jede Leitung und die damit zusammenhängenden Bauarbeiten müssen behördlich und – soweit erforderlich – durch andere zuständige Stellen (TÜV u. ä.) abgenommen werden, und zwar jeweils zu einem Zeitpunkt, der eine einwandfreie technische Beurteilung ermöglicht (11).

Bei der Abnahme des gesamten Bauvorhabens sind – sofern gefordert – vom Genehmigungsinhaber die Prüfungszeugnisse einzelner Bauteile vorzulegen.

Zu prüfen sind besonders

- a) die Umhüllung von Stahlrohren vor dem Einbau der Rohre auf einwandfreien Zustand mit einem elektrischen Hochspannungs-Isolations-Prüfgerät bei einer Spannung von mindestens 20 kV oder mit einem gleichwertigen Prüfverfahren,
- b) die Wirksamkeit eines kathodischen Korrosionsschutzes durch einen Sachverständigen (z. B. TÜV),
- c) sämtliche bei der Verlegung von Stahlrohren anfallenden Schweißnähte (Durchstrahlung, Durchschallung o. ä.) und
- d) die Dichtigkeit und Festigkeit einer Rohrleitung mittels einer Druckprobe.

Von jeder Abnahme ist eine Niederschrift zu fertigen und vom Genehmigungsinhaber gegenzuzeichnen.

Der Genehmigungsbehörde sind vom Genehmigungsinhaber Bestandspläne zu übergeben. Auch vorher genehmigte Abweichungen von der Materialart und -güte, den Wanddicken, dem äußeren und inneren Durchmesser, dem Nenndruck, dem Prüfdruck, dem Korrosionsschutz usw. müssen angegeben werden.

Bei der Abnahme festgestellte Mängel müssen unverzüglich beseitigt werden.

Grundsätzlich dürfen nur endgültig abgenommene Anlagen in Betrieb genommen werden.

5. Gewährleistung

Der ordnungsgemäße Zustand der Hochwasserschutzanlage (Deich) ist bis zwei Jahre nach der Abnahme vom Genehmigungsinhaber zu gewährleisten. Nachbesserungen müssen – notfalls auch wiederholt – auf Anforderung der Genehmigungsbehörde unverzüglich vorgenommen werden (Sicherheitsleistung siehe Teil A, 2.4).

6. Betriebsüberwachung

Der Genehmigungsinhaber hat seine Anlagen stets im genehmigten Zustand zu erhalten. Die Funktionsfähigkeit ist auf Anforderung jederzeit nachzuweisen.

Der Genehmigungsinhaber hat Mängel und Schäden an seiner Anlage sofort abzusichern, der Genehmigungsbehörde unverzüglich anzuzeigen und nach Abstimmung mit der Genehmigungsbehörde ohne Verzug zu beseitigen. Andernfalls können sie nach Maßgabe der Rechtsvorschriften durch Ersatzvornahme behoben werden.

Der Genehmigungsinhaber muß bei der Abnahme angeben, wie und durch wen die Leitung kurzfristig abgesperrt bzw. stromlos gemacht werden kann; Veränderungen sind umgehend mitzuteilen.

Die Wirksamkeit des kathodischen Korrosionsschutzes von Leitungen aus Stahl ist mindestens jährlich zu prüfen (Messung des Rohr-Boden-Potentials).

7. Außerbetriebsetzung

Der Genehmigungsinhaber hat die vollständige oder teilweise Stilllegung einer Leitung der Genehmigungsbehörde innerhalb eines Monats mitzuteilen.

Wird die Genehmigung widerrufen, kann die Genehmigungsbehörde unter Auflagen fordern, daß die Leitung innerhalb einer angemessenen Frist vollständig oder teilweise beseitigt und/oder anders ein ordnungsgemäßer Zustand der Hochwasserschutzanlage wiederhergestellt wird (12).

B. Technische Bestimmungen

1. Linienführung von Leitungen in Hochwasserschutzanlagen

1.1 Linienführung im Grundriß

Leitungen dürfen innerhalb der Grenzen von Hochwasserschutzanlagen grundsätzlich nicht parallel zu diesen verlegt werden. Ist ein Kreuzen der Hochwasserschutzanlage unvermeidbar, müssen die Leitungen möglichst rechtwinklig zu deren Achse liegen.

Leitungsnetze vor und hinter der Hochwasserschutzanlage sind voneinander getrennt anzuordnen und nur dort zu verbinden, wo es unbedingt notwendig ist. Das Zusammenlegen verschiedenartiger Leitungen (Sammelkanäle) kann verlangt werden (siehe Teil B, 3.2).

Innerhalb des Deichkörpers sind bei Leitungen folgende lichte Mindestabstände untereinander einzuhalten:

- 0,2 m bei Kabelleitungen bis 100 mm Durchmesser
- 1,0 m bei Leitungen mit einem Durchmesser bis 300 mm
- 2,0 m bei Leitungen mit einem Durchmesser über 300 mm

Diese Abstände gelten nicht für Leitungen oberhalb des Deichkörpers und in Sammelkanälen.

15,0 m sind als Mindestabstand der Leitungen zu Anlagen in der Hochwasserschutzanlage (Siele, Schöpfwerk u. ä.) einzuhalten.

Die Untergrundverhältnisse, besonders die Setzungsempfindlichkeit einer Bodenschichtung, können zu einer Abweichung von der geplanten Trasse zwingen.

1.2 Linienführung im Querschnitt

Leitungen können oberhalb (Abb. 1) oder innerhalb des Deichkörpers (Abb. 2) oder im Deichuntergrund angeordnet werden (Abb. 3). Im Einzelfall ist zu prüfen, welche Art der Leitungsführung zweckmäßig ist. Dabei sind die Untergrundverhältnisse, die Art der Leitung, des Fördergutes und der Hochwasserschutzanlage zu berücksichtigen.

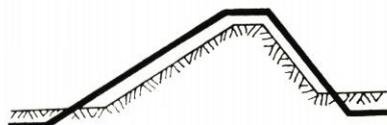


Abb. 1

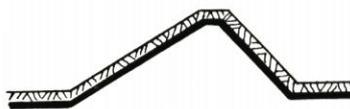


Abb. 2

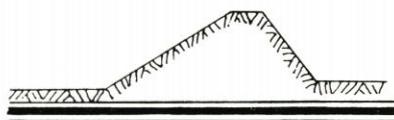


Abb. 3

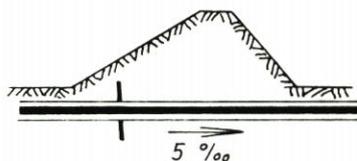


Abb. 4



Abb. 5

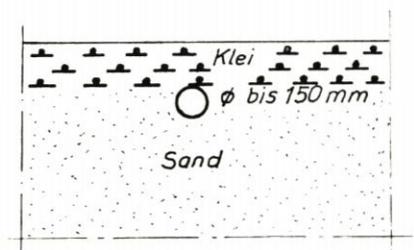


Abb. 6

Abb. 1-6. Schematische Darstellung der Lage von Leitungen

2. Sicherheitsanforderungen und Bemessung

2.1 Sicherheitsanforderungen

Die Rohrlängen sind so zu wählen, daß im Kreuzungsbereich möglichst wenige Verbindungen notwendig sind; diese dürfen nicht zu einer Schwächung der Leitung führen. Dichtungen müssen alterungsbeständig sein. Leitungen sind korrosionsfest zu gestalten.

Leitungen oberhalb des Deichkörpers sind zu dessen Schutz gegen Schäden durch Austreten von Gas oder Flüssigkeiten aus der Leitung auf einer ausreichend breiten und dicken Dichtung zu verlegen (Abb. 5). Dafür geeignet sind: Verbundpflaster mit plastischem Fugenverguß, Asphaltbetondecke o. ä. Die Erdüberdeckung einer derartigen Leitung ist mit einer Neigung von 1:20 an das Deichprofil anzugleichen (Abb. 5).

Leitungen innerhalb des Deichkörpers dürfen aus Gründen der Deichsicherheit nur bis zu einem Durchmesser von 150 mm zugelassen werden, müssen mindestens 1,0 m Überdeckung aufweisen und bei Deichen mit Sandkern stets unterhalb der Abdeckung verlaufen. Noch tiefer dürfen sie jedoch nur verlegt werden, wenn es aus anderen Gründen (z. B. Frostsicherheit) zwingend notwendig ist (Abb. 6). Die Leitungen müssen genügend flexibel sein, um Bewegungen des Deichkörpers folgen zu können. Sie sollen im Bereich der Hochwasserschutzanlage aus einem Stück bestehen. Wenn auf ein Schutzrohr verzichtet wird, ist die Wandstärke der Rohrleitung zu erhöhen (siehe Teil B, 2.2).

Im Deichuntergrund sind die Leitungen in Schutzrohren zu verlegen; dadurch wird im allgemeinen ein Auswechseln der Transportrohre und Kabel ohne Beeinträchtigung der Deichsicherheit möglich. Schutzrohre bieten bei Undichtigkeiten des Transportrohres Sicherheit gegen Eindringen des Fördergutes in den Deichkörper.

2.2 Bemessung

Leitungen in Hochwasserschutzanlagen sind so auszubilden, daß sie Erd- und Wasserdruck, Verkehrslasten, Kräfte infolge von Bodenbewegungen und Auftrieb sowie den ungünstigsten Innendruck nach den für die anschließenden Strecken geltenden Bestimmungen und Vorschriften schadlos aufnehmen können.

Die Sicherheit des Leitungsteiles innerhalb der Grenzen einer Hochwasserschutzanlage ist gegenüber den anschließenden Leitungsstrecken um mindestens 25 % zu erhöhen.

Bei Flüssigkeitsleitungen ist die Sicherheit gegen Druckstoßbelastung nachzuweisen.

Bestehen Unsicherheiten über die Größe entlastender Annahmen, so sind diese bei der Bemessung unberücksichtigt zu lassen.

3. Bauliche Grundsätze und konstruktive Gestaltung

3.1 Allgemeines

Zur Überwachung der Dichtigkeit von Leitungen mit Schutzrohr sind binnendeichs grundsätzlich Schächte anzuordnen (ausgenommen Gasleitungen). Wenn Schächte fehlen, sind Standrohre zur Abführung austretenden Fördergutes vorzusehen, die 1,0 m über Gelände enden. Um wassergefährdende Medien schadlos abzuleiten, sind Sondermaßnahmen erforderlich.

Die Dichtigkeit des Schutzrohres muß prüfbar sein; von außen eingedrungenes Wasser muß ohne Schwierigkeiten festgestellt werden können.

Bei Flüssigkeits- und Gasleitungen sind binnen- und erforderlichenfalls auch außendeichs Absperrorgane anzuordnen.

An Leitungen im Deichuntergrund sind zur Verlängerung des Sickerweges grundsätzlich Manschetten anzubringen (Abb. 4).

3.2 Einbau von Schutzrohren und Sammelkanälen

Erddeiche dürfen wegen der Gefahr der Hohlraumbildung auf keinen Fall durchbohrt werden. Auch Stoßbohrverfahren sind unzulässig.

Beim Durchpressen ist Hohlraumbildung durch besondere Sorgfalt zu vermeiden. Der Boden darf nur jeweils bis 1,0 m hinter der Preßschiene entfernt werden. Die Preßbaugrube ist grundsätzlich binnendeichs anzuordnen.

Bei einer Leitung im Deichuntergrund ist das Schutzrohr mit einem Gefälle von mindestens 5 ‰ nach binnendeichs zu verlegen (Abb. 4). Schutzrohre sind auch außerhalb der Hochwasserschutzanlage in einem bestimmten Bereich fortzuführen, der im Einzelfall von der Genehmigungsbehörde festgelegt wird.

Die Schutzrohre sind wie die Transportrohre zu bemessen (siehe Teil B, 2.2).

Sollen mehrere (auch verschiedenartige) Leitungen in nicht allzu großem Abstand voneinander die Hochwasserschutzanlage kreuzen, kann die Genehmigungsbehörde die Zusammenlegung in einem Sammelkanal anordnen. Vom Antragsteller sind ausreichende Reserven vorzusehen.

3.3 Manschetten (Dichtungsschürzen)

Zur Verlängerung des Sickerweges sind senkrecht zu den Schutzrohren Manschetten anzubringen. Sie müssen ausreichend groß sein und wasserdicht am Schutzrohr anliegen.

Ist mit größeren unterschiedlichen Bewegungen zu rechnen, muß die Verbindung flexibel ausgebildet werden.

3.4 Dichtungen zwischen Transport- und Schutzrohr

Das Schutzrohr ist außendeichs so gegen das Transportrohr zu dichten, daß

- a) bei einem Wasserdruck von 10 m Wassersäule kein Außenwasser in das Schutzrohr eindringt,
- b) der größte Betriebsdruck des Transportrohres aufgenommen werden kann,
- c) Transport- und Schutzrohr sich den Veränderungen des Untergrundes anpassen können, ohne daß die Dichtung durchlässig wird und
- d) Transportrohre und Kabel ohne Veränderungen am Schutzrohr ausgewechselt werden können.

Binnendeichs ist bei Flüssigkeits- und Gasleitungen eine Vorrichtung anzubringen, durch die das bei Leckage des Transportrohres ins Schutzrohr eingedrungene Medium schadlos austreten kann (siehe Teil B, 3.1). Das gleiche gilt für sämtliche Leitungen bei Leckage des Schutzrohres.

Das Ende des Schutzrohres muß für Prüfungszwecke abdichtbar sein, sofern es nicht schon für die ständige Leitungsüberwachung in gleicher Weise benutzt wird.

3.5 Schächte

Bei Schächten ist sicherzustellen, daß das evtl. eingedrungene Medium festgestellt und schadlos abgeleitet wird.

In Schächten von Leitungen für wassergefährdende Flüssigkeiten ist zusätzlich eine Alarmanlage erforderlich, die das Austreten des Fördergutes meldet.

Sind Schächte besonderen Belastungen ausgesetzt, so sind Festigkeit und Standsicherheit nachzuweisen. Dabei sind Längenänderungen und Verdrehung der Leitungen zu berücksichtigen. Schächte müssen wasserdicht und frostbeständig sein.

3.6 Absperrorgane

Bei Flüssigkeits- und Gasleitungen sind binnendeichs und erforderlichenfalls auch außendeichs Absperrorgane vorzusehen. Diese sollen etwa 10 m bis 50 m von der Grenze der Hochwasserschutzanlage entfernt liegen.

Sowohl motorisch betriebene als auch von Hand zu bedienende Absperrorgane sind durch sorgfältige Wartung stets voll funktionstüchtig zu halten. Dazu können Probeläufe in regelmäßigen Abständen von der Genehmigungsbehörde angeordnet werden. Die Lage der Absperrorgane ist oberirdisch kenntlich zu machen. Eine Bedienung durch Unbefugte ist mittels entsprechender Vorkehrungen zu verhindern.

4. Werkstoffe

4.1 Allgemeines

Für alle Einbauteile dürfen nur Stoffe verwendet werden, die nach amtlicher Prüfung zugelassen sind oder für die eine ausreichende Erprobung nachgewiesen werden kann.

Betonfertigteile müssen ein anerkanntes Gütezeichen tragen.

Für nicht korrosionsbeständige Teile ist ein einwandfreier Schutz vorzusehen und nachzuweisen.

Als Transport- und Schutzrohre können Stahlrohre, duktile Gußrohre, Stahlbetonrohre und Kunststoffrohre verwendet werden. Die Genehmigungsbehörde kann die Verwendung anderer geeigneter Materialien zulassen.

4.2 Rohre

4.2.1 Stahlrohre und duktile Gußrohre

Stahlrohre und duktile Gußrohre sind von außen und nötigenfalls von innen einwandfrei und auf Dauer gegen Korrosion zu schützen.

Die Genehmigungsbehörde behält sich vor, besondere Schutzmaßnahmen und im Einzelfall eine Stahlsorte oder -güte vorzuschreiben.

4.2.2 Stahlbetonrohre

Die Herstellerfirmen müssen der Güteüberwachung unterliegen.

Der Beton muß beständig gegen aggressives Wasser sein. Ungeachtet dessen sind Stahlbetonrohre bei der Verwendung in aggressiven Böden oder Wässern zusätzlich zu schützen.

Die Zahl der Stöße (Muffen) ist auf ein Minimum zu beschränken. Die Baulänge des Einzelrohres soll mindestens 3,0 m betragen.

4.2.3 Kunststoffrohre

Kunststoffrohre müssen beständig gegen Alterung, unzulässige Verformung und Versprödung sein. Sie müssen widerstandsfähig gegen aggressive Böden und Wasser sein sowie gegen Beschädigung durch Nagetiere und Zersetzung durch Mikroorganismen.

Die Eignung eines bestimmten Materials ist im Einzelfall zu prüfen (PE_h oder gleichwertiges).

Die Möglichkeit großer Baulängen ist voll auszunutzen.

4.3 Dichtungen zwischen Transport- und Schutzrohr

Dichtungen haben den Anforderungen gemäß Teil B 3.4 zu genügen und außerdem folgende Eigenschaften aufzuweisen:

Elastizität in Quer- und Längsrichtung zur Vermeidung von Rissen bei Rohrbewegungen sowie Dauerbeständigkeit auch bei aggressiven Böden und Wässern.

Die Funktion und Eignung der gewählten Dichtung ist sorgfältig zu prüfen.

4.4 Manschetten (Dichtungsschürzen)

Das Material muß beständig sein, um eine dauernde Wirkung zu erhalten. Geeignet als Manschetten sind Scheiben aus Stahl, Beton oder Kunststoff oder Dichtungsschürzen aus Asphalt, Klei oder Ton.

Anhang Deichgesetzliche Nachweise

(1) Bremen	§§ 106 bis 112 BrWG
(2) Hamburg	§ 3a HWaG
(3) Niedersachsen	§§ 2 bis 4, 23, 28, 29 NDG
(4) Schleswig-Holstein	§§ 2 und 3 LVO über Deiche
(5) Niedersachsen	§ 14 Abs. 1 Satz 1 NDG
(6) Bremen	§ 109 BrWG
(7) Hamburg	§§ 4a, 49, 55 HWaG
(8) Niedersachsen	§ 15 NDG
(9) Schleswig-Holstein	§ 6 Abs. 4 LVO über Deiche
(10) Niedersachsen	§§ 4, 14, 15 NDG
(11) Hamburg	§ 65 HWaG
(12) Niedersachsen	§ 14 Abs. 3-5, § 15 Abs. 3 NDG

Über die Morphologie einiger Wattgebiete der schleswig-holsteinischen Westküste¹⁾

Von Walter Rodloff

Summary

The study deals with the morphology of uninfluenced watt areas and of areas which are changed by artificial measures. For the natural tidal channels and the artificially formed ones (in German "Sielaufentief") the heights of the bottom and the transections as a function of their distance from the shore line or from the sluice are ascertained and compared with another. It was not sure how fare the chosen tidal channels were uninfluenced.

After renaturalizing of the artificially influenced channels "Bongsiel" and "Bongsieler Loch" it will be possible to recognize the form of a natural watt flat channel.

It was possible to recognize the causes of the insufficient effects of some drainage sluice channels before the dikes ("Sielaufentief").

Other details, especially about the regularity of these channels, are to be found in the authors publication "Über Wattwasserläufe".

Inhalt

1. Einleitung	73
2. Morphologie verschiedener Wattgebiete	76
2.1. Natürliche Wattwasserläufe	76
2.1.1. Sommerkoog-Steertloch, nördlicher Priel	77
2.1.2. Hauptprriel der Pohnsbucht	77
2.1.3. Östlicher Seitenarm des Hauptpriels der Pohnsbucht	80
2.1.4. Ausgleichslinien bei natürlichen Wattwasserläufen	80
2.2. Künstlich beeinflusste Wattwasserläufe	80
2.2.1. Sielaufentiefs Kronprinzenkoogschleuse und Barlter Schleuse	82
2.2.2. Sielaufentief Sönke-Nissen-Koog-Schleuse	84
2.2.3. Sielaufentief Tetenbüllspieker	86
2.2.4. Sielaufentief Meldorf-Hafen	91
2.2.5. Sielaufentief Bongsiel	93
3. Zusammenfassung	99
Schrifttum	99

1. Einleitung

Morphologische Betrachtungen haben genaue Karten zur Voraussetzung. In Schleswig-Holstein sind terrestrische Messungen die Grundlage der Wattkarten. Aus diesen Messungen wurden die Wattgrundkarten im Maßstab 1 : 10000 und eine generalisierte Wattkarte im

¹⁾ Anmerkung des Herausgebers: Die folgenden Ausführungen waren Bestandteil der Dissertation W. RODLOFF: „Über Wattwasserläufe“. Sie wurden beim Druck der Dissertation (Heft 34, 1970, Mitt. Franzius-Inst. Techn. Universität, Hannover) nicht veröffentlicht, weil deren Umfang eingeschränkt werden mußte. Da sie aber für die Wattmorphologie von großer Bedeutung sind und hier schon lange entbehrt wurden, erscheint ihr Abdruck in der „Küste“ erwünscht. Um die folgenden Ausführungen für sich lesbar und verständlich zu machen, mußten aus der gedruckten Dissertation einige einführende Sätze in gekürzter Form und einige Abbildungen übernommen werden.

Maßstab 1 : 25 000 entwickelt (4, 15)*). Der Abstand der Höhenlinien im Watt beträgt auf den Karten 0,5 m (Abb. 1). Diese genaue Aufnahme ist für die Herstellung von Querschnitten der Wattoberfläche und der Wattwassertiefe gut geeignet.

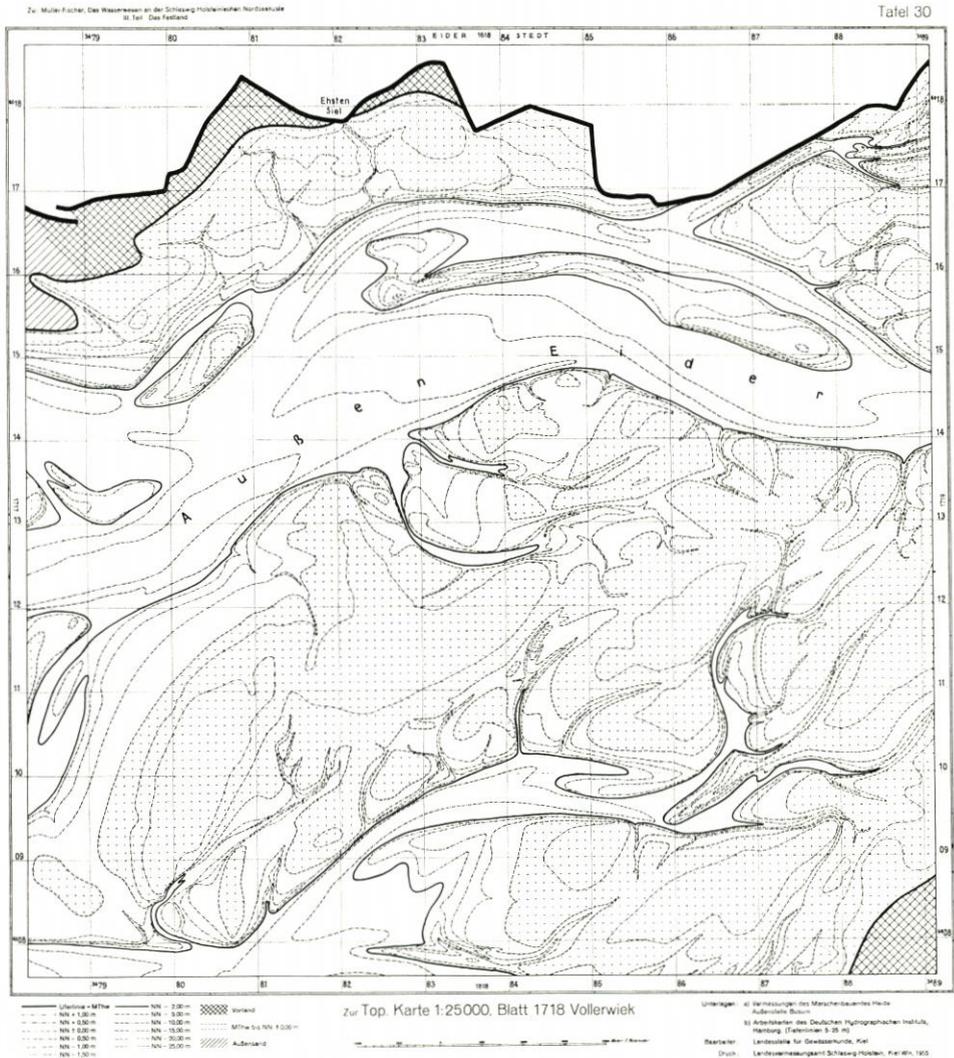


Abb. 1. Karte des Wesselburener Watts

Trotz dieser exakten Darstellung ist eine Aussage darüber, in welcher Weise die Wasserbewegung bei auf- und ablaufender Tide vor sich geht, nur schwer möglich. Auch für Vergleiche verschiedener Watten sind diese Wattkarten zu unübersichtlich. Eine weitere Generalisierung ist daher notwendig.

Beschränkt man sich bei der Darstellung der Watten auf deren untere Begrenzung, die MThw-Linie, und auf deren obere Begrenzung, die Ufer- oder MThw-Linie, dann heben sich

*) Zahlen in Klammern weisen auf das Schrifttum hin.

die Wattströme oder Priele, die auch bei Niedrigwasser ständig Wasser führen, deutlich von dem trockengefallenen Watt ab. Führt man als weitere Höhenlinie noch die $NN \pm 0,0$ -m-Linie ein, die etwa dem Tidehalbwasser ($T^{-1/2}$ -w-Linie) entspricht, unterteilt man das Watt außerdem in das hohe Watt oberhalb und das niedrige Watt unterhalb dieser Linie (Abb. 2 und 3). Wenn man das fast ebene, höhenmäßig gering differenzierte hohe Watt durch eine

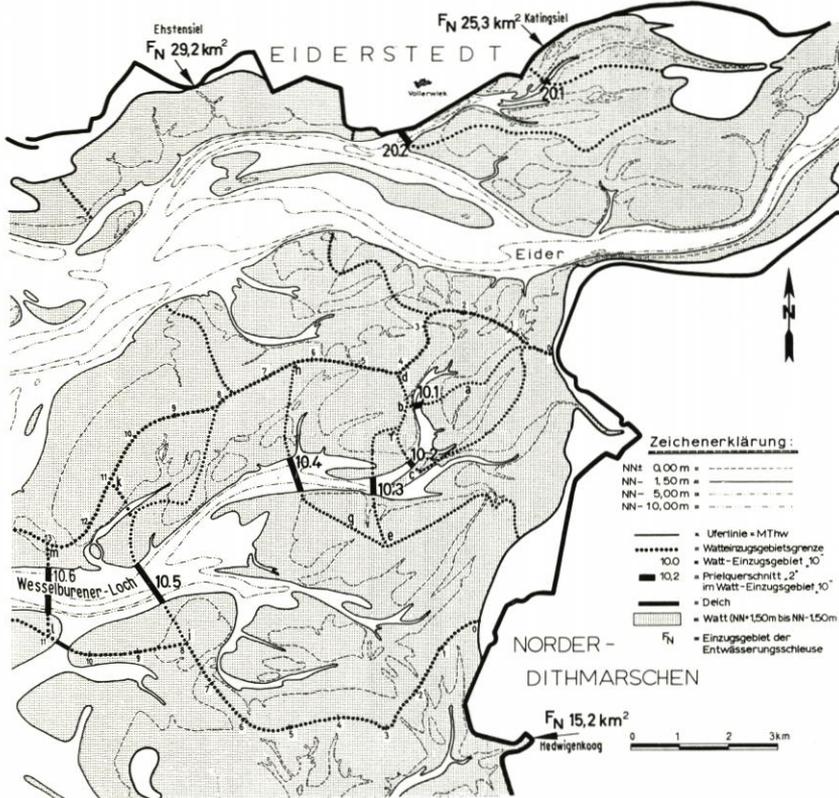


Abb. 2. Watteinzugsgebiete der Außeneider und des Wesselburener Loches

besondere Signatur hervorhebt, lassen sich die Wattgebiete, in denen die Tidewasserbewegung schwingungsgleich verläuft (Priel und niedriges Watt), von den Wattgebieten, in denen die Wasserbewegung vornehmlich gefällebedingt ist, gut unterscheiden.

Zum Unterschied von den Wattströmen oder Priele unterscheiden wir im Watt noch die Wattwasserläufe, die bei Niedrigwasser trockenfallen. Wir bezeichnen sie je nach ihrer Querschnittsausbildung als Wattrinnen und Wattmulden. Hier und im folgenden darf auf die in der Untersuchung „Über Wattwasserläufe“ (16) z. T. noch ausführlicher gegebenen Definitionen hingewiesen werden. Im ufernahen Bereich gibt es im allgemeinen kaum Wattrinnen und Priele oder auch Wattflächen, die sich in einem natürlichen Zustand befinden. Dabei klingen die durch Landgewinnungsanlagen geschaffenen Veränderungen jedoch mit der Zeit ab, wenn sich das Watt entsprechend aufgehöhht hat und bei gleichzeitiger Lageverschiebung die Oberfläche des Watts etwa in der alten Form wieder hergestellt ist. Im Bereich der Landgewinnungswerke kann daher unter gewissen Voraussetzungen trotzdem von natürlichen Verhältnissen gesprochen werden.

Die in Tidegewässer eingebauten Siele verursachen dagegen immer bleibende Veränderungen, insbesondere an den Wattwasserläufen. Ihr Einfluß läßt sich durch Vergleich der künstlich veränderten mit den natürlichen Wattrinnen ermitteln. Hierfür müssen die Wattrinnen und Priele (natürliche Wattwasserläufe) und die Sielaufentiefs (künstlich beeinflusste Wattwasserläufe) einschließlich ihrer zugehörigen Watteinzugsgebiete eingehend betrachtet werden.

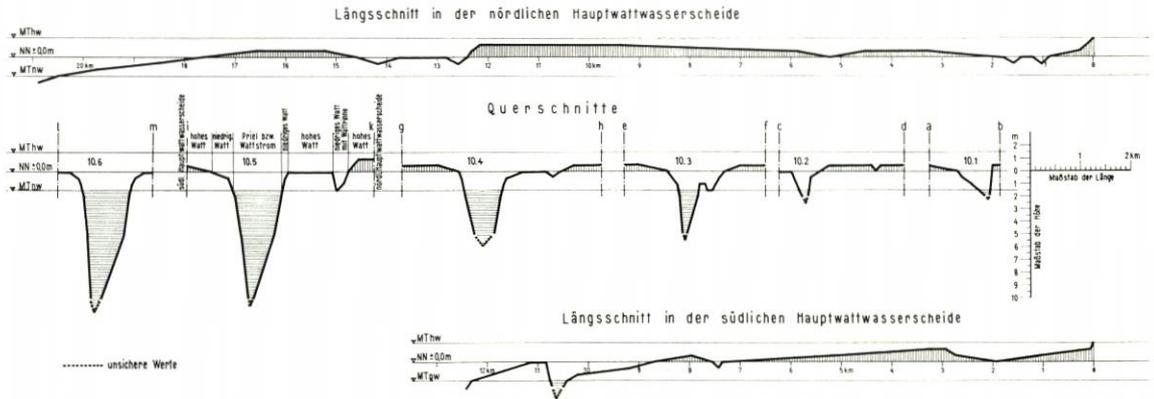


Abb. 3. Querschnitte und Längsschnitte des Wesselburener Watts

2. Morphologie verschiedener Wattgebiete

Die Wattgebiete und ihre Wattwasserläufe sind durch das Gezeitenwasser geformt. Ihre Form gibt Aufschluß über die in natürlichen und künstlich veränderten Wattwasserläufen wirksam gewesenen Kräfte. Da durch die künstlichen Veränderungen im wesentlichen die Wattwasserläufe beeinflusst werden, genügt es, diese Untersuchung auf die Wattrinnen und Priele einerseits und die Sielaufentiefs andererseits zu beschränken. Für den Vergleich eignen sich am besten die im Längsschnitt aufgetragenen Höhen der Sohle im Talweg und vor allem die Querschnitte. Für die natürlichen Wattrinnen beginnt die Betrachtung an der Uferlinie, für die künstlich veränderten (Sielaufentiefs) am Siel.

2.1. Natürliche Wattwasserläufe

Im ufernahen Wattgebiet sind mannigfache Eingriffe vorgenommen worden. Allein die Landgewinnungswerke, die in fast ununterbrochener Folge vor dem Ufer für eine geordnete Gestaltung des Vorlandes zur Sicherung der Deiche sorgen, nehmen einen großen Raum ein. Völlig unbeeinflusste, natürlich gebildete Wattwasserläufe werden sich daher für den Vergleich mit einem Sielaufentief kaum finden lassen. Wir werden daher möglichst wenig veränderte Wattrinnen suchen und die Größe, Ursache und Bedeutung der Veränderungen untersuchen müssen, um die Brauchbarkeit der Wattrinne für den beabsichtigten Vergleich abschätzen und bewerten zu können.

Die Watten der schleswig-holsteinischen Nordseeküste sind vom Boden her im großen gesehen in den nordfriesischen Raum – mit den Schlickwatten – und in den Raum Dithmarschen – mit den sandigeren Watten – gegliedert. Die vom Boden her gegebenen Unterschiede werden sich vermutlich in irgendeiner Form auf die Wattrinnen auswirken. Für den Vergleich müssen wir daher Wattrinnen aus beiden Gebieten heranziehen.

2.1.1. Sommerkoog-Steertloch, nördlicher Priel

Das Sommerkoog-Steertloch erstreckt sich bis in die südöstliche Ecke der Meldorfer Bucht. Hier endet der Wattstrom in einem südlichen und einem nördlichen Priel (Abb. 4). Der nördliche Priel hat nur sehr wenig Süßwasserzufluß und ist daher für einen Vergleich mit einem Sielaufstief geeignet.

Die Wattgrundkarten Nr. 163 und 168, die als Grundlage für den Lageplan (Abb. 4) und den Längsschnitt (Abb. 6) dienen, wurden im Jahre 1939 aufgemessen. Durch den Bau des Damms nach Helmsand im Jahre 1936 hat das Watt zwar einen Eingriff erfahren; der Damm verläuft jedoch auf der Wattwasserscheide, so daß wesentliche Auswirkungen auf das Watt und seine natürlichen Wasserläufe nicht angenommen zu werden brauchen.

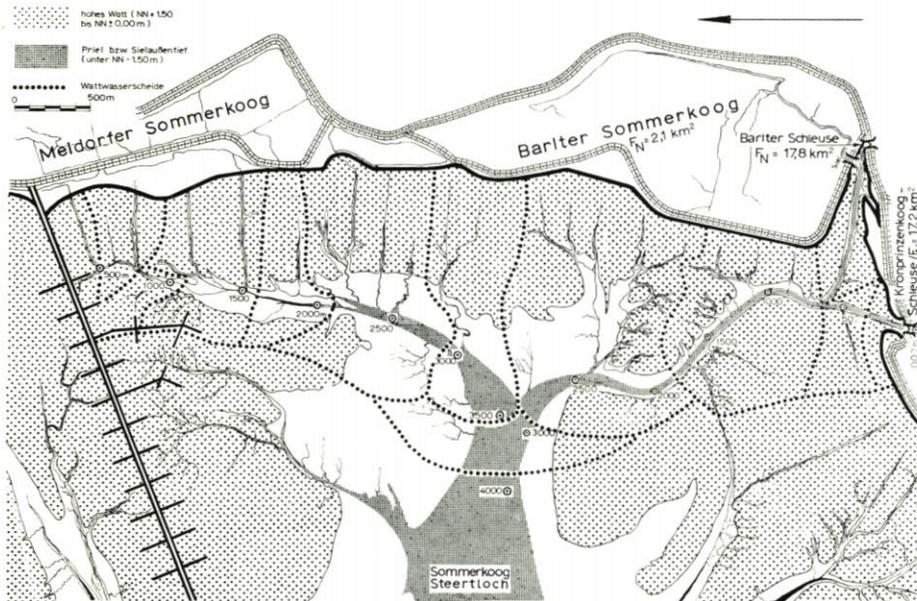


Abb. 4. Sommerkoog-Steertloch

Der Priel beginnt etwa 1500 m vom Ufer entfernt. Seine oberhalb befindliche Wattrinne ist bis 1000 m vom Ufer allseitig in das hohe Watt eingebettet, von 1000 m bis 1500 m befindet sie sich in einer flachen Mulde des niedrigen Watts, die bei 1500 m etwa 150 m breit ist. In einer Entfernung 2200 m vom Ufer ist das niedrige Watt bereits 250 m breit. Diese Form des Watts drückt sich auch in den Abmessungen der Querschnitte aus, die bis 1500 m Entfernung verhältnismäßig gering sind und erst ab 2100 m zunehmend größer werden. Das Wattenzugsgebiet wächst mit zunehmender Entfernung vom Ufer gleichsinnig. Die Sohle des Talweges weist am Zusammenfluß mit dem südlichen Priel keine Barre auf (Abb. 6). Tabelle 1 gibt die Abmessungen der Querschnitte unter $NN \pm 0$ und unter $NN - 1,5$ m an.

2.1.2. Hauptprriel der Pohnsbucht

Die Pohnsbucht befindet sich zwischen der Insel Nordstrand und dem Festland. Sie ist im Norden durch den Nordstrander Damm begrenzt, der im Jahre 1919 gebaut und im Jahre

1925 erhöht und verbreitert wurde. Die Pohnsbucht ist in ost-westlicher Richtung 4000 m und in nord-südlicher Richtung 5000 m breit. Ihr Wattwasserlaufsystem besteht aus dem von Norden nach Süden verlaufenden Hauptpriel, dem sogenannten Modersloch, mit dessen Seitenarmen und anschließenden Wattrinnen (Abb. 5). In die Pohnsbucht entwässert nur ein 8 km² großes Niederschlagsgebiet um den Schobüller Geestrücken; sie ist damit ein vom Süßwasser fast unbeeinflusstes Wattgebiet des ufernahen Bereichs.

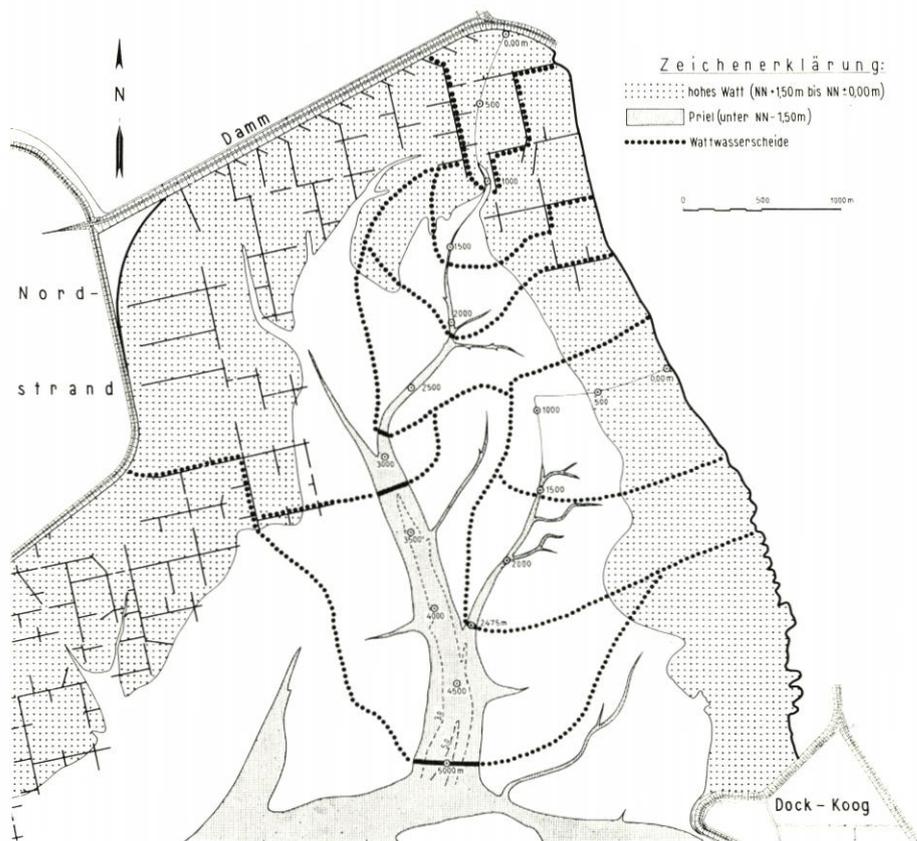


Abb. 5. Pohnsbucht

In Abbildung 5 ist die Lage des Hauptpriel, in Abbildung 6 sein Längsschnitt dargestellt. Als Arbeitsgrundlage dienen die Wattgrundkarten Nr. 99 und 105, die im Jahre 1937 aufgemessen worden sind. Seit dem Bau des Nordstrander Dammes waren damals etwa 20 Jahre vergangen. Es konnte also angenommen werden, daß sich in der durch den Damm geschaffenen Bucht inzwischen ein neuer Gleichgewichtszustand eingestellt haben würde.

Der Priel beginnt bereits 1300 m vom Ufer entfernt. Die Wattrinne ist bis etwa 1100 m vom Ufer entfernt in das hohe Watt eingebettet, dann öffnet sich die Mulde des niedrigen Watts verhältnismäßig schnell und erreicht bereits bei 1750 m eine Breite von 700 m. Die Sohle des Talweges zeigt bei 3200 m eine Barre, die bis zur Höhe NN -2,5 m aufragt (Abb. 6). Sie entsteht beim Zusammenfluß der Priele zweier etwa gleich großer Wateinzugsgebiete.

Der Vergleich mit der Arbeitskarte des Deutschen Hydrographischen Institutes Hamburg (DHI) aus dem Jahre 1964 bestätigt die oben getroffene Annahme nicht, daß die Umbildung

Tabelle 1
Sommerkoog-Steertloch, nördlicher Priel
Querschnitte nach der Wattaufnahme 1939, Wattkarte 163 (4)

Entfernung von der Uferlinie km	Größe des Querschnittes		Bemerkung
	unter NN $\pm 0,0$ m m ²	unter NN $- 1,5$ m m ²	
0 + 200	0	0	
0 + 750			
1 + 450	96,5	0	
2 + 100	119,8	7,5	
2 + 930	387,5	67,5	
3 + 460	1033,5	226,0	
3 + 870	1272,0	396,0	

des Watts im Jahre 1937 abgeschlossen war. Wenn man den Talweg 1964 in den Längsschnitt (Abb. 6) hineinprojiziert, lassen sich die inzwischen eingetretenen Veränderungen erkennen. Die ursprünglich vorhandene Barre existiert danach z. B. nicht mehr. Die Aufnahme des DHI beschränkt sich jedoch nur auf den Hauptprriel. Für eine vergleichende Betrachtung und Feststellung von Veränderungen müssen jedoch Meßunterlagen über die Bucht in ihrer gesamten Ausdehnung vorliegen. Die Auswertung der inzwischen durchgeführten neuen Wattvermessung muß zunächst abgewartet werden.

Tabelle 2
Pohnsbucht, Hauptprriel
Querschnitte nach der Wattaufnahme 1937, Wattkarte Nr. 99 und 105

Entfernung von der Uferlinie km	Größe des Querschnittes		Bemerkung
	unter NN $\pm 0,0$ m m ²	unter NN $- 1,5$ m m ²	
1 + 620	124,5	0	
2 + 090	326,8	13,8	
2 + 500	329,3	29,3	
2 + 860	406,4	53,2	
3 + 200	955,0	102,5	
3 + 500	1222,3	248,3	
4 + 000	1356,5	335,0	
4 + 500	1739,3	501,3	
5 + 000	2117,0	793,8	

Tabelle 3
Pohnsbucht, östlicher Seitenarm des Hauptprieles
Querschnitte nach der Wattaufnahme 1937, Wattkarte Nr. 105

Entfernung von der Uferlinie km	Größe des Querschnittes		Bemerkung
	unter NN $\pm 0,0$ m m ²	unter NN $- 1,5$ m m ²	
1 + 530	194,5	0	
2 + 000	218,0	10,0	
2 + 475	695,3	46,5	

Die Ursache der Veränderung muß auf die südlich des Nordstrander Dammes in großem Umfang betriebenen Landgewinnungsarbeiten, Lahnungsbau und Grüppelarbeiten unter Einsatz von Grüppelmaschinen zurückgeführt werden. Leider wird sich nicht mehr beurteilen lassen, ob der 1919 erfolgte Eingriff ins Watt im Jahre 1937 bereits abgeklungen war und ob nun nur noch die Landgewinnungsmaßnahmen Veränderungen am Watt und seinen Entwässerungseinrichtungen herbeiführen.

Tabelle 2 gibt die Abmessungen der Querschnitte unter $NN \pm 0$ und unter $NN - 1,5$ m an.

2.1.3. Östlicher Seitenarm des Hauptprieles der Pohnsbucht

Der Hauptpriel der Pohnsbucht und der nördliche Priel am Auslauf des Sommerkoog-Steertloches verlaufen auf weiten Strecken parallel zum Ufer. Für einen Vergleich mit den Sielaußentiefs werden auch senkrecht zum Ufer liegende, natürliche Wattentwässerungsrinnen benötigt. Der größte östliche Nebenarm des Hauptprieles der Pohnsbucht dürfte dieser Forderung entsprechen.

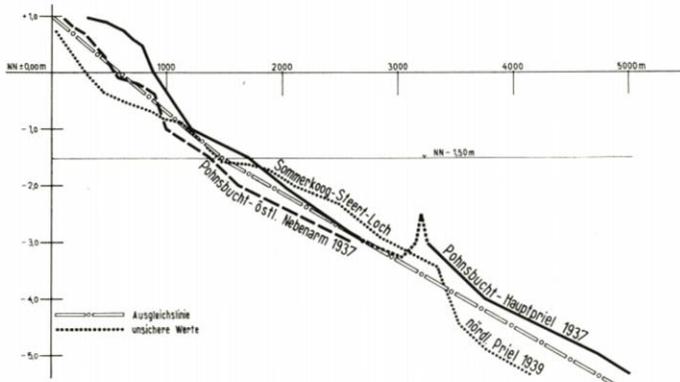


Abb. 6. Sohlenhöhen im Talweg verschiedener Wattinnen und Priele

Der Priel beginnt etwa 1300 m vom Ufer entfernt. Die oberhalb davon befindliche Wattinne ist bis zu einer Entfernung von 600 m vom Ufer in das hohe Watt eingebettet. Von 600 m bis 1300 m ist sie wie der Priel in das niedrige Watt eingeschnitten. Wattinne und Priel sind etwa 2500 m lang. Der Priel mündet etwa bei Stat. 4 + 300 des Hauptprieles, ohne eine Barre zu entwickeln.

Tabelle 3 gibt die Abmessung der Querschnitte unter $NN \pm 0$ und unter $NN - 1,5$ m an.

2.1.4. Ausgleichslinien bei natürlichen Wattwasserläufen

Die in Tabelle 1 bis 3 enthaltenen Querschnittsangaben sind in Abbildung 7 als Funktion der Entfernung von der Uferlinie aufgetragen. Die Ähnlichkeit dieser Funktionen ermöglichte es, eine Ausgleichslinie einzuführen, die wir Leitlinie der Wattinnen und Priele nennen. Diese Leitlinie und die Ausgleichslinie für die Sohlenhöhen im Talweg der Wattinnen und Priele (Abb. 6) lassen im folgenden an einigen Beispielen den Einfluß der Siele auf die Wattinnen und Priele erkennen (s. auch 16).

2.2. Künstlich beeinflusste Wattwasserläufe

Künstlich beeinflusste Wattwasserläufe von besonderer Bedeutung sind die Sielaußentiefs. Nach der Definition (16) beginnt ein Sielaußentief am Siel und endet dort, wo es in den Priel

Lage und Längsschnitt sind aus Abbildung 5 und 6 zu ersehen. Beide wurden ebenfalls aus der Wattgrundkarte Nr. 99 und 105 entwickelt.

Der Priel beginnt etwa 1300 m vom Ufer entfernt. Die oberhalb davon befindliche Wattinne ist bis zu einer Entfernung von 600 m vom Ufer in das hohe Watt eingebettet.

übergeht. Es zeichnet sich besonders dadurch aus, daß es im allgemeinen während sieben bis achteinhalb Stunden einer Tide wie ein natürlicher Wattwasserlauf durch den Flutstrom und einen Teil des Ebbestromes beaufschlagt ist. Nur während der kurzen SIELZUGZEIT wird es zusätzlich zum Ebbestrom oder überwiegend nur durch den Süßwasserstrom geprägt. Mit zunehmender Entfernung vom SIEL wird der Einfluß des Süßwassers gegenüber dem vom Watt noch ablaufenden Meerwasser immer geringer. Im Übergangsbereich zum Priel läßt die Schleppkraft des Süßwasserstromes nach, andererseits kann der ausgehende Ebbestrom nicht mehr groß genug sein, um das vom Süßwasser mitgeführte Material weiterzutransportieren. Es kommt dann zur Bildung einer Barre, deren äußerer Fuß als seeseitige Grenze des Sielaufentiefs angegeben werden kann.

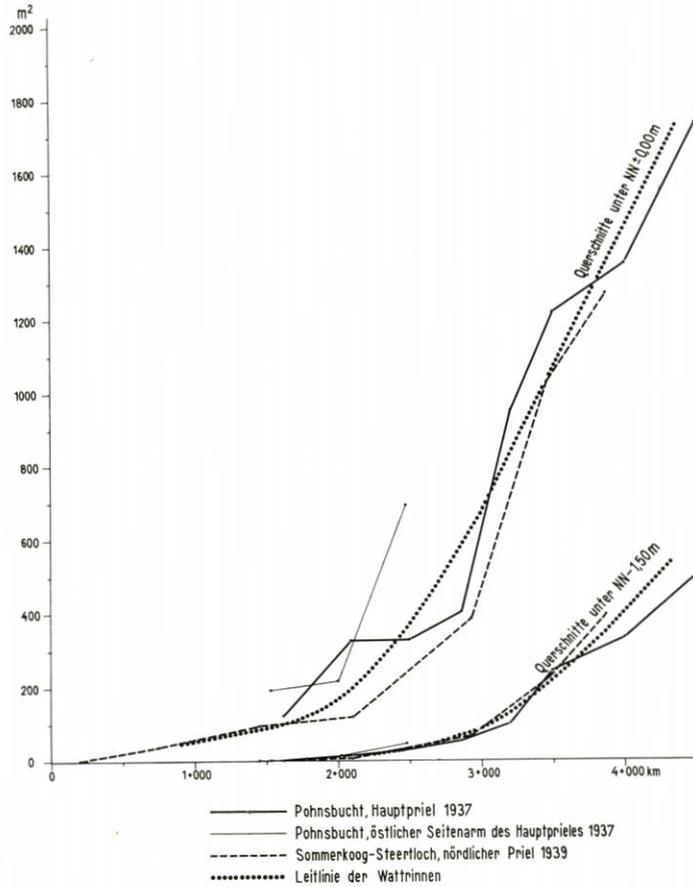


Abb. 7. Querschnittsgrößen für verschiedene Wattrinnen und Priele

Die Leistung eines Sielaufentiefs ist durch besondere Merkmale gekennzeichnet:

1. die Größe des Niederschlagsgebietes (F_N),
2. das Mitteltideniedrigwasser (MTnw) am SIEL (außen),
3. die Größe der Durchflußquerschnitte des Sielaufentiefs unter den Bezugsebenen $NN \pm 0,0$ m und $NN - 1,5$ m,
4. die Breite des hohen Watts oder die Länge des Sielaufentiefs,
5. die Größe des Wateinzugsgebietes (WEG),
6. die Form des Wateinzugsgebietes,
7. die künstliche Veränderung des Wateinzugsgebietes,
8. den Beginn des SIELZUGES bei Tidewasserständen unter und über NN ,
9. den Betrieb des Sieles,
10. die Brandungsströmung.

Die unter Ziffer 1 bis 4 genannten Merkmale sind dabei von besonderer Bedeutung. TILLESSEN (17) hat z. B. die Entwässerung der Wangerländischen Sielacht (Jeverland) allein durch die Zusammenfassung von vier Sielaufentiefs (Vergrößerung des Niederschlagsgebietes) und durch Verkürzung des einen verbleibenden Sielaufentiefs durch geschickte Ausnutzung der örtlichen Verhältnisse auf 700 m Länge sehr wesentlich verbessern können. Bei anderen, we-

niger günstigen Verhältnissen muß auch den übrigen Merkmalen, insbesondere der Größe und Form des Wateinzugsgebietes, Beachtung geschenkt werden.

Im folgenden werden verschiedene Sielaußentiefs unter Beachtung dieser Bewertungskennzeichen näher untersucht. Die Reihenfolge ist so gewählt, daß das Sielaußentief mit dem kleinsten Niederschlagsgebiet zuerst, anschließend Sielaußentiefs mit zunehmend größerem Niederschlagsgebiet behandelt werden.

Bei der Betrachtung der einzelnen Sielaußentiefs werden gelegentlich Vergleiche mit den natürlichen Wattrinnen angestellt. Hierbei werden die Ausgleichslinien der Wattrinnen und Priele und die Leitlinie der Wattrinnen benutzt.

2.2.1. Sielaußentiefs Kronprinzenkoog- schleuse und Barlter Schleuse

Im südöstlichen Winkel der Meldorfer Bucht endet der Wattstrom Sommerkoog-Steertloch in einem nach Süden gerichteten Priel. Er setzt sich nach Süden fort in dem Sielaußentief zur Schleuse des Kronprinzenkooges mit einer Abzweigung nach Osten zur Barlter Schleuse (Abb. 4).

Die Niederschlagsgebiete, die durch die Schleuse des Kronprinzenkooges und durch die Barlter Schleuse entwässern, sind sehr klein (17,2 und 17,8 km²). Entsprechend klein sind die Querschnitte des Sielaußentiefs. Bis 1880 m Entfernung von der Kronprinzenkoog-

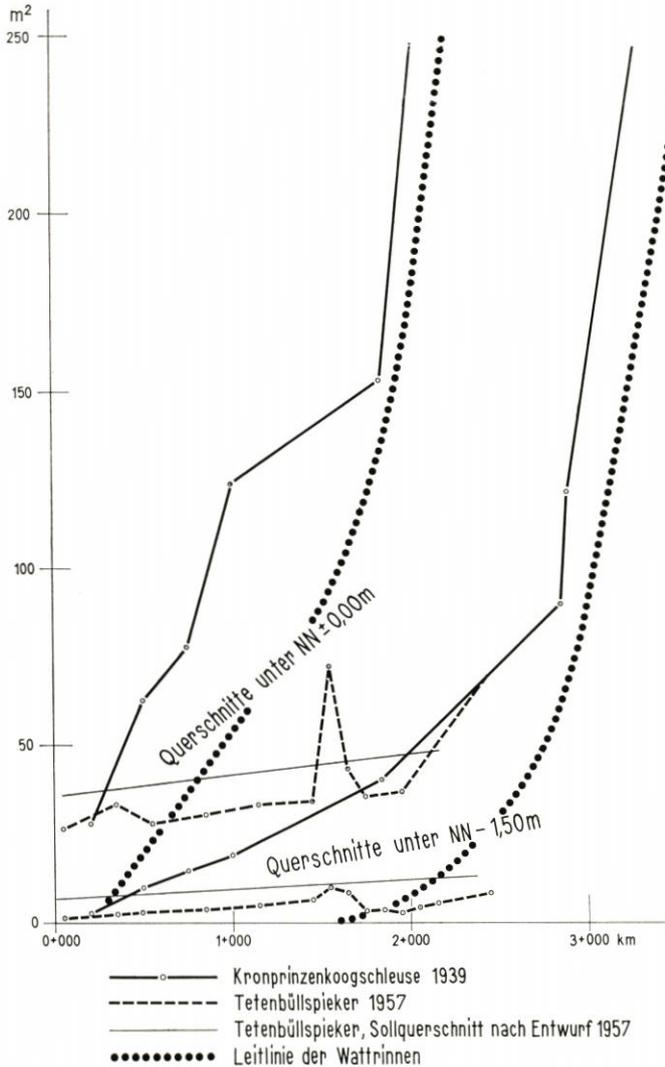


Abb. 8. Querschnittsgrößen für verschiedene Sielaußentiefs und Priele

schleuse wachsen die Querschnitte (unter NN - 1,5 m) langsam, um von da ab schneller größer zu werden (Abb. 8). Tabelle 4 gibt die Größen der Querschnitte unter NN und unter NN - 1,5 m an.

Das hohe Watt tritt zunächst sehr dicht an das Sielaußentief heran; etwa ab Stat. 1 + 000 ist das Tief und seine Fortsetzung, der Priel, in das niedrige Watt eingeschnitten, das sich ganz

allmählich trichterförmig erweitert und bei Stat. 2 + 300 etwa 200 m breit ist (Abb. 4). Das Watteinzugsgebiet wächst mit der Entfernung vom Ufer stetig zunehmend.

Das Sielaufentief Kronprinzenkoog verfügt in der Nähe der Schleuse über ein breites, also günstig geformtes Watteinzugsgebiet. Die Querschnitte des Tiefs sind infolgedessen verhältnismäßig groß. Auch der Talweg dürfte hier sehr günstig liegen. Aus der hohen Lage der Sielsohle (NN — 1,31 m) kann man schließen, daß das zu entwässernde Gelände des Kronprinzenkooges verhältnismäßig hoch liegt. Das Sielaufentief Kronprinzenkoogschleuse beeinflusst die Entwässerung nicht nachteilig.

Tabelle 4

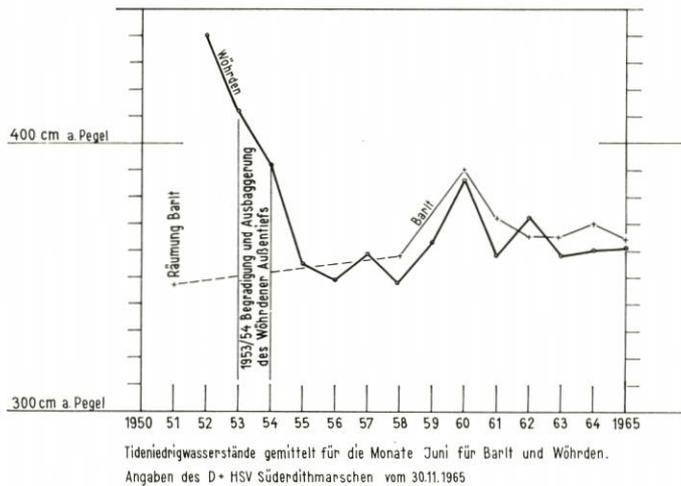
Sielaufentief Kronprinzenkoogschleuse
Querschnitte nach der Wattaufnahme von 1939, Wattkarte Nr. 168

Station	Größe des Querschnittes		Sohlenhöhe im Talweg bezogen auf NN
	unter NN — 1,50 m	unter NN ± 0,0 m	
0 + 200	2,5 m ²	28 m ²	— 1,60 m
0 + 500	10,0 m ²	62,5 m ²	— 2,50 m
0 + 750	14,0 m ²	77,5 m ²	— 2,50 m
1 + 000	24,0 m ²	123,8 m ²	— 2,70 m
1 + 840	40,5 m ²	153 m ²	— 3,00 m
2 + 850	89,75 m ²		
2 + 890	121,50 m ²	746 m ²	— 4,00 m
3 + 450	302,55 m ²		

Wesentlich ungünstiger liegen die Verhältnisse für das Barlter Sielaufentief. Das Watteinzugsgebiet ist in der Nähe der Schleuse zwar birnenförmig gestaltet, jedoch befindet sich dessen schmaler Teil an der Schleuse. Darauf und auf das sehr kleine Niederschlagsgebiet muß es zurückgeführt werden, daß das Sielaufentief bereits etwa 700 m von der Schleuse entfernt eine Barre (NN — 1,90 m) aufweist.

Für die Sielaufentiefs Barlt und Wöhrden (Wöhrden liegt in der nordöstlichen Ecke der Meldorfer Bucht) ist in Abbildung 9 die Entwicklung der MTnw-

Stände von 1950 bis 1965 dargestellt. Auch kurz nach der Ausbaggerung der Sielaufentiefs wird das MTnw, wie wir es von der Meldorfer Schleuse her kennen (MTnw 1951/60 : NN — 1,65 m), nicht erreicht. Vom Tage der Räumung an steigt es in beiden Fällen wieder an, obwohl nach Mitteilung des Deich- und Hauptsielverbandes Süderdithmarschen während der Sommermonate so oft wie möglich gespült wird.



Anmerkung: Die Sielaufentiefe werden in den Sommermonaten regelmäßig gespült. Die Binnenvorfluter sind zu diesem Zweck mit Stauschützen ausgerüstet worden, damit das Spülwasser nicht zu weit nach oben stauen kann.

Abb. 9. Entwicklung der Niedrigwasserstände für die Siele Barlt und Wöhrden in der Zeit von 1950 bis 1965

Der Sielzug der Kronprinzenkoogschleuse und auch der Barlter Schleuse setzt zu einem günstigen Zeitpunkt ein, wenn das hohe Watt bereits trockengefallen ist. Die ausströmende Kraft des Süßwasserstromes genügt trotzdem zumindest bei Barlt nicht, die Auflandung zu verhindern. Das Niederschlagsgebiet muß für das Sielaufentief Barlt als zu klein bezeichnet werden.

Die Sohle des Talweges verläuft etwa ab Stat. 1 + 600 parallel zur Ausgleichslinie für die Talwege der Watrinnen und Priele (Abb. 10). Bei dieser Station geht das Sielaufentief in den natürlichen Priel über.

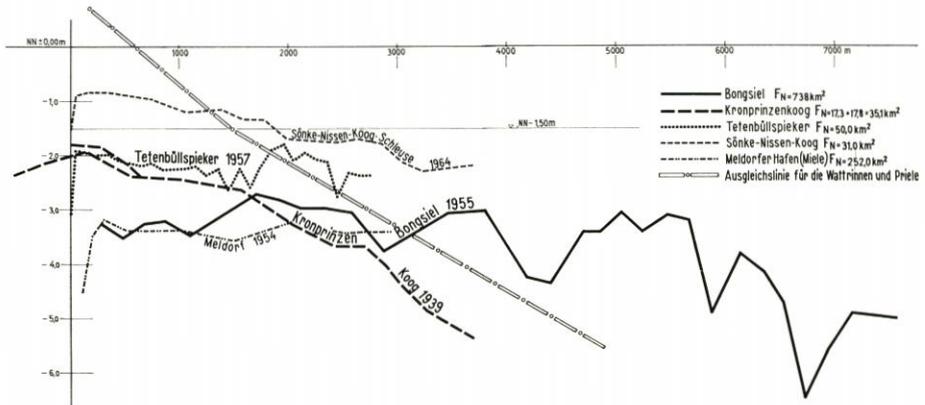


Abb. 10. Sohlenhöhen im Talweg verschiedener Sielaufentiefs

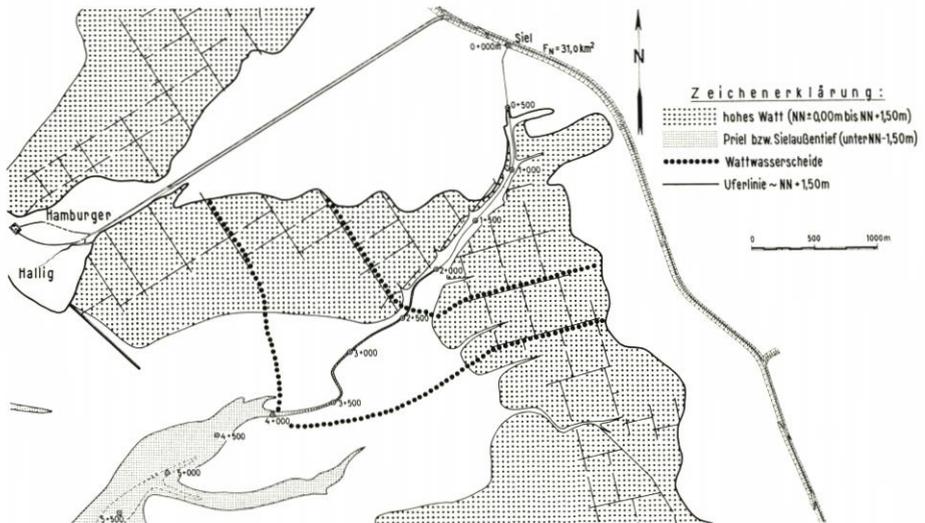


Abb. 11. Sielaufentief Sönke-Nissen-Koog-Schleuse

2.2.2. Sielaufentief Sönke-Nissen-Koog-Schleuse

Im Jahre 1874/75 wurde die Hamburger Hallig durch einen Damm mit dem Festland verbunden. Seine Krone liegt auf NN + 1,9 m. Nach Fertigstellung des Dammes setzte auf beiden Seiten eine starke Verlandung ein. Bereits im Jahre 1925 war das Vorland in einer Breite von rund zwei Kilometern deichreif und wurde als Sönke-Nissen-Koog eingedeicht.

Durch den Bau von Lahnungen und durch Grüppelarbeiten ist die vorhandene große Auf-landungstendenz unterstützt und beschleunigt worden. Heute sind wieder große Flächen des Watts in Ufernähe so hoch aufgewachsen, daß sie bei normaler Tide nicht mehr überflutet werden. Abbildung 11 vermittelt ein Bild der Örtlichkeit.

Das Niederschlagsgebiet, welches durch das nur 500 m südöstlich des Dammes gelegene Siel entwässert, mißt 31 km², ist also verhältnismäßig klein. Die Querschnitte des Sielaußentiefs sind infolgedessen ebenfalls klein. Tabelle 5 gibt die Abmessungen der Querschnitte unter NN und unter NN - 1,5 m an. In Abbildung 12 sind die Größen der Querschnitte als Funktion ihrer Entfernung vom Siel aufgetragen worden. Sie liegen fast alle weit unter der Leitlinie der Wattrinnen. Das bedeutet, daß die Abmessungen des Sielaußentiefs nicht einmal denen einer natürlichen Wattrinne entsprechen.

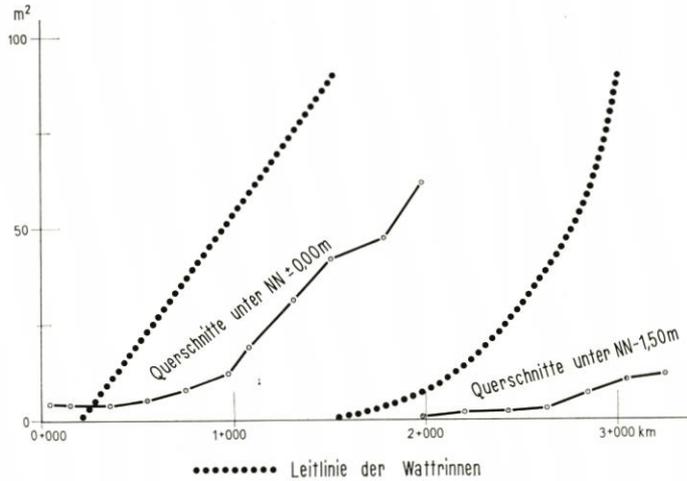


Abb. 12. Querschnittsgrößen für das Sielaußentief Sönke-Nissen-Koog-Schleuse

Bis Stat. 0 + 500 verläuft das Sielaußentief im Vorland, das von NN + 2,0 m auf NN + 1,0 m abfällt. Auf dieser Strecke ist die Verlandung des Sielaußentiefs am größten. Die große Verlandungstendenz läßt Abbildung 13 besonders deutlich erkennen. Von der 1961 durchgeführten Baggerung ist 1964 kaum noch etwas zu erkennen. Bis Stat. 1 + 300 ist das Sielaußentief in das hohe Watt eingeschnitten. Von da an ist es einschließlich des anschließenden Priels im niedrigen Watt gelegen, das sich bis Stat. 2 + 400 allmählich bis auf 250 m verbreitert und dann in großer Breite den Bordelumer Priel begleitet.

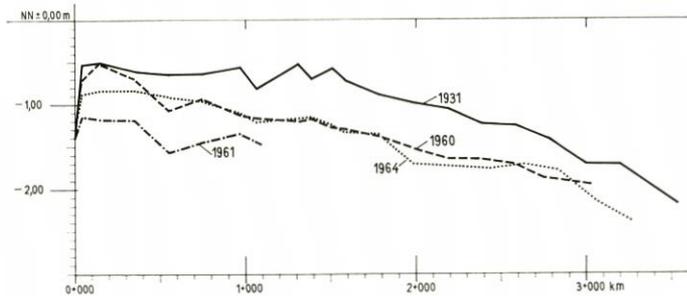


Abb. 13. Sielaußentief Sönke-Nissen-Koog-Schleuse nach den Peilungen in den Jahren 1931, 1960, 1961 und 1964

In den letzten beiden Abschnitten sind die Sohlenveränderungen geringer. Das Wateinzugsgebiet (Abb. 11) tritt wirksam erst ab Stat. 1 + 000 in Erscheinung und wächst von da an stetig. Seine Form ist nicht besonders günstig.

Die Sohle des Talweges ist nach der Aufnahme des Jahres 1964 im Längsschnitt (Abb. 10) aufgetragen. Sie liegt sehr hoch und verläuft bis Stat. 3 + 000 sehr flach.

Die durch den Damm zur Hamburger Hallig bewußt geschaffenen Verhältnisse werden immer wieder erkennbar.

Tabelle 5
Sielaußentief Sönke-Nissen-Koog-Schleuse
Querschnitte nach der Aufnahme von 1964^{*)}

Station	Größe des Querschnittes		Sohlenhöhe im Talweg bezogen auf NN m
	unter NN — 1,5 m m ²	unter NN ± 0,0 m m ²	
0 + 045	0,0	4,3	— 0,89
0 + 150	0,0	4,0	— 0,84
0 + 350	0,0	3,7	— 0,84
0 + 550	0,0	5,2	— 0,92
0 + 750	0,0	8,0	— 0,97
0 + 970	0,0	12,3	— 1,13
1 + 065	0,0	18,0	— 1,21
1 + 310	0,0	31,3	— 1,17
1 + 505	0,0	41,8	— 1,26
1 + 785	0,0	47,4	— 1,36
1 + 985	0,8	61,8	— 1,71
2 + 203	1,8		— 1,74
2 + 430	2,2		— 1,77
2 + 630	3,0		— 1,71
2 + 842	7,1		— 1,79
3 + 047	10,3		— 2,14
3 + 247	11,8		— 2,37

*) Quelle: Marschenbauamt Husum: Wasserwirtschaftlicher Gesamtplan für das Gebiet des Deich- und Hauptsielverbandes Sönke-Nissen-Koog-Schleuse vom 15. 3. 1965. Teil 1. Ausbau des Außenprieles.

Die Binnenwasserstände schwanken zwischen NN + 0,3 m und — 0,3 m. Als höchster Binnenwasserstand wird NN + 0,84 m angegeben, der im allgemeinen erst nach 10 Tagen auf den Wert NN — 0,2 m abfällt. Aus all dem wird deutlich, wie groß die Verlandungstendenz ist, wie wenig sich der Süßwasserstrom gegen den Flutstrom durchzusetzen vermag und wie ungünstig die Vorflutverhältnisse hier liegen.

2.2.3. Sielaußentief Tetenbüllspieker

Der Sielverband Tetenbüllspieker ist ein Unterverband des Deich- und Hauptsielverbandes Eiderstedt. Er ist an der Nordküste Eiderstedts gelegen und umfaßt ein Niederschlagsgebiet von 50 km² Größe, dessen Vorflut zur Hever durch das Siel bei Tetenbüllspieker sichergestellt werden soll. Die niedrigsten Niederungsgebietsteile liegen im Mittel auf der Höhe NN. Sie können landwirtschaftlich nur dann genutzt werden, wenn eine ausreichende Vorflut vorhanden ist. Die Sielsohle ist aus diesem Grunde ausreichend tief (NN — 2,39 m) gelegt worden. Wegen der unzureichenden Leistung des Sielaußentiefs erreicht das MTnw am Siel etwa nur den Wert NN — 0,9 m, während die Binnenwasserstände kaum tiefer als NN — 0,85 m abgesenkt werden.

Die örtlichen Gegebenheiten sind aus dem Lageplan (Abb. 14) und dem Längsschnitt (Abb. 15) ersichtlich. Beide sind an Hand der Wattgrundkarte aus dem Jahre 1946 und spezieller Messungen aus dem Jahre 1957 (1) aufgestellt worden.

Die Querschnitte des Sielaußentiefs sind sehr klein und können für Tnw aus Abbildung 15 entnommen werden. Die Abmessungen der Querschnitte unter NN und unter der Bezugsebene NN — 1,5 m sind aus Tabelle 6 zu ersehen.

Das hohe Watt tritt auf beiden Seiten dicht an das Sielaufentief heran. Von Stat. 2 + 000 ab geht das hohe Watt schnell in das niedrige Watt über, in welches das Sielaufentief bis zu seiner Mündung in die Hever bei Stat. 2 + 750 eingeschritten ist.

Das Wateinzugsgebiet ist mit zunächst 250 m Breite ungewöhnlich schmal und erreicht deswegen bei Stat. 1 + 700 erst den Wert von rund 0,44 km².

Der Talweg liegt nicht nur sehr hoch, er weist auch eine Barre auf, deren höchste Erhebung (Stat. 1 + 950, NN - 1,8 m) nur 0,14 m unter dem MTnw der Hever an der Mündung des Sielaufentiefs liegt. Das MTnw der Hever vermag sich daher bis zum Siel nur durchzusetzen, wenn die Binnenentwässerung unterbunden ist. Bei normalem Sielzug ergibt sich im allgemeinen von der Barre bis zum Siel ein Gefälle $I = \text{rund } 0,0002$, während es von der Barre bis zur Mündung gleichzeitig etwa 0,000643 beträgt. Die in den Längsschnitt (Abb. 15) eingetragene Wasserspiegellinie bei Tnw vermittelt dem Auge besonders deutlich den nachteiligen Einfluß, den die Barre bewirkt.

In die Abbildung 15 ist auch die Ausgleichslinie für die Wattrinnen und Priele eingetragen worden. Die Sohle im Talweg der Mündungsstrecke liegt oberhalb dieser Linie. Zwei Ursachen dürften hierfür maßgebend sein:

Das Wateinzugsgebiet entspricht nicht dem einer natürlichen Wattrinne, sondern ist nach den künstlich durch unzuweckmäßigen Lahnungsbau herbeigeführten Veränderungen ungewöhnlich klein; außerdem findet am südlichen Ufer der Hever als Folge von Brandung und

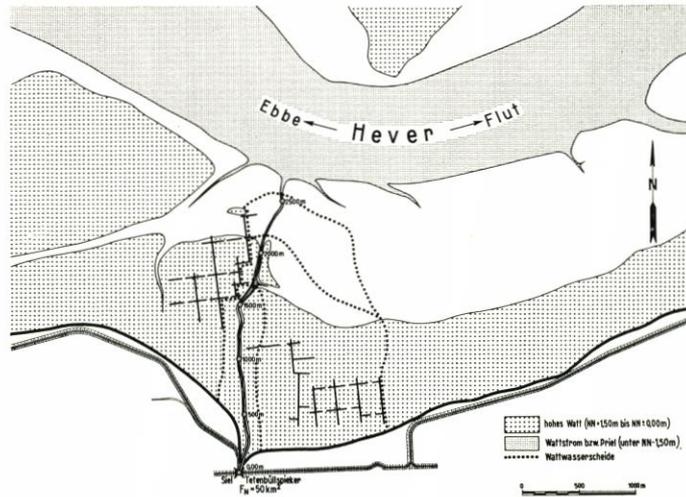


Abb. 14. Sielaufentief Tetenbüllspieker

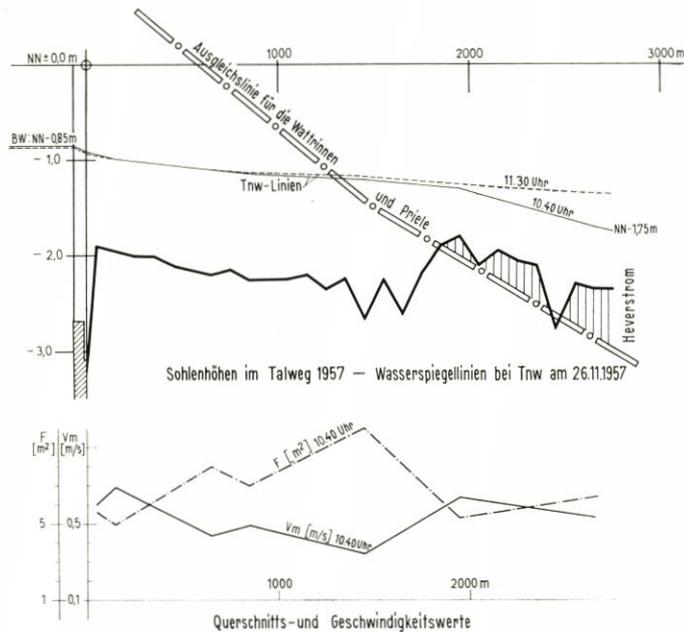


Abb. 15. Sielaufentief Tetenbüllspieker - Längsschnitt

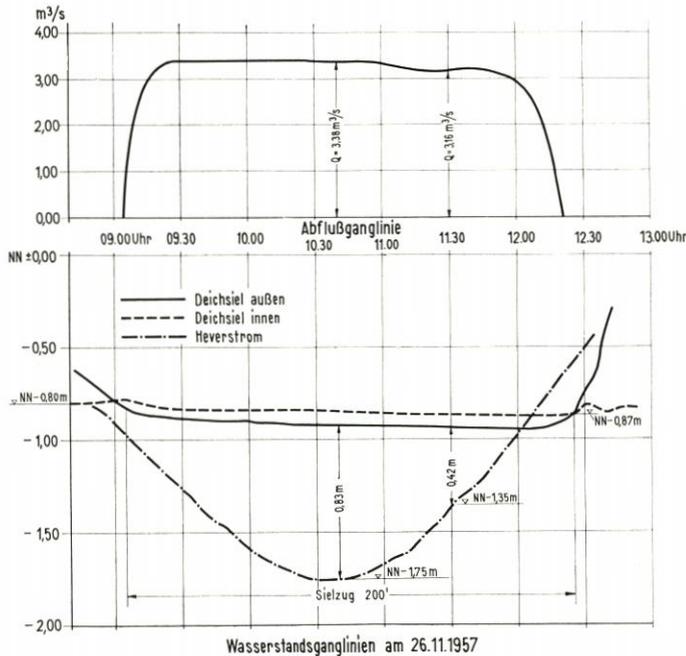


Abb. 16. Sielaufentief Tetenbüllspieker

Strömung ein Sedimenttransport statt, der das Mündungsgebiet ungünstig beeinflusst; in unmittelbarer Nähe und parallel zum Wattstrom hat sich, wie aus der Wattgrundkarte entnommen werden kann, auf dem hohen Watt hier eine Art Strandwall (höchste Erhebung NN + 0,9 m) gebildet.

Während des Sielzuges am 26. 11. 1957 sind die Geschwindigkeiten im Siel gemessen und gleichzeitig am Siel innen und außen sowie an der Mündung des Tiefs in die Hever die Wasserstände beobachtet worden (1):

Das Tnw der Hever wurde um 10.40 Uhr bei NN - 1,75 m erreicht, es lag

Tabelle 6

Sielaufentief Tetenbüllspieker
Querschnitte nach der Aufnahme vom Oktober 1957

Station	Größe der Querschnitte unter NN - 1,5 m m ²	unter NN ± 0,0 m m ²	Sohle im Talweg bezogen auf NN m	Bemerkung
0 + 050	1,35	26,48	- 1,99	
0 + 350	2,11	33,28	- 2,00	
0 + 550	2,99	28,10	- 2,15	
0 + 850	3,72	30,47	- 2,25	
1 + 150	4,82	33,32	- 2,10	
1 + 450	6,3	33,8	- 2,65	
1 + 550	9,71	72,33	- 2,25	
1 + 650	3,6	43,3	- 2,60	
1 + 750	3,3	33,5	- 2,20	
1 + 950	2,78	36,92	- 1,80	Barrenrücken
2 + 050	4,2	54,2	- 2,10	
2 + 150	5,6	48,15	- 1,95	
2 + 450	8,12	70,28	- 2,75	

Sollprofile nach dem Entwurf vom Oktober 1957:

0 + 050	6,75	36,0	- 2,39
0 + 750	8,0	40,0	- 2,53
1 + 450	10,4	44,0	- 2,67
1 + 950	11,85	47,0	- 2,77

9 cm unter dem MTnw (NN — 1,66 m) (Abb. 16). Der Sielzug begann etwa um 9.05 Uhr und endete etwa um 12.25 Uhr, dauerte also 3 Stunden und 20 Minuten. Von 9.05 Uhr bis etwa 12.00 Uhr war der Abfluß annähernd gleich groß ($Q_m = 3,3 \text{ m}^3/\text{s}$). Während des Sielzuges senkte sich der Binnenwasserstand von NN — 0,80 m auf NN — 0,87 m ab. Dabei flossen rund 35640 m^3 ab, dies entspricht einer Abflußspende $q = \text{rund } 16,5 \text{ l/s} \times \text{km}^2$. Der Gefällverlust innerhalb des Siels beträgt etwa 8 cm.

Mit diesen Meßwerten ist die Wasserspiegellinie zu den Zeiten 10.40 Uhr und 11.30 Uhr ermittelt und anschließend der Werte für F und v in den Längsschnitt (Abb. 15) eingetragen worden. Die Wasserspiegellinie um 11.30 Uhr verläuft bis Stat. 1 + 950 etwa auf der gleichen Höhe wie die um 10.40 Uhr; für die Wasserspiegellinie um 9.00 Uhr ließe sich dasselbe feststellen. Eine halbe Stunde nach Beginn und eine halbe Stunde vor Ende des Sielzuges ist die größte Abflußleistung des Sielaußentiefs vorhanden. Während der dazwischenliegenden Zeit fällt der Wasserspiegel der Hever ohne besondere Wirkung auf die Leistung des Sieles oder die weitere Absenkung der Wasserstände innerhalb des Sieles um weitere 0,40 m. Als Ursache für diese ungünstigen Verhältnisse wird allein die Barre angesehen.

Bis Stat. 1 + 700 nimmt der Querschnitt zu, die Geschwindigkeit sinkt entsprechend von 0,6 auf 0,3 m/s ab. Das mitgeführte Geschiebe sinkt bei Erreichen der Grenzgeschwindigkeit zu Boden und bildet ab hier die Barre. Dadurch verkleinert sich der Querschnitt wieder, die Geschwindigkeit wächst schnell wieder an. Obwohl diese über dem Scheitel der Barre den Wert 0,64 m/s erreicht, ist es ihr nicht möglich, die Barre tiefer abzutragen (Sortierung des Geschiebes innerhalb der Barre, größtes Korn im Kamm). Weiter zur Mündung nimmt die Geschwindigkeit mit wachsendem Querschnitt wieder ab.

Nach übereinstimmenden Angaben aller mit der Örtlichkeit Vertrauten ist das Sielaußentief von 1947 bis 1957, d. h. etwa 10 Jahre lang, nicht mehr geräumt worden; es war also ein gewisser Beharrungszustand gegeben.

Die oben aufgezeigten schlechten Vorflutverhältnisse müssen sich zu Zeiten mit großen Abflüssen besonders unangenehm bemerkbar machen, weil die überschwemmten Flächen nur sehr langsam wieder frei werden. Es ist daher verständlich, wenn der Wunsch, die Tiefgebiete künstlich zu entwässern, immer wieder vorgetragen wird. Bevor jedoch die im Betrieb teure Schöpfentwässerung eingeführt werden darf, sollten alle Möglichkeiten ausgeschöpft werden, die Leistungsfähigkeit des Sielaußentiefs zu verbessern.

Alle bisherigen Vorschläge beschränken sich darauf, die Querschnitte des Sielaußentiefs so zu vergrößern, daß bei normalem Sielzug ein mittleres Hochwasser im Sommer abgeführt werden kann (Bongsiel, Tetenbüllspieker). Im Falle Tetenbüllspieker ergeben sich aus dieser Forderung Ausbauquerschnitte unter NN — 1,5 m, die doppelt und dreimal so groß wie die jetzigen sind (Tabelle 6 „Sollprofile“). Da jedoch mittlere Hochwasser verhältnismäßig selten zum Abfluß kommen, verlanden derartig große Querschnitte je nach der Verlandungstendenz des Watts mehr oder weniger schnell. Sie können mit Erfolg nur dann geschaffen und erhalten werden, wenn ihnen gleichzeitig ein ausreichend großes Wateinzugsgebiet zugeordnet werden kann. Für Tetenbüllspieker besteht diese Möglichkeit auf der Westseite des Sielaußentiefs nicht mehr.

Die Vorflutverhältnisse lassen sich bereits etwas verbessern, wenn die Barre um 0,2 bis 0,4 m abgetragen wird. Die Wasserstände oberhalb der Barre ließen sich dann um ein entsprechendes Maß senken, die Querschnitte auf dieser Strecke würden sich vertiefen, ihre Leistung würde sich verbessern. Die Baggerungen können auf die verhältnismäßig kurze Barrenstrecke beschränkt bleiben. Bisher liegen leider noch keine Erfahrungen dafür vor, wie lange eine derartige Baggerung über einer Barre wirksam bleibt. Sobald wie möglich sollten hierzu Erfahrungen gesammelt werden, damit diese Lücke geschlossen werden kann. Die Wirtschaft-

lichkeit einer solchen Maßnahme ist gegeben, wenn die ständigen Baggerkosten geringer sind als die Bau- und Betriebskosten eines Schöpfwerkes bei gleichem Entwässerungserfolg.

Für Tetenbüllspieker kann die geplante Vordeichung zum Anlaß genommen werden, die Leistungsfähigkeit des Sielaußentiefs durch Verkürzung seines langen, im Vorland gelegenen Teiles optimal zu verbessern, wenn das neue Siel etwa bei Stat. 1 + 700 angeordnet, das Wateinzugsgebiet für das verbleibende Sielaußentief vergrößert und neu geordnet, die Einschränkung des Wateinzugsgebietes trotz der geplanten Vordeichung – soweit möglich – verhindert und der Lahnungsbau auf die Erhaltung des für die Sicherheit von Deichfuß und Deichböschung unbedingt notwendigen Vorlandes beschränkt wird. Wenn ferner ein Speicherbecken innerhalb des neuen Siels angelegt wird, das unter der Ordinate NN – 0,2 m das Hochwasser aufnehmen kann (MW bei Ordinate NN – 1,0 bis – 1,2 m), und wenn das neue Siel hydraulisch so günstig wie möglich geformt wird, kann eine optimale Entwässerungsleistung erzielt werden. Zur Schöpfentwässerung wird man wahrscheinlich erst überzugehen brauchen, wenn weitere säkulare Wasserstandshebungen dazu zwingen werden.

Durch die eingehende Schilderung der Verbesserungsmöglichkeiten ist die Beschreibung der Verhältnisse des Sielaußentiefs unterbrochen worden. Sie ist zu ergänzen durch die Feststellung, daß der höchste Binnenwasserstand NN – 0,2 m nicht überschreiten sollte; daß also der Sielzug in jedem Falle erst beginnt, wenn das hohe Watt trockengefallen ist.

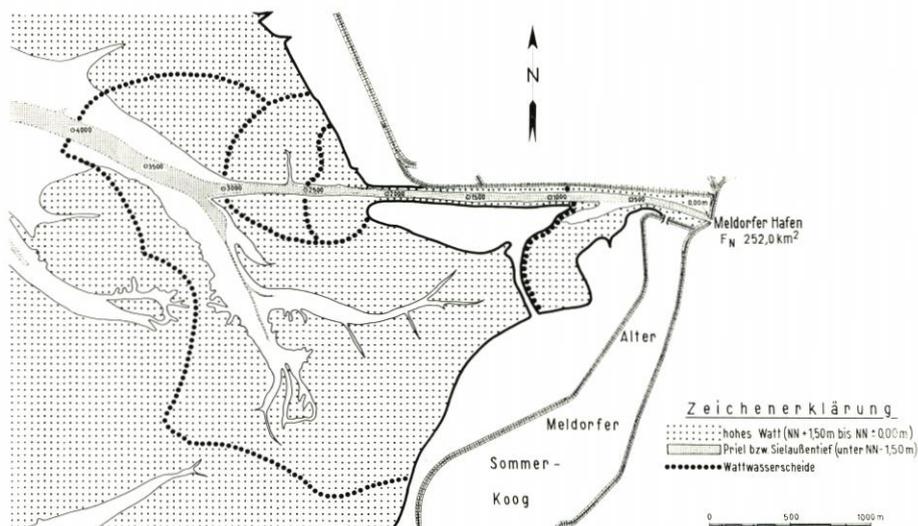


Abb. 17. Kronloch und Sielaußentief Meldorf-Hafen

In Abbildung 8 sind die Querschnittsgrößen unter den Bezugsebenen (NN – 1,5 m) und unter NN ± 0,0 m für die Sielaußentiefe Kronprinzenkoog und Tetenbüllspieker als Funktion der Entfernung vom Siel aufgetragen worden. Man erkennt deutlich, um wieviel ungünstiger die Verhältnisse in Tetenbüllspieker sind. Ab Stat. 0 + 500 bzw. 1 + 800 sind die Querschnitte in Tetenbüllspieker kleiner als die der natürlichen Wattrinnen.

Die Bedeutung von Größe und Form des Wateinzugsgebietes für die Querschnitts-abmessungen eines Sielaußentiefs zeigt besonders gut ein Vergleich der günstigen Verhältnisse des Kronprinzenkooges mit den ungünstigen des Sielverbandes Tetenbüllspieker. Setzt man die Werte für Tetenbüllspieker gleich 1, dann sind die entsprechenden Werte des Kronprinzenkooges nach der Zusammenstellung unten: für den Querschnitt des Sielaußentiefs unter-

NN — 1,5 m etwa in der Stat. 1 + 700 gleich 10 und für das zugehörige Wateinzugsgebiet gleich 3 bei einem Verhältnis der Niederschlagsgebiete 1 : 0,66.

	F_N km ²	F unter NN — 1,5 m m ²	WEG km ²
Tetenbüllspieker	50	1	0,44
Kronprinzenkoog	35	0,66	1,3

2.2.4. Sielaufentief Meldorf-Hafen

Das Sielaufentief Meldorf-Hafen bildet die Vorflut der Miele mit einem Einzugsgebiet $F_N = 252 \text{ km}^2$ und verbindet den Hafen Meldorf mit dem Wattstrom Kronenloch (Abb. 17). Die Abmessungen seiner Querschnitte können aus Tabelle 7 entnommen werden.

In Abbildung 18 sind die Querschnittsgrößen als Funktion ihrer Entfernung vom Siel aufgetragen worden. Die Werte der Querschnitte unter NN — 1,5 m liegen erheblich über der Leitlinie der Wattrinnen. Der Differenzbetrag ist als Einfluß des Süßwasserstromes anzusehen.

Das Sielaufentief ist im Norden bis Stat. 2 + 150 von hohem Vorland begleitet. Auf der Südseite befindet sich zwischen Stat. 0 + 500 und Stat. 0 + 900 ein Wateinzugsgebiet im wesentlichen auf hohem Watt, dessen Tidewassermenge einen Beitrag zur Spülung des verhältnismäßig langen und schmalen Außentiefs liefert. Von Stat. 2 + 150 bis Stat. 3 + 000 ist das Sielaufentief in das hohe Watt eingebettet und mündet etwa 150 m weiter in das Kronenloch (Abb. 17).

Das Wateinzugsgebiet ist bis Stat. 0 + 900 0,36 km² groß. Dieser Wert ändert sich bis Stat. 2 + 150 kaum. Von da an wächst es bis Stat. 3 + 000 auf 1,04 km² an. Seine Form ist ungünstig. Das unmittelbar unterhalb des Sieles gelegene Wateinzugsgebiet von 0,26 km² Größe trägt zur Erhaltung einer ausreichenden Vorflut nur geringfügig bei.

Die Sohle des Sielaufentiefs liegt bis Stat. 1 + 500 nur wenig über der Schleusensohle. Sie steigt von da bis Stat. 3 + 000 zu einer Barre an, deren Rücken sich etwa bis NN — 3,0 m erhebt. Dadurch dürfte das Tnw jedoch kaum beeinflusst sein, denn das MTnw (NN — 1,65 m) liegt sehr niedrig.

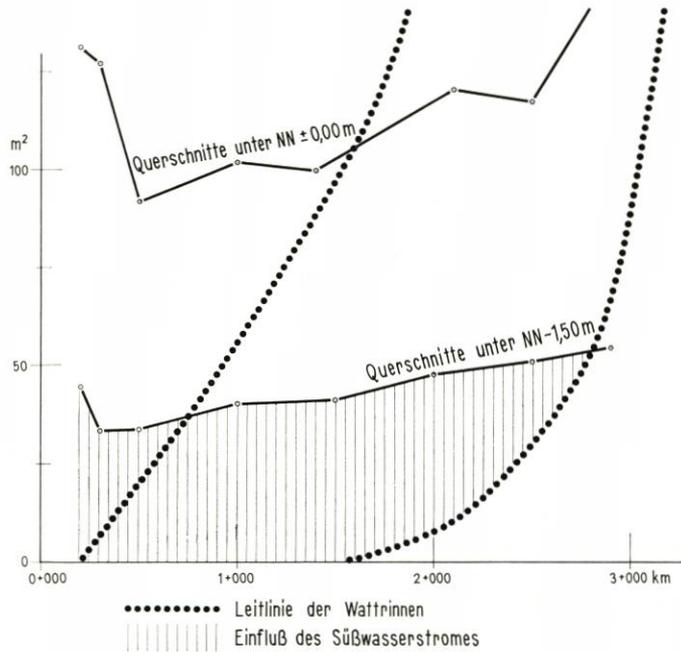


Abb. 18. Querschnittsgrößen für das Sielaufentief Meldorf-Hafen 1963

Die Vorflutverhältnisse sind daher trotz der großen Länge des Sielaußentiefs gut. Das muß nach den bisherigen Feststellungen weniger auf günstige Wateinzugsgebiete als auf den großen Süßwasserabfluß, d. h. auf das große Niederschlagsgebiet zurückgeführt werden.

Tabelle 7
Sielaußentief Meldorf-Hafen
Querschnitte nach der Wattaufnahme vom August 1963

Station	Größe des Querschnittes		Sohlenhöhe im Talweg bezogen auf NN m
	unter NN - 1,5 m m ²	unter NN ± 0,0 m m ²	
0 + 200	44,70	131,20	- 3,06
0 + 300	33,50	127,13	- 2,80
0 + 500	33,62	91,63	- 3,25
1 + 100	40,25	101,90	- 3,76
1 + 500	41,20	99,69	- 3,56
2 + 000	47,55	120,25	- 3,82
2 + 500	50,86	117,19	- 3,35
2 + 900	54,5	149,5	- 2,90

Quelle: Marschenbaumt Heide: Peilungen der Querschnitte der Meldorfer Außenmiele seit 1959.

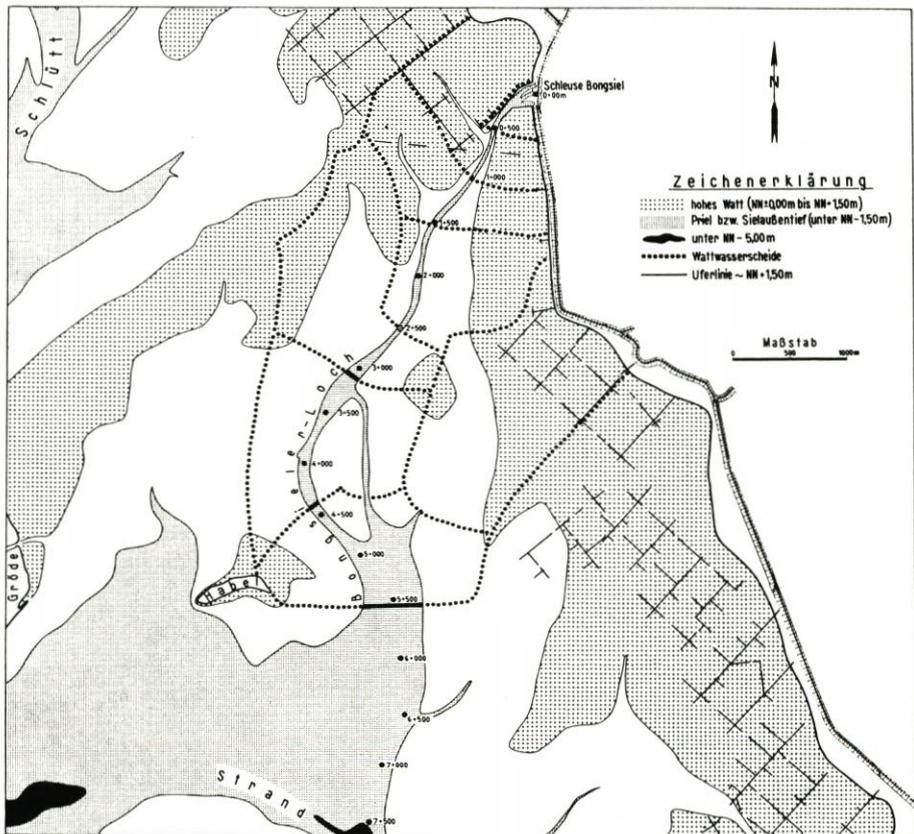


Abb. 19. Sielaußentief Bongsiel - Lageplan 1936/37

Die Binnenwasserstände befinden sich normalerweise weit unter $NN \pm 0,0$ m und erreichen nur bei HHW $NN + 0,4$ m. Sielzug findet daher meist zu einer Zeit statt, wenn das hohe Watt bereits trockengefallen ist. Die Vorflutverhältnisse im Sielaußentief Meldorf-Hafen können für die Mittelwasserabführung als gut bezeichnet werden.

2.2.5. Sielaußentief Bongsiel

Das Sielaußentief Bongsiel hat heute zwar keine Bedeutung mehr und ist der Verlandung bis zu einer natürlichen Watrinne anheimgegeben; trotzdem wollen wir seinen alten Zustand an Hand der Wattaufnahmen aus den Jahren 1936/37 und 1955/57 sowie nach einer „Untersuchung der Sielquerschnitte Bongsiel“ aus dem Jahre 1953 (6) rekonstruieren, weil an diesem Beispiel sehr bemerkenswerte Erkenntnisse gewonnen werden können.

Die Abbildungen 19 und 20 zeigen die örtliche Situation für das Sielaußentief und das Bongsieler Loch nach den Wattaufnahmen 1936/37 und 1955/57. Die Abbildung 21 läßt die Weiter- und Rückentwicklung des Bongsieler Loches nach der Eindeichung des Hauke-Haien-Kooges (1957 bis 1960) zu einem natürlichen Wattwasserlauf erkennen und ist deshalb in die Betrachtung einbezogen worden. Aus den Wattgrundkarten und der „Untersuchung Siel-

Tabelle 8

Sielaußentief Bongsiel
Querschnitte nach den Wattaufnahmen 1936/37, 1955/57 und nach den Peilungen
für den Entwurf von 1953

Station	Größe des Querschnittes					
	unter $NN - 1,5$ m			unter $NN \pm 0,0$ m		
	1936/37 m ²	1953 m ²	1955/57 m ²	1936/37 m ²	1953 m ²	1955/57 m ²
0 + 024		33,0			102,0	
0 + 175		30,0			97,0	
0 + 260		27,0			71,0	
0 + 350		26,0			72,5	
0 + 470		28,0			51,0	
0 + 560		21,0			54,5	
0 + 660		20,0			54,0	
0 + 870			34,0			137,0
1 + 700			30,5			292,25
2 + 000			52,0			352,0
2 + 500			164,88			943,95
2 + 820	60,0					
3 + 000			131,0			981,0
3 + 700			(123,2)			
4 + 000	83,2					
4 + 250			(160,0)			
4 + 400			185,9			—
4 + 600	149,5					
4 + 800			(171,4)			
5 + 550	426,3		377,8			
5 + 700			(327,0)			

Zahlen in Klammern geben das Ausmaß 1961 an, d. h. nach der Bedeichung des Hauke-Haien-Kooges und nach Aufhebung der Schleuse Bongsiel.

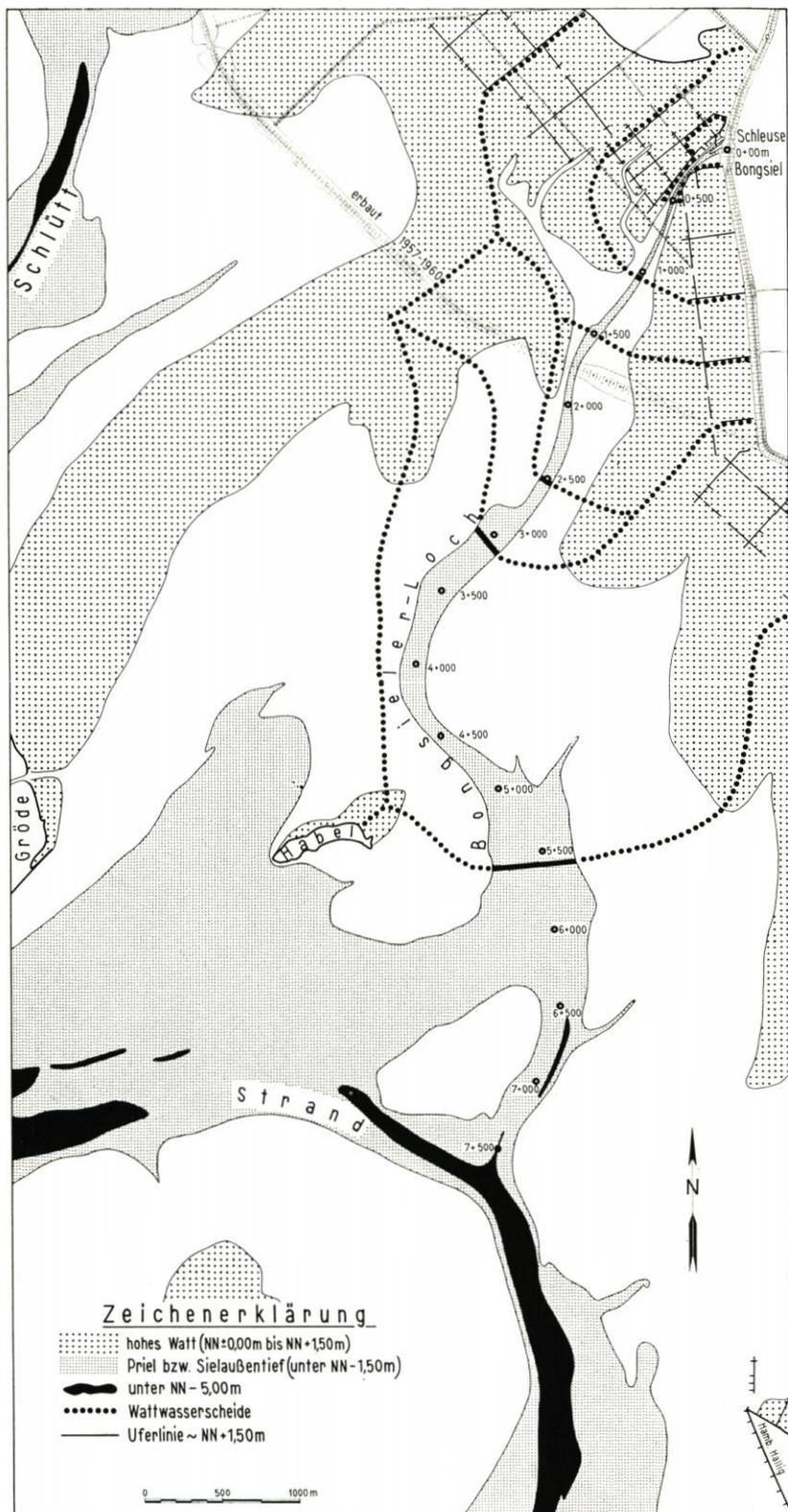


Abb. 20. Sielaufentief Bongsiel - Lageplan 1955/57

querschnitte Bongsiel“ sind in Abbildung 22 die Veränderung der Sohlenhöhe und ihrer Lage zur Ausgleichslinie der Wattrinnen und Priele, in Tabelle 8 die Größen der Querschnitte und endlich in Abbildung 23 die Veränderungen der Querschnittsgrößen zusammengestellt worden.

Das Bongsieler Loch und das Sielaufentief, wie sie in Abbildung 19 dargestellt sind, bilden 1936 den nördlichsten Ausläufer der Norderhever, die sich nach den beiden großen Sturmfluten der Jahre 1362 und 1634 gebildet hat. In diesem Zusammenhang soll außer acht bleiben, daß das Bongsieler Loch auch mit dem Rummelloch in Verbindung steht.

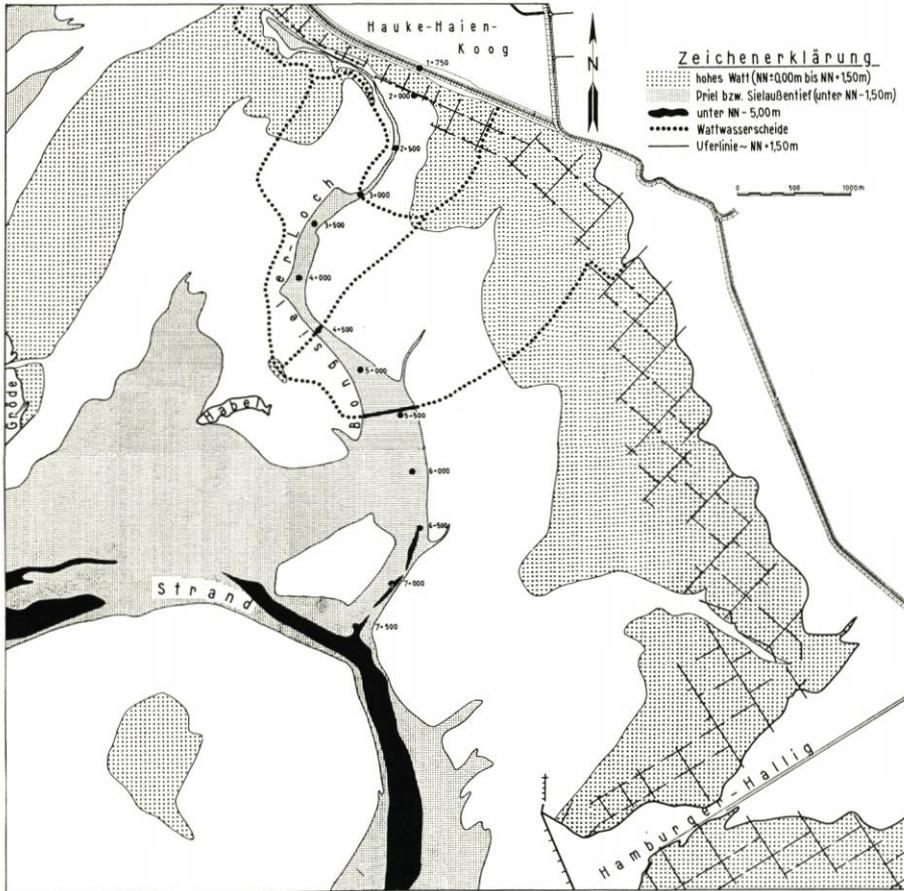


Abb. 21. Sielaufentief Bongsiel – Lageplan 1961

Die Entwicklung des Sielaufentiefs Bongsiel kann aus dem Vergleich alter Karten bis in die jüngste Zeit nachgewiesen werden. Auf J. MEJERS „Landkarte von Nordgoesherde Amt Husum Lundenberg und dem Nordstrande“ von 1649 (14, Tafel VIII, Abb. 29) entwässert das Bottschlott, d. h. das spätere Sielaufentief Bongsiel, durch das „Small deep“, und die Norderau. Auch nach der im Jahre 1888 für die Zeit von 1643 bis 1648 redigierten Geerzschens historischen Karte der Schleswigischen Westküste (Ausschnitte) steht die Bottschlotter Tiefe im wesentlichen mit dem Schmalteuf in Verbindung. Im Jahre 1894, also vor der Herstellung des Verbindungsdammes zwischen Langeneß, Oland und dem Festland im Jahre

reits bei Stat. 2 + 000, für die Querschnitte unter NN sogar schon bei Stat. 1 + 000 wirksam ist.

Aus diesen beiden Abbildungen wird weiter ersichtlich, daß die Querschnitte unter der Bezugsebene NN — 1,5 m und die Sohlenhöhen ab Stat. 3 + 000 noch nicht denen eines natürlichen Wattwasserlaufes entsprechen. Diese Querschnittsgrößen liegen unter der Leitlinie der Wattrinnen, sind also noch zu klein; die Sohlenhöhen liegen zum Teil erheblich über der Ausgleichlinie der Wattrinnen und Priele, sind also noch zu hoch. Die Querschnitte unter NN dagegen haben sich der Leitlinie der Wattrinnen schon weitgehend angepaßt.

Wir erkennen daraus, daß die Norderhever bis Bongsiel unterhalb der Bezugsebene NN — 1,5 m noch nicht ausgereift ist. Wenn der Querschnitt des Bongsieler Loches bei Stat. 4 + 000 (Messung 1955/57) nur halb so groß ist wie der vergleichbare eines natürlichen, vollentwickelten Priels, wird verständlich, warum das Mitteltidenniedrigwasser bei Bongsiel nur den Wert NN — 1,12 m erreichen konnte, obwohl das MTnw in Wyk/Föhr bei NN — 1,4 m und in Husum bei NN — 1,76 m vorgegeben ist.

Ein Vergleich der Sohlenhöhen von 1953 bzw.

1955 mit den auf der Admiralitätskarte von 1912 angegebenen Wassertiefen unter SprTnw ergibt, daß sich die Vorflut inzwischen verbessert haben muß. Die tiefe Lage der Sohlenhöhe läßt zunächst nicht vermuten, daß die Leistungsfähigkeit des Sielaufentiefs schlecht ist. Die Peilprofile des Jahres 1953 (Tabelle 8) zeigen nun, daß die Durchflußquerschnitte vom Siel bis Stat. 0 + 660 ständig kleiner werden (Abb. 23), bei Stat. 0 + 660 am kleinsten und nur halb so groß sind wie die vergleichbaren mittleren Durchflußquerschnitte des Sielaufentiefs Meldorfer Hafens (Ab. 18). Bei Sielzug ergibt sich daher ein Aufstau, der für das hohe MTnw verantwortlich ist. Dieser Aufstau wird mit zunehmender Süßwasserabflußmenge größer.

Die Ursache für diese örtlich begrenzte Erscheinung können wir wahrscheinlich in folgendem sehen: Nach der Wattaufnahme von 1936/37 ergibt sich, daß das hohe Watt bis Stat. 0 + 500 dicht an das Sielaufentief herantritt. Unmittelbar unterhalb dieser Station mündet eine Wattrinne aus einem etwa 1 km² großen nordwestlich gelegenen, hohen Wattgebiet. Unterhalb dieser Mündung ist das Sielaufentief in das niedrige Watt eingeschnitten, das sich allmählich trichterförmig erweitert und bei Stat. 1 + 300 etwa 300 m breit ist. Bei

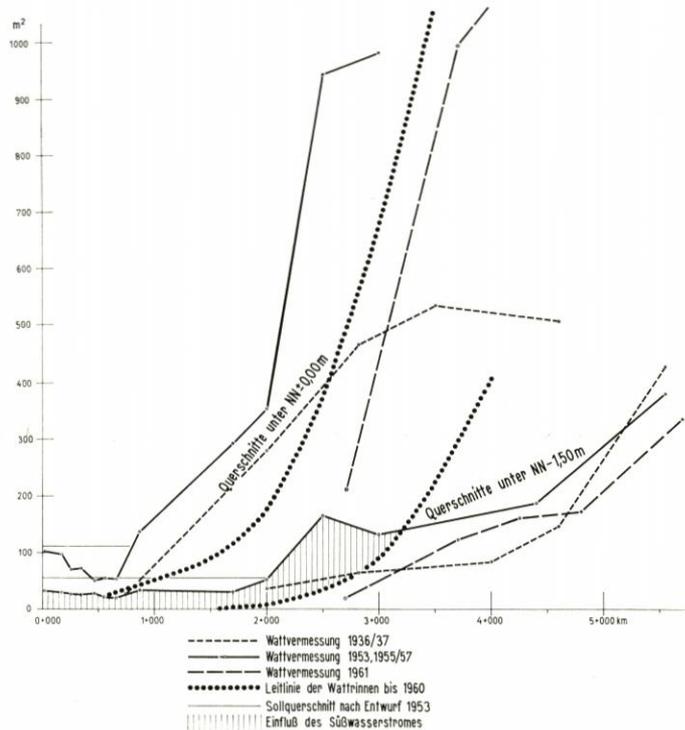


Abb. 23. Sielaufentief Bongsiel – Veränderungen der Querschnittsgrößen

Stat. 1 + 500 etwa mündet eine weitere Watrinne, die ein ebenfalls nordwestlich gelegenes, etwa 1 km² großes hohes Watt ent- und bewässert. Die Lage der Watteinzugsgebiete läßt sich aus Abbildung 19 entnehmen. Erst bei Stat. 7 + 500 werden größere Wassertiefen festgestellt (NN — 5,0 m und größer). Lage und Form der in unmittelbarer Nähe des Siels gelegenen Watteinzugsgebiete können als für das Sielaußentief noch günstig bezeichnet werden.

Demgegenüber zeigen die Wattaufnahmen der Jahre 1955/57 (Abb. 20) wesentliche Veränderungen in unmittelbarer Nähe des Siels. Das wahrscheinlich nach dem zweiten Weltkrieg erneuerte Lahnungssystem ist nicht mehr auf das Sielaußentief, sondern senkrecht zur Uferlinie des Meeres ausgerichtet. Die Wirkung dieses Handelns tritt sehr deutlich in Erscheinung und bestätigt die bei Tetenüllspieker (2.2.3) gemachten Ausführungen:

Die früher eben unterhalb Stat. 0 + 500 mündende Watrinne hat sich bis Stat. 1 + 000 etwa verlagert unter gleichzeitiger Verkleinerung des zugehörigen Watteinzugsgebietes auf etwa die Hälfte. Die bei Stat. 1 + 500 mündende Watrinne hat ihre Lage beibehalten, ihr Watteinzugsgebiet hat sich um ein größeres Maß erweitert, als es der Schrumpfung des o. a. Watteinzugsgebietes entspricht. Die Schrumpfung und Vergrößerung der Watteinzugsgebiete ist an der Änderung der Querschnittsgrößen gut ablesbar (Abb. 23). Die Wirkungen sind auf die Querschnitte unter NN größer als auf die unter der Bezugsebene NN — 1,5 m befindlichen. Durch künstliche Veränderung der Wattwasserscheiden lassen sich also die Wattwasserläufe und Sielaußentiefs im ufernahen Bereich beeinflussen.

Von 1936 bis 1955 muß sich die Leistungsfähigkeit des Sielaußentiefs unter beiden Bezugsebenen NN — 1,5 m und NN ± 0,0 m verbessert haben; in dieser Zeit haben sich die Querschnitte bis Stat. 3 + 000 z. T. mehr als verdoppelt. Diese Entwicklung dürfte eng mit der Verbesserung der Entwässerungsverhältnisse im Bongsieler Gebiet zusammenhängen, die bereits in der Mitte des vorigen Jahrhunderts eingeleitet — Bedeichung der Soholmer Au (1850 bis 1860), des Bongsieler Kanals (1896) und der Lecker Au (1914 und 1921) sowie Bau der neuen Deichschleuse (1922/1923) —, aber erst nach dem zweiten Weltkrieg auf Grund des Gesamtplanes für das Bongsieler Gebiet vom 31. 8. 1938 in den Jahren 1948 bis 1956 wesentlich beeinflusst und gestaltet wurde. Bis zu diesem Ausbau war die rund 180 km² große Marsch auf natürliche Entwässerung angewiesen. Das Mittelwasser des Bongsieler Kanals war aus einer 10jährigen Beobachtungsreihe nur zu NN — 0,50 ermittelt worden. Da ausgedehnte Gebiete sehr niedrig liegen (geringste Höhe NN — 1,5 m), konnten früher viele Flächen nur bei Hohlebbe notdürftig entwässern. Das Wasser der etwa 550 km² großen Geestgebiete wurde zwar mit Hilfe der oben genannten bedachten Hauptvorfluter durch die Marsch geführt, die zwischen den Deichen vorhandenen bzw. geschaffenen Speicherräume genügten jedoch bei ungünstigen Wetter-, insbesondere Sturmflutwetterlagen nicht. Fast alljährlich wurden die Deiche der Hauptvorfluter überströmt. Wochen und Monate waren die tiefliegenden Niederungsteile überschwemmt, weil mittlere Binnenwasserstände wegen des schlechten MTnw Bongsiel (NN — 1,12 m) nur sehr langsam wiederhergestellt werden konnten und weil die niedrigsten Flächen im allgemeinen nur auf die Verdunstung des Restwassers angewiesen waren. Durch den Ausbau wurde nicht nur der Speicherraum in den Hauptvorflutern vergrößert, es wurde auch die natürliche Entwässerung auf die Schöpfentwässerung umgestellt. Wenn auch das Bongsieler Gebiet durch den Bau des Speichers im Hauke-Haien-Koog erst seine volle Sicherheit gegen Überflutungen erfahren hat, haben die bis 1953 durchgeführten Baumaßnahmen bereits dazu beigetragen, die Querschnittsvergrößerungen im Sielaußentief herbeizuführen. Durch die Einführung der Schöpfentwässerung wurde nicht nur das gesamte überschüssige Wasser erstmals vollständig und in ausreichender Tiefe unter der Geländeoberfläche entfernt, der Mittelwasserspiegel im Bongsieler Kanal wurde auch auf Wasserstände um NN angehoben. Damit wurde nicht nur die Sielzugzeit verlängert, sondern auch mehr Was-

ser als vorher und zu einer Zeit abgeführt, in der die größte Räumwirkung auf den Wattwasserlauf ausgeübt werden kann.

Die bis an die Deichschleusen in Bongsiel herangeführten bedachten Hauptvorfluter lassen einen Aufstau des Binnenwassers bei Hochwasserabfluß und bei sturmflutbedingten langen Torschlußzeiten bis zur Höhe NN + 1,25 m zu. Bei solchen Abflußverhältnissen wird zwar die Sielzugzeit noch länger, die Wirkung auf das Sielaußentief entspricht jedoch nicht der zum Abfluß kommenden Süßwassermenge. Bei Sielzug oberhalb NN \pm 0,0 m sind wegen des sehr großen Querschnittes auf dem hohen Watt nur sehr geringe Geschwindigkeiten gegeben, die das Sielaußentief nicht mehr zu formen vermögen.

3. Zusammenfassung

Es sind unbeeinflusste und durch künstliche Eingriffe veränderte Wattgebiete aus morphologischer Sicht betrachtet worden. Für die natürlichen und künstlich veränderten Wattwasserläufe (Sielaußentiefs) wurden unter anderem die Sohlenhöhen im Talweg und die Querschnitte als Funktion ihrer Entfernung von der Uferlinie oder vom Siel ermittelt und zum Teil miteinander verglichen. Zu diesem Zweck mußte die Ausgleichlinie der Wattrinnen und Priele sowie die Leitlinie der Wattrinnen aus der Untersuchung „Über Wattwasserläufe“ (16) in die Betrachtung einbezogen werden. Ob und wie weit die für die Ermittlung der Ausgleichlinie und der Leitlinie ausgewählten Wattrinnen unbeeinflusst waren, läßt sich mit Sicherheit nicht sagen. Nach Rückbildung des Sielaußentiefs Bongsiel und des Bongsieler Loches wird es unter Umständen möglich sein, die Form einer unbeeinflussten Wattrinne kennenzulernen. Alle künstlichen Eingriffe ins Watt müßten zu diesem Zweck zukünftig so lange in diesem Raum vermieden werden, bis sich eine in der Form stabile Wattrinne gebildet hat und bis diese mit den benutzten Wattrinnen und Priele verglichen, gegebenenfalls die Leitlinie der Wattrinnen und die Ausgleichlinie der Wattrinnen und Priele berichtigt werden könnten.

Es war möglich, sehr wesentliche Erkenntnisse über die Ursachen der teilweise mangelhaften Leistungen einiger Sielaußentiefs zu gewinnen. Zum Beispiel ist die Anlage von Landgewinnungswerken neben einem Sielaußentief so zu gestalten, daß das Watteinzugsgebiet des Sielaußentiefs nicht verkleinert (z. B. Tetenbüllspieker), sondern – wo möglich – vergrößert wird. Weitere Einzelheiten, insbesondere über die Gesetzmäßigkeit der Sielaußentiefs, enthält die oben genannte Untersuchung, der die vorstehenden Ausführungen zur Grundlage gedient haben.

Schrifttum

1. ANDRESEN, F. H.: Untersuchung der Möglichkeiten zur Verbesserung der natürlichen Vorflut im Außenpriel vor dem Seedeich des Sielverbandes Tetenbüllspieker. Marschenbauamt Husum, 1958 (unveröffentlicht).
2. BOTHMANN, W.: Die Bedeutung der Landgewinnungsarbeiten für den Küstenschutz an der Nordsee. (Die Wasserwirtschaft, Jg. 46 [1941], H. 6–8.)
3. BUSE, H. J.: Topographische Wattkarten der niedersächsischen Wasserwirtschaftsverwaltung. (Forschungsstelle Norderney, Jahresbericht 1961, Bd. XIII.)
4. DOLEZAL, R.: Grundkarten der Wattaufnahmen an der Westküste Schleswig-Holsteins. (Allgem. Vermessungs-Nachr. Nr. 11 [1952], S. 276–285.)
5. HOMEIER, H.: Historisches Kartenwerk 1 : 50 000 der niedersächsischen Küste. (Forschungsstelle Norderney, Jahresber. 1961, Bd. XIII, S. 11–30.)

6. KAMBEK, W.: Untersuchung Sielquerschnitte Bongsiel, Deich- und Hauptsielverband Bongsiel, Kreis Südtondern, 25. 10. 1953 (unveröffentlicht).
7. KNOP, FR.: Untersuchungen über Gezeitenbewegung und morphologische Veränderungen im nordfriesischen Wattgebiet als Vorarbeiten für Dammbauten. (Diss. Mitt. Leichtweiß-Inst. für Wasserbau u. Grundbau d. TH Braunschweig, 1961, H. 1, S. 1-123.)
8. KNOP, FR.: Küsten- und Wattveränderungen Nordfrieslands - Methoden und Ergebnisse ihrer Überwachung. (Die Küste, 11 [1963], S. 1-33.)
9. LANDESSTELLE FÜR GEWÄSSERKUNDE, KIEL: Topographische Wattkarten 1 : 25 000. (Mappe in O. Fischer „Das Wasserwesen an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste“. III. Teil. 1955.)
10. LEBHERZ, D.: Hochwasserentlastung Bongsiel an der schleswig-holsteinischen Westküste. (Wasser und Boden [1964] Heft 8, S. 263-267.)
11. MARSCHENBAUAMT HUSUM: Wasserwirtschaftlicher Gesamtplan für das Gebiet des Deich- und Hauptsielverbandes Sönke-Nissen-Koog-Schleuse vom 15. 3. 1965. Teil I. Ausbau des Außenpriels (unveröffentlicht).
12. MARSCHENBAUAMT HUSUM: Gesamtplan für das Bongsieler Gebiet vom 31. 8. 1938 mit dem 1. Nachtrag vom 25. 11. 1946 sowie dem 2. Nachtrag vom 15. 1. 1957 des Deich- und Hauptsielverbandes Südwesthörn-Bongsiel u. d. 3. Nachtrag v. 15. 11. 1965 des Deich- und Hauptsielverbandes Südwesthörn-Bongsiel (unveröffentlicht).
13. MÜLLER, F.: Das Wasserwesen an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste. Erster Teil: Die Halligen. Berlin 1917.
14. MÜLLER, F.: Das Wasserwesen an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste. Erster Teil: Die Halligen. Atlas. Berlin 1917.
15. PETERSEN, M.: Die topographische Wattkarte und ihre Bedeutung für den Küstenschutz. (Die Wasserwirtschaft, Jg. 49 [1959], H. 3, S. 62-65.)
16. RODLOFF, W.: Über Wattwasserläufe. (Mitteilungen des Franzius-Institutes für Grund- und Wasserbau der Technischen Universität Hannover, 1970, H. 34, S. 1-88.)
17. TILLESSEN, K.: Die Entwässerung des Einzugsgebietes der wangerländischen Sielacht (Jeverland). (Neues Archiv für Niedersachsen. Landeskunde, Statistik, Landesplanung 1951, H. 22, S. 91-110.)
18. WOHLBERG, E.: Die Grüne Insel in der Eidermündung. Eine entwicklungs-physiologische Untersuchung. (Arch. Dt. Seewarte, Bd. 50 Nr. 2, 1931.)
19. WRAGE, W.: Das Wattenmeer zwischen Trischen und Friedrichskoog. (Archiv d. Dt. Seewarte, Bd. 48 Nr. 5, 1930.)

Der Einfluß des jüngsten Transgressionsablaufes auf die Küstenentwicklung der Geltinger Birck im Nordteil der westlichen Ostsee

Von Frithjof Voss

Summary

The northernmost coastal zone of Germany adjoining the western Baltic, the so called Geltinger Birck, is formed by a very intricate spit morphology. The region was investigated by means of geodetic methods, interpretation of aerial photographs and evaluations of historical maps, whereas data compiled from several archives proved to be the most accurate way in dating the geologically recent landform development.

The main results of the research are the close correlations between the evolution of spits and the relative sea level changes within the past 2000 years. During the transgressional phase the Baltic nearly attained the present level at about 2000 years B.P. which caused the development of spits similar to those of recent times. The following regression, as indicated by its lowest level of approximately — 88 cm NN at about 1100 A.D., was associated with decreasing heights of the investigated spits. These landforms were subsequently transgressed during the past 900 years, which brought about a steady rise of the sea level and the evolution of the present morphology.

Inhalt

I. Einleitung	101
II. Literaturübersicht	102
III. Zur Methodik der Untersuchungen	102
1. Benutzung von Luftbildern	102
2. Kartengrundlagen	102
3. Vermessungs- und Kartierungsarbeiten	103
4. Datierungsprobleme	104
IV. Auswertung der Ergebnisse	104
1. Vorbemerkungen	104
2. Die Oberflächenformen der Geltinger Birck	105
a. Der Formenschatz im Osten des Arbeitsgebietes	105
b. Die Strandwalllandschaft im Mittelteil des Untersuchungsbereiches	105
c. Die Oberflächenformen der nordwestlichen Strandwallfächer	106
d. Die Strandwallmorphologie außerhalb des Deiches	108
V. Die Datierung der Landschaftsentwicklung	109
VI. Zusammenfassung der Ergebnisse und Schlußfolgerungen	111
VII. Literaturverzeichnis	113

I. Einleitung

Der nördliche Teil der westlichen Ostsee bildet zugleich den äußersten Nordosten der Bundesrepublik. Das Gebiet umfaßt den Raum zwischen der deutsch-dänischen Grenze und der südlich anschließenden Flensburger Förde, deren Außenküste sich bis an die Schlei hinzieht.

Von diesem Bereich gingen die Anregungen zur vorliegenden Arbeit aus, hervorgerufen durch eine Reihe morphologischer Untersuchungsergebnisse aus dem Schleimündungsgebiet

(Voss 1967). Dort ließen sich die Zusammenhänge zwischen dem Transgressionsablauf der letzten 3000 Jahre und der jüngsten Küstenentwicklung klären, wobei die Erkenntnisse des Einflusses relativer Meeresspiegelschwankungen auf morphogenetische Prozesse von besonderer Bedeutung waren. Da diese Beziehungen bisher nur in dem regional begrenzten Raum der Schlei- und Mündung nachweisbar waren, ergab sich die Frage nach der Verbreitung dieser Phänomene und damit die Notwendigkeit zusätzlicher Arbeiten in Nachbarräumen. Für diese Zwecke bot sich die ausgedehnte Strandwalllandschaft im Naturschutzgebiet der Geltinger Birk an, das mit rund fünf Quadratkilometer Größe den Übergang zwischen Flensburger Förde und Schlei bildet (s. Abb. 1).

II. Literaturübersicht

Über den Bereich der Geltinger Birk gibt es bereits einige Untersuchungen, die sich mit ihrer erdgeschichtlichen Entstehung befassen. Während MARTENS (1927) schon früh eine Erklärung der Großformen jenes Gebietes versuchte, wurden seine wenigen Aussagen wesentlich von HINTZ (1958) durch see- und landseitige Geländeaufnahmen erweitert. Dagegen kam KÖSTER (1958) auf Grund eigener Kartierungen der Oberflächenformen zu abweichenden und teils sehr unterschiedlichen Auffassungen über den Aufbau und die Entwicklung der Strandwallsysteme.

Obwohl diese jüngste Veröffentlichung andersartige Gesichtspunkte erbrachte, fußt sie doch gegenüber HINTZ (1958) auf sehr generalisiert dargestellten Geländeaufnahmen, so daß die Aussagekraft der darauf basierenden Folgerungen gemindert wird.

III. Zur Methodik der Untersuchungen

Um der in der Einleitung umrissenen Zielsetzung nahezukommen, war eine genaue Kenntnis der Strandwallsysteme der Geltinger Birk in Aufbau und Oberflächenformen unerlässlich. Besonders im Hinblick auf die bereits zitierten, teils sich widersprechenden Kartierungen erwies sich eine Neuaufnahme des Geländes als Grundlage für weitere Ableitungen als erforderlich. Um die offensichtlich bei den früheren Arbeiten aufgetretenen Schwierigkeiten zu vermeiden, wurden folgende Methoden zur Anwendung gebracht:

1. Benutzung von Luftbildern

Zum Zwecke eines Gesamtüberblicks des Arbeitsgebietes und zur Orientierung im Gelände wurden vom Landesvermessungsamt in Kiel freundlicherweise ein Luftbildplan (1:25 000) von 1937 und einige Luftbilder (etwa 1:20 000) aus dem Jahre 1953 zur Verfügung gestellt. Aus Maßstabsgründen und wegen der geringen Höhenunterschiede der Oberflächenformen eigneten sich die Aufnahmen nicht zur Auswertung mit photogrammetrischen Methoden.

2. Kartengrundlagen

Als Basis für die morphologische Untersuchung dienten Katasterkarten (1:2000) von 1939, die jedoch aus Mangel an noch gegenwärtigen topographischen Details sehr berichtigungs-

bedürftig waren. Daneben boten sich in den meisten Fällen die 1962 hergestellten Küstenpläne (1:2000) des Landesamtes für Wasserwirtschaft Schleswig-Holstein als beste Grundlage an. Ein wertvoller Umstand ergab sich vor allem aus der noch vorhandenen Lage- und Höhenübereinstimmung von trigonometrischen und Polygonpunkten zwischen Gelände und Karte, so daß hier ein exakter Anschluß an ein gegebenes Netz möglich war.

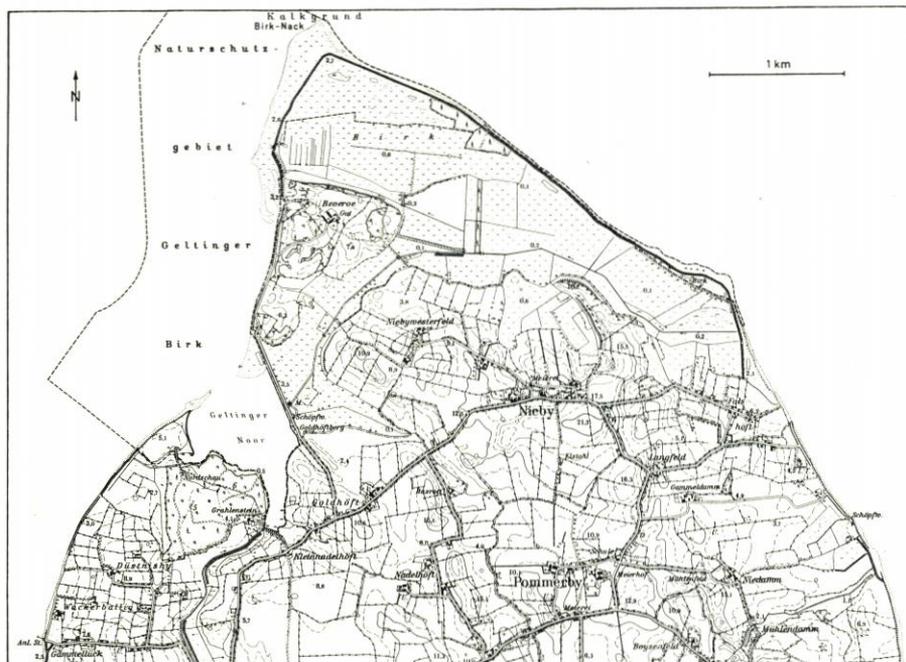


Abb. 1. Übersicht und Lage des Untersuchungsgebietes
Ausschnitt aus der Topographischen Karte 1:25 000, Blatt 1225. Mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Schleswig-Holstein

3. Vermessungs- und Kartierungsarbeiten

Die eigenen vermessungstechnischen Arbeiten und Geländeaufnahmen zielten hauptsächlich auf eine möglichst präzise Erfassung der Strandwallsysteme auf der Geltinger Birk. Dieser Notwendigkeit entsprechend waren die Untersuchungen ausgerichtet, die im Sommer und Herbst 1966 ausgeführt wurden. Wegen der außerordentlich schwierigen morphologischen Verhältnisse wurde für die Geländeaufnahme der Maßstab 1:2000 gewählt, nicht zuletzt auch bedingt durch die zitierten, vorhandenen Kartengrundlagen. Ausgehend von den bekannten trigonometrischen Punkten und den noch bestehenden Monumenten der für die Küstenvermessung aufgestellten Polygonzüge aus dem Jahre 1962 wurde zunächst ein zusätzliches, weitmaschiges Festpunktnetz auf allen Strandwallsystemen eingerichtet. Die nötigen vertikalen und horizontalen Lagekontrollen ließen sich darüber hinaus in Verbindung mit trigonometrischen Punkten im Süden der Geltinger Birk überprüfen. Sodann erfolgte als Vorbereitung zur topographischen Aufnahme die Anlage je eines Tachymeterzuges auf den jeweils längsten Strandwällen der einzelnen Systeme.

Von Osten nach Westen fortschreitend wurden die dafür benötigten Festpunkte immer auf den Kammlinien der Strandwälle vermarktet, während alle abzweigenden Wälle in gleicher Weise erfaßt wurden. Daran anschließend erfolgte dann die Vermessung der Geländeformen, wobei die Kartierung der einzelnen Strandwälle stets ihrer Kammlinie folgte, um charakteristische Abknickungen oder Richtungsänderungen erfassen zu können. Hierbei wurden zwischen den einzelnen Meßpunkten 40-m-Distanzen nie überschritten, während die Abstände nach beiden Seiten von der typischen Ausbildung der langgestreckten Geländesenken abhing.

Alle Punkte wurden während der Außenarbeiten sofort kartiert, ihre Lage zu NN auf 0,5 cm genau bestimmt und die Höhenlinien ebenfalls angesichts des Geländes erstellt, um ein Übersehen wichtiger Details zu vermeiden. Parallel dazu verlief auch die Aufnahme der übrigen Karteninhalte, wie beispielsweise die Verbreitung der Vegetation, die Lage von künstlich geschaffenen Oberflächenveränderungen und die Eintragung von Wasserflächen, Gräben, Feldgrenzen usw.

4. Datierungsprobleme

Im Verlauf der Außenarbeiten ergaben sich verschiedentlich Anzeichen, die auf ein relativ geringes Alter der Strandwallandschaft als Ganzes hindeuteten. Bereits HINTZ (1958) hatte den Versuch unternommen, mit Hilfe von zwei historischen Darstellungen die jüngsten Küstenveränderungen zu bestimmen. Diese Unterlagen wurden auch im vorliegenden Zusammenhang benutzt; doch ließen sich verbesserte Vergleichsmöglichkeiten mit den eigenen Geländeaufnahmen erzielen, da eine Karte von 1786 (G. G. A. = Geltinger Guts Archiv) mit einfachen Meßtechniken erstellt worden war und auf dieser Basis im Vermessungsvergleich wichtige topographische Angaben in die heutige Situation übertragen werden konnten. Neben historischen Darstellungen zog KÖSTER (1958) zu Datierungszwecken auch geschichtliche Daten aus der Arbeit von KANNENBERG (1955) heran.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden über die Literaturangaben hinaus die Archive des Gutes Gelting und das Geltinger Kirchenarchiv durchgesehen, um zu möglichst umfassenden Aussagen der zeitlichen Entstehung der Strandwallandschaft zu gelangen. Die aus diesen Studien hervorgegangenen Ergebnisse sind an den entsprechenden Textstellen zitiert und eingearbeitet worden. Herrn BARON v. HOBE sowie Herrn Rektor SCHWENNSEN sei für ihre Hilfe bei der Archivbenutzung gedankt.

IV. Auswertung der Ergebnisse

1. Vorbemerkungen

HINTZ (1958) und KÖSTER (1958) haben beide auf den Einfluß des pleistozänen Reliefs und seine Bedeutung für die nachfolgende Landschaftsentwicklung der Geltinger Birk hingewiesen. Da jene alte Oberfläche als breiter, langgestreckter Rücken (GRIPP 1954) vor der Transgression weit nach Nordwesten vorsprang, paßte sich selbstverständlich die spätere Strandwallenstehung generell dieser Großform bei steigendem Meeresspiegel an. Wichtiger zu wissen wären jedoch die kleinräumigen Beziehungen, die zwischen der einstigen submarinen Morphologie und den heutigen Strandwallsystemen bestehen, wie sie beispielsweise an der Schleimündung nachgewiesen werden konnten. Keine für solche Beweisführung notwendigen Bohrungen sind jedoch bisher von irgendwelchen öffentlichen Stellen ausgeführt worden, noch

konnten sie wegen des hohen finanziellen Aufwandes während der Geländearbeiten angesetzt werden. Daher mußte diese Fragestellung aus der Untersuchung ausgeklammert werden.

2. Die Oberflächenformen der Geltinger Birck

a. Der Formenschatz im Osten des Arbeitsgebietes

Ausgehend von der allgemeinen Strandwalllandschaftsentwicklung kann übereinstimmend mit den beiden vorherigen Bearbeitern ihr Entstehen und Wachsen von Ost nach West bestätigt werden. Im Vergleich der zwei vorliegenden Kartierungen und den daraus folgenden Einzelergebnissen ergeben sich allerdings wesentlich unterschiedliche Auffassungen. Solche Differenzen stellen sich bereits bei der Klärung von Aufbau und Altersstellung des von HINTZ (1958) als System *Fischerkate* benannten östlichen Strandwallgebietes ein (s. Karte 1). Schon in diesem Fall zeigt sich der Anwendungswert vermessungstechnischer Methoden, durch die eine exakte Darstellung der Morphologie jenes Bereiches erzielt wurde und mit deren Hilfe die strittige zeitliche Abfolge der Strandwallentstehung geklärt werden kann. Entgegen KÖSTERS (1958) Meinung handelt es sich hier zweifelsfrei um die ältesten Strandwälle der Geltinger Birck, obwohl gleichfalls vorhandene junge Formen im Sinne seiner Beobachtungen sprechen. Denn direkt am Einzelhaus *Fischerkate*, im Volksmund *Birckkate* genannt, zeigt sich deutlich ein Wechsel in der zeitlichen Formenentwicklung ab. Hier schließt ein 500 m langer, ehemals küstenparalleler Strandwall von überdurchschnittlicher Breite und Höhe an das alte System an. Charakteristisch für ihn sind weithin ausgedehnte Überdünnungserscheinungen, die im ganzen Gebiet der Geltinger Birck einzigartig sind und seine mehr als 2 m erreichenden Erhebungen erklären. Dieser küstenparallele Strandwall bildete nach einer historischen Karte von 1786 zu jener Zeit mit mehr als 3 km Länge die landseitige Begrenzung der Geltinger Birck und wurde erst in den nachfolgenden Jahren in seiner ursprünglichen Form durch Deichbaumaßnahmen bis auf seine heutige Gestalt zerstört. An seiner ostseeseitigen Flanke finden sich etwa sechzig Meter nördlich der *Birckkate* zwei jüngere Strandwälle, von denen zumindest der längere nach seiner morphologischen Ausbildung und Schüttungsrichtung einen Aufhängepunkt am älteren System besaß. Diese Tatsachen stehen gleichsam in einer Mittelstellung zwischen den beiden bisher vertretenen Auffassungen und deuten auf komplizierte morphogenetische Vorgänge, die erst im abschließenden zusammenfassenden Überblick geklärt werden können.

b. Die Strandwalllandschaft im Mittelteil des Untersuchungsbereiches

Rein topographisch gesprochen nehmen die von den Flurnamen *Birck*, *Schäferland* und *Großes Moor* bezeichneten Flächen (s. Karte 1 u. 2) den mittleren Teil des untersuchten Geländes ein. Auch hier ergaben die Vermessungen der Formen neue Aspekte, die die früheren Auffassungen nicht bestätigten. So zeichneten sich beispielsweise auf dem Flurstück *Birck* außer in der rekonstruierten Küstenlinie von 1786 keine morphologischen Anhaltspunkte ab, die auf eine Verlängerung des weiter seewärts liegenden Strandwallsystems *Fischerkate* hindeuten könnten. Auch aus langen, zur Kontrolle geführten Meßreihen ließen sich im fraglichen Gebiet keine Fortsetzungen kartieren. Außerdem waren darüber hinaus derartige Bildungen nach Kenntnis der historischen Karte von 1786 kaum zu erwarten, denn das seinerzeit halbinselförmige, als *Mähe-Birck* bezeichnete Areal wurde schon damals als Weide genutzt, während es heute teilweise als Ackerfläche dient.

Dagegen gibt es auf den beiden nach Nordwesten angrenzenden Fluren *Schäferland* und *Großes Moor* eine ganze Reihe von Strandwallenden, deren Ausrichtung im Vergleich aller anderen Formen des Arbeitsgebietes abweichend ist.

Wesentlich seltsamer fielen jedoch die Höhenmessungen ihrer Kammlinien aus, die alle unter Normal Null liegende Werte zeigen und von noch tieferen Punkten in den parallel laufenden Senkenzonen begleitet werden. Darüber hinaus liegt dieser Erscheinung eine gewisse Regelmäßigkeit zugrunde, die nach der Entstehung des hochgelegenen ältesten Strandwallsystems *Fischerkate* auf eine graduelle Erniedrigung der nachfolgend jüngeren Bildungen hindeutet.

So finden sich beispielsweise die tiefstgelegenen Strandwälle etwa in der Mitte des Gebietes *Schäferland*, während die von hier nach Nordwesten anschließenden Bildungen auf dem Flurstück *Großes Moor* mit jünger werdendem Entstehungsalter zunehmende Durchschnittshöhen aufweisen. Ein über NN liegendes Niveau der untersuchten Wälle tritt dann erst wieder im Bereich der künstlich geschaffenen Wasserfläche auf (s. Karte 2), in deren westlichem Umkreis eine andersartige Ausrichtung und Auffächerung verschiedener Strandwallsysteme ansetzt. Eine Erklärung für die beschriebenen schwankenden Höhenlagen des vermessenen Formenschatzes ließ sich aus den Geländearbeiten nicht gewinnen. Probebohrungen mit einer Peilstange bis zu 2 m Tiefe bestätigten die von HINTZ (1958) angegebene Materialbeschaffenheit, die überwiegend aus marinen Sanden und Kiesen besteht. Irgendwelche Schichten organogener Zusammensetzung, die für mögliche Sackungstendenzen verantwortlich gemacht werden könnten, wurden in den Bohrprofilen nicht angetroffen. Wohl aber waren auf der heutigen Oberfläche des Moores, dessen Entstehung sich erst im Schutz der seeseitigen Strandwallandschaft vollzogen hat, durch Kultivierungsmaßnahmen bedingte Absenkungen zu beobachten. Das maximale Ausmaß dieser durch die Bedeichung und Entwässerung hervorgerufenen Niveauveränderung läßt sich etwa durch die unter -45 cm liegenden Bereiche zwischen den Strandwällen und dem Küstenverlauf um 1786 belegen. Die Gegenüberstellung der augenblicklichen mit der rekonstruierten damaligen Topographie gibt zugleich auch eine Entstehungserklärung für die drei bis zu -70 cm unter NN verlaufenden Strandwallenden, die nach der historischen Karte bereits Ende des 18. Jahrhunderts wasserbedeckt waren (s. Karte 2).

Da die Tiefenlagen der Kammlinien nach den Untersuchungsergebnissen nicht mit lokalen Sackungen in Verbindung zu bringen sind, verbleiben nur Abrasionswirkungen als Ursachen für die Einebnung der Oberflächenformen. Problematisch ist im vorliegenden Fall jedoch die Erklärung der Abrasion, da bedingt durch die Schutzlage des Geländes nur beschränkte Brandungswirkungen auftreten konnten. Andererseits sind ähnliche einmal bestehende Formen nirgends im Untersuchungsgebiet nachträglich zerstört worden.

Auch für einstige Deichbrüche und deren formverändernde Auswirkungen waren weder während der Geländeuntersuchungen noch in den Archivstudien konkrete Hinweise zu finden. Selbst an den morphologisch günstigen Stellen, den Schnittpunkten des heutigen Deiches mit den Strandwallsenken, gab es für diese Möglichkeit nur ein vages Anzeichen in Form einer ehemaligen Wasserfläche unbekannter Bedeutung (s. Karte 2). Da auch hier die Beweiskraft unsicher bleibt, läßt sich die Entstehung der begrenzt auftretenden, unter NN liegenden Wallformen nicht durch lokale Umstände erklären. Auch hier muß das Problem im abschließenden vergleichenden Gesamtüberblick erneut behandelt werden.

c. Die Oberflächenformen der nordwestlichen Strandwallfächer

Die Morphologie im Nordwesten der Geltinger Birck zeigt im Vergleich zu den bereits behandelten Teilen völlig abweichende Verhältnisse (s. Karte 2 u. 3). Mit dem Auslaufen kurzer

Strandwallenden auf der Flur *Großes Moor* setzt in Höhe der künstlich geschaffenen Wasserfläche die Fortbildung unter andersartigen Bedingungen ein. Plötzlich wechselnde Längenunterschiede der kartierten Kammlinien, verbunden mit Richtungsabweichungen und zunehmenden Höhen über NN, lassen generell auf grundlegende Veränderungen der Landschaftsentwicklung schließen. Im einzelnen zeichnet sich der beginnende Wechsel der Formenausprägung im bezeichneten Bereich zunächst durch einen eigentümlich in Richtung Nordwesten gebogenen Strandwall ab (s. Karte 2), an den sich nordwestlich weitere drei mit vielfachen Längen und geringen Verzweigungen anschließen. Diese Zusammenhänge bedingen eine abnormal starke und zugleich schnelle Verlagerung des Aufhängepunktes und des küstenparallelen Strandwalls auf dem Flurstück *Birck* in landeinwärtiger Richtung, obwohl damit die auslösenden Ursachen noch nicht geklärt sind.

Sodann folgen die zwei kompliziertesten Strandwallsysteme der Geltinger Birck überhaupt, die sich aus je zwanzig und mehr verschiedenen Stadien aufbauen. Besonders der ältere der beiden Komplexe deutet auf Grund seiner vielfachen Fortsätze und den charakteristischen Knicken seiner Kammlinien auf eine Großzahl extremer Witterungsbedingungen zur Zeit seiner Entstehung hin (vgl. Voss 1967). Während des Ost-West gerichteten Vorwachsens des Strandwallsystems blieb der küstenparallele Hauptaufhängepunkt nahezu stationär, während in landeinwärtiger Richtung stetig wechselnde Sturmflutbedingungen von Ost über Nord nach West am Aufbau der zahlreichen Serien beteiligt waren.

Andersartig vollzog sich demgegenüber die Morphogenese des anschließenden zweiten großen Strandwallkomplexes. Von einigen langgestreckten, beide Systeme verbindenden Wällen abgesehen besteht dieses jüngere Gebiet aus einer großen Zahl von parallel verlaufenden Strandwällen. Aus ihrer Laganordnung lassen sich als Bildungsvoraussetzung gleichartige Sturmflutbedingungen folgern, in deren Verlauf sich die einzelnen Wälle über lange Distanzen entwickelten. Weit voneinander entfernte Knickpunkte der Kammlinien und ohne vermessungstechnische Methoden schwer wahrnehmbare Senken zwischen den einzelnen Stadien unterstreichen diese Ableitungen. Der untersuchte Strandwallkomplex wuchs also im Unterschied zum vorher behandelten Beispiel nicht nur in ost-westliche, sondern auch in nördliche Richtung.

In einzelnen Fällen sind mögliche Umkehrungen dieser Verhältnisse mit entgegengesetzter, nach Osten wirkender Tendenz nicht ausgeschlossen, können allerdings aus der Morphologie nicht bewiesen werden. Zwar ergeben sich Andeutungen durch derartig ausgerichtete Strandwallenden im Nordwesten des Gesamtkomplexes, doch handelt es sich hier um Restteile, deren Verbindungen bei der Anlage der kartierten, umzäunten Feldbegrenzung umgestaltet wurden.

Mit der abgeschlossenen Morphogenese dieses zweiten großen Strandwallkomplexes setzte sich der weitere Landschaftsaufbau wiederum unter veränderten Voraussetzungen fort. Der verbleibende Teil im Nordwesten der Geltinger Birck innerhalb des Deiches besteht aus vier bis zu eineinhalb Kilometer langen Strandwällen geringer Auffächerung und einem fünften, dessen östliche Hälfte vom Seedeich überbaut wurde. Trotz einiger kartierter künstlicher Veränderungen liegt eine auffällige Regelmäßigkeit ihrer Morphologie in der allgemein ständigen Höhenzunahme der Kammlinien mit abnehmendem Entstehungsalter. Diese Feststellung tritt besonders bei solchen Meßpunkten hervor, die in etwa gleichen Abständen von den absoluten Enden der verschieden alten, voll erhaltenen Wälle als Vergleichsbasis betrachtet werden.

Die einzelnen, wenig verzweigten Hauptstadien sind durch breite, zum Teil vermoorte oder wassergefüllte Senken getrennt, deren Tiefenlage mit gestörten Sedimentationsvorgängen zur Zeit ihrer Entstehung zusammenhängt. Unterbrochen wurden diese Vorgänge durch das schnelle Vorwachsen der einzelnen Strandwälle bei kaum bedeutsamen Richtungsänderungen, wie es deutlich aus den Oberflächenformen ablesbar ist. Eine Bestätigung dafür ergibt sich ebenfalls aus den relativ wenigen, gekappten früheren Stadien und daneben aus den oft

hunderte Meter voneinander entfernten Knicken der Kammlinien. Die sich in der Aussage übereinstimmend ergänzenden Ergebnisse ermöglichen schließlich die Folgerung, daß verhältnismäßig wenige, aber extreme Witterungsbedingungen am Aufbau der einzelnen Strandwallstrecken bis zu ihrer heutigen Gesamtentwicklung beteiligt waren (vgl. Voss 1967).

d. Die Strandwallmorphologie außerhalb des Deiches

Im Rahmen der behandelten Untersuchungsergebnisse fällt dem unbedeichten Gebiet parallel zu den heutigen Küsten, vornehmlich im Raum der Geltinger Bucht, besondere Bedeutung zu. Auch in diesem Bereich ergaben sich im Vergleich zu KÖSTER (1958) verbesserte Aussagemöglichkeiten durch die vermessungstechnischen Methoden und Lösungen für manche der von HINTZ (1958) offengelassenen Probleme.

Allein aus der kartierten Topographie ist schon ersichtlich, wie abnorm sich die Exposition und die Formenentwicklung infolge des Deichbaues ab 1824 regional verlagert hat (s. Karte 3). Während im Osten eine stabilisierende Wirkung auf die weitere Küstenentwicklung bis heute unverkennbar ist, wechselte der Aufhängepunkt seine Position von der ungefähren Mitte zum äußersten Nordwesten der Geltinger Birk. In Verbindung damit verschob sich zugleich auch die Weiterbildung der untersuchten Formen aus dem Raum der Ostseeküste in die geschütztere Lage der Geltinger Bucht.

Maßgebend für diese Beeinflussung war mit Sicherheit die bereits im Abschnitt IV. 1. beschriebene submarine Morphologie, so daß sich vom Neubeginn bis heute die Strandwallbildung auf die deichparallelen Flachwasserzonen beschränkte. Bezeichnenderweise traten bei diesen Vorgängen zugleich fast 90 Grad erreichende Richtungswechsel der Strandwallbildungen von der früheren Ost-West- in die neue Nord-Süd-Tendenz auf. Dabei kam es im Bereich des neuen Aufhängepunktes am Deichknick zur teilweisen Zerstörung und Überlagerung von drei früher nach Westen auslaufenden Strandwällen. Südlich davon sind allerdings die einstigen Fortsätze in ihrer Anlage und Zugehörigkeit zu den Strandwallsystemen innerhalb des Deiches trotz umfangreicher Materialentnahmen noch erkennbar. Hier kommt es nicht mehr zu Verbindungen mit den jüngsten küstenparallelen Neubildungen, deren überwiegendes Vorwachsen sich nach Süden in die Geltinger Bucht vollzieht. Gelegentlich sind dabei auch gegenläufige Schüttungsrichtungen aus den miteinander verschachtelten Kammlinien erkennbar, wie etwa in der Mitte des Untersuchungsabschnittes, doch bleiben diese von nebensächlicher Bedeutung.

Im allgemeinen hat sich die mit der Bedeichung begonnene Verlagerung des Formenaufbaues in Nord-Süd-Richtung bis heute nicht wesentlich geändert. Gleiches bestätigt auch der noch in Entwicklung begriffene 1,5 km lange küstenparallele Strandwall, selbst wenn sich durch eine ausgedehnte Sandgrube sein einst gestreckter Verlauf aufspaltete.

Auch in Zukunft werden die erkannten Entstehungsbedingungen von anhaltendem Einfluß bleiben, solange auf Grund der gegebenen Morphologie nur Sturmflutbedingungen aus der westlichen Halbrose am Aufbau neuer Strandwälle beteiligt sein können. Diese Exposition bereitet zugleich einer richtigen Abschätzung der beteiligten Kräftewirkungen etliche Schwierigkeiten. Denn abweichend von den beschriebenen Entstehungsbedingungen der heute deichgeschützten Strandwallandschaft führen Nord-West- und Südwinde zu ablaufendem Wasser aus den Förden, so daß die Umstände für eine Weiterbildung der kartierten Formen nur selten günstig gewesen sein dürften. Aus diesen Gründen erscheinen Höhenvergleiche mit den Ost-West verlaufenden Kammlinien der älteren Strandwälle und weitere Ableitungen daraus wenig sinnvoll.

V. Die Datierung der Landschaftsentwicklung

In der Morphogenese des Untersuchungsgebietes spielt die zeitliche Abfolge der behandelten Entwicklung eine besondere Rolle für die Erkenntnis übergeordneter Zusammenhänge. Zur Lösung dieser Frage bot sich methodisch die Bearbeitung der Geschichte des Gebietes als günstigster und genauester Weg einer Datierung an.

Die älteste urkundliche Erwähnung des Arbeitsgebietes findet sich in WALDEMARS ERDBUCH von 1231, in dem ausdrücklich eine Insel *Pyteroe* genannt wird, die nach WEGEMANN (1916) und LAUR (1960) mit dem heutigen festlandverbundenen Beveroe identisch ist (s. Karte 5 u. Abb. 1). Eine ähnliche Namenswiederholung findet sich auch in einem Kaufbrief des Gutes Gelting von 1494 im gleichnamigen Archiv (GGA Akte No. 2). Damals wurden nach Nennung der mitverkauften Dörfer am Schluß ... *peroe unde barckoe* ... aufgeführt, ohne allerdings die Bedeutung der beiden Namen zu erläutern. Diese Zusammenhänge werden jedoch durch einen Kaufvertrag von 1519 erhellt, in dessen Text ... *de twe oen Alfo Berckoe und Beveroe* ... als mitveräußert genannt sind (GGA Akte No. 1). In dieser Verbindung läßt die ausdrückliche Bezeichnung von zwei zum Geltinger Gutsbesitz gehörenden Inseln keinen Zweifel, daß neben dem bereits bekannten Gebiet *Beveroe* auch die *Birck* in jener Zeit nicht mit dem Festland zusammenhing. Während im ersten Fall, durch Dammbauten bedingt, die früheren topographischen Verhältnisse leicht erkenntlich sind (s. Abb. 1), gestaltet sich die Rekonstruktion der Inselanlage *Berckoes* schwieriger. Aus den für Datierungsfragen wichtigen urkundlichen Dokumenten läßt sich dazu folgern, daß bereits im 14. Jahrhundert im Osten der Geltinger *Birck* eine Strandwallandschaft existierte, deren Ausläufer noch nicht die Insel *Beveroe* erreicht hatten. Ihre östliche Verbindung bestand hingegen mit einem Aufhängepunkt im Bereich der Festlandküste am Übergang zur pleistozänen Oberfläche. Folglich kann die Bildung der 1494 und 1519 erwähnten Insel *Berckoe* nur auf irgendeine nicht bezeugte Unterbrechung der einst zusammenhängenden Formen zurückgehen. Diese Situation bestätigt auch ein 1543 geschlossener Vergleich zwischen dem Eigentümer des Gutes Gelting und seinem Nachbarn, in dem von der Verlegung eines Weges nach ... *Benedictus von Ahlefelt sine Oybe* ... die Rede ist (GGA Akte No. 6). Doch lassen sich durch die zitierten Urkunden allein nicht die damaligen topographischen Verhältnisse verstehen. Klarheit in das Problem bringt erst ein Vertrag zwischen dem Geltinger Gutsherrn und dem Eigentümer des südöstlich angrenzenden Gutes Düttebüll aus dem Jahre 1581 (GGA Akte No. 8). In diesem Schriftstück gibt der letztgenannte Partner die Erlaubnis ... *zwischen meinem lande und seiner Oey belegen ... ein zu deichen zum frischen Wasser oder landt ... auch die erde, so will dazu von nöthen von meiner erde nehmen* ... und vermittelt damit einen wichtigen Rekonstruktionshinweis. Denn mit Hilfe der historischen Karte von 1786 (GGA) wird einwandfrei bezeugt, daß sich die beschriebenen Örtlichkeiten nur auf den Osten der jetzigen Geltinger *Birck* beziehen (s. Karte 1). Der Meeresarm zwischen dem Festland und der gesuchten Insel *Berckoe* wird heute durch eine moorerfüllte Senkenzone angedeutet, während das nordwestlich anschließende, mit dem Flurnamen *Birck* belegte Strandwallgelände mit der ehemaligen Insel identisch ist. Folglich war der geplante und auch zur Ausführung gelangte Verbindungsdamm nur einige hundert Meter lang, obwohl bereits unter diesen Bedingungen im Text von Eindeichung gesprochen wird. Jedoch muß aus der Formulierung und dem erklärten Zweck des Unternehmens angenommen werden, daß die nordwestlich an *Berckoe* anschließenden Strandwälle in jener Zeit schon die Insel *Beveroe* erreicht hatten. Eine zugleich von diesem Inselkern nach Süden zum Festland hergestellte Bedeichung kann jedoch nicht im Sinne der in der Literatur (KANNENBERG 1955, 1959) viel zitierten Ausführungen von JENSEN (1837) bewiesen werden. Zwar gibt es zwischen den beiden halbinselförmigen Vorsprüngen im

Nordwesten des Geltinger Noors (s. Abb. 1) eine teils unter Wasser liegende, dammähnliche Steinsetzung, doch lassen die Archivunterlagen weder eine definitive Aussage über ihr Entstehungsalter noch über eine je erfolgte Abdämmung zu. Die so um 1581 rekonstruierte Topographie einer von Strandwällen und Dammbauarbeiten fast geschlossenen Meeresbucht bestätigt auch die älteste Karte von DANCKWERTH (1652) (s. Abb. 2). Bezeichnenderweise finden sich in dieser Darstellung zwei auf der Strandwallandschaft gelegene Häuser, die höchstwahrscheinlich zur Sicherung des neuen Gutsbesitzes nach 1581 erbaut wurden. Während das eine der beiden Gebäude noch heute besteht (s. Karte 1), ließen sich die Grundmauern des anderen



Abb. 2. Die Geltinger Birck 1652. Ausschnitt aus dem Atlas von DANCKWERTH 1652

über ihre eingetragene Position in der historischen Karte von 1786 bei den Vermessungsarbeiten wiederfinden (s. Karte 2). Der besondere Wert jener Fundstelle ist durch ihre Lage auf einem Strandwall begründet, dessen Entwicklung und Vorwachsen in Richtung auf die frühere Insel *Beveroe* folglich zwischen 1581 und 1652 vollendet gewesen sein muß. Diese Ableitungen werden durch die Gelände- und Kartierungsarbeiten voll unterstützt. Sie belegen die bereits ausgesprochene Vermutung, daß das einstige Gebäude auf dem höchsten Punkt des derzeit jüngsten Strandwallsystems errichtet wurde.

Auch wenn auf diese Weise die einstige Küstenlinie nur ungefähr definiert werden kann, so läßt sich damit doch die Entstehungszeit der nordwestlich anschließenden Oberflächenformen einengen. Noch um 1723 scheint es nach Kaufvertragsunterlagen aus diesem Jahr einen Meeresdurchbruch zwischen dem wieder als *Insel Beberöh* bezeichneten Gebiet und den sie vorher verbindenden Strandwallausläufern gegeben zu haben (GGA Akte No. 60). 1786 hingegen zeigt die historische Karte für diese Stelle keine Unterbrechung mehr, sondern einen inzwischen neu erbauten kurzen Damm (s. Karte 4).

Darüber hinaus ermöglicht diese wichtige Übersicht auf Grund ihrer vermessungstechnischen Basis eine Datierung der morphologischen Entwicklung durch die Übertragung der Küstenlinien in die eigenen Karten 1-4 (vgl. Abschnitt III. 4.).

Eine weitere historische Darstellung des Arbeitsgebietes von 1824 im Geltinger Gutsarchiv enthielt als verkleinerte Kopie des Originals von 1786 keine neueren Eintragungen von Wert. Offensichtlich wurde diese Karte wegen der 1824 beginnenden Eindeichungsmaßnahmen der gesamten Geltinger Birck benötigt. Die damaligen Bauarbeiten bildeten die Grundlagen des bis heute mehrfach erhöhten Ostseedeiches und kamen erst 1826 mit der Errichtung einer Damm- und Entwässerungsanlage zwischen der früheren Insel *Beveroe* und dem Festland zum Abschluß (s. Abb. 1). In der Folgezeit ist die Landschaftsentwicklung bis 1875 relativ leicht faßbar, da die in jenem Jahr kartierten Küstenlinien aus den benutzten Katasterkarten übernommen werden konnten.

Darüber hinaus lassen sich diese überwiegend durch Archivstudien gewonnenen Datierun-

gen noch durch Beiträge der morphologischen Untersuchungen erweitern, die im folgenden Abschnitt aufgegriffen und eingearbeitet werden.

VI. Zusammenfassung der Ergebnisse und Schlußfolgerungen

In der vorangegangenen Darstellung der Einzelresultate zeigte sich der besondere Wert der Vermessungstechnik zur Lösung morphologischer Probleme. Ihre Anwendung ermöglichte wesentlich präzisere Aussagen über Formenentwicklungsprozesse als bisher übliche Kartierungsmethoden. Abgesehen von einer zuverlässigen Übersicht der untersuchten Strandwallsysteme ließen sich wichtige Aussagen aus den topographischen Aufnahmen ihrer Kammlinien gewinnen. Auch ihre äußeren Entstehungsumstände durch sturmflutbedingte Wetterlagen und Änderungen morphogenetischer Vorgänge konnten auf diese Weise erklärt werden.

Von außerordentlicher Bedeutung für die abschließende Auswertung sind darüber hinaus die Höhenmessungen, da aus großräumigen Vergleichen wichtige Beziehungen zwischen Meeresspiegelniveau und Strandwallhöhen während ihrer jeweiligen Entstehungszeit gefolgert werden können (s. auch KÖSTER 1961). Derartige Aussagen sind in der vorliegenden Arbeit begünstigt, weil einerseits die untersuchten Oberflächenformen sehr gut erhalten sind und keine Stadien rekonstruiert zu werden brauchten. Andererseits ist durch die erfolgte zeitliche Datierung das morphogenetische Geschehen besser faßbar und leichter vergleichend zu überprüfen.

Nur die Strandwälle außerhalb der Deiche auf der Geltinger Birk sind für diese Zwecke nicht brauchbar. Da sich hier die Landschaftsentwicklung seit 1824 mit Fertigstellung der Dammbauten nach völlig anderen Kräftewirkungen als vorher vollzog, gibt es keine Vergleichsbasis mit den früher entstandenen Formen. Folglich können die langfristigen Beziehungen zwischen der Meeresspiegellage und den unterschiedlich alten Strandwällen verschiedener Höhe nur aus der Zeit vor 1824 innerhalb des bedachten Bereiches untersucht werden. Für diese nächstälteren Bildungen ergab sich ein brauchbarer Hinweis eines gegenüber heute relativ niedrigeren Meeresspiegels aus der in die Karten 1-4 übertragenen Küstenlinie von 1786. Im Vergleich ihrer Uferlage mit den beidseitig gemessenen Höhenwerten auf den festgelagerten marinen Sanden nahe den Strandwallenden ergab sich ein Durchschnittswert von -30 cm NN. Demgemäß sind alle niedrigeren Werte im Gebiet zwischen den Strandwällen und der Küstenlinie von 1786 auf entwässerungsbedingte Senkungen nach der 1824 erfolgten Bedeichung zurückzuführen (vgl. Abschnitt IV. b.).

Vor Ende des 18. Jahrhunderts lassen die entsprechenden Untersuchungen keine so genaue Relation zwischen Meeresspiegellage und Strandwallhöhen zu. Vielmehr erlauben sie nur die prinzipielle Aussage eines noch unter -30 cm NN gelegenen mittleren Ostseewasserstandes vor der Zeit des um 1581 datierten Landschaftsstadiums. Von großer Bedeutung ist deshalb das nicht durch Setzungen oder andere Erscheinungen erklärte Abfallen der Strandwallenden unter NN in der Mitte der Geltinger Birk. Besonders die drei auf der Flur *Großes Moor* bereits um 1786 wasserbedeckten Strandwallausläufer müssen nach allen gewonnenen Erkenntnissen während der Zeit eines absoluten Tiefstandes der relativen Meeresspiegelverlagerung entstanden sein (s. Karte 2).

Weil diese Formen, wie alle übrigen im Arbeitsgebiet, Überwasserbildungen sind, kann allein eine nach ihrer Entstehung erfolgte Transgression sowohl die Abrasionswirkungen als auch die Überflutung hervorgerufen haben. Da sich die Einebnungen am intensivsten auf die höchsten Teile auswirkten, läßt sich der relative Verschiebungsbetrag nur an dem am wenigsten betroffenen Übergang der Strandwälle zu den parallelen Senken und an den auslaufenden Kammlinien messen. Aus dieser Überprüfung ergibt sich ein Durchschnittswert zwischen -70 und -85 cm NN.

Demgegenüber setzen die noch älteren, bis auf 1,7 m ansteigenden Strandwälle auf dem südöstlich anschließenden Flurstück *Birck* wiederum einen dem heutigen Niveau ähnlichen Ostseespiegel als Bildungsbedingung voraus.

Schwierigkeiten bereitet allerdings die zeitliche Einordnung dieser Vorgänge, da sich aus den lokalen Gegebenheiten nur eine generelle zeitliche Stellung der ältesten Bildungen in der Zeit vor dem 14. Jahrhundert ergibt. Eine Lösung dieser Probleme mit verbesserter Datierung

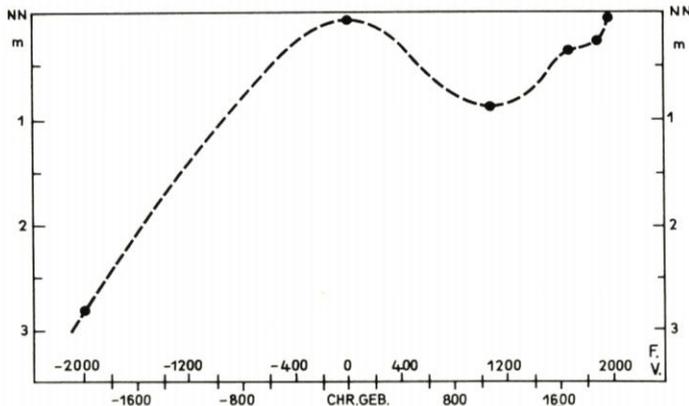


Abb. 3. Der Transgressionsablauf nach 2000 v. Chr. Geb. im Gebiet der Schleimündung, 13 km südlich der Geltinger Birck. Die schwarzen Punkte innerhalb der Kurve sind Datierungsmarken

folglich die ältesten Stadien auf dem Flurstück *Birck* um die Zeitenwende entstanden sein. Diese Behauptung wird bestätigt durch die in den folgenden Jahrhunderten an der Schleimündung nachgewiesene Regression, mit der auch im Mittelteil des Untersuchungsgebietes das beobachtete Absinken der Strandwallhöhen und die abweichende Ausrichtung ihrer Kammlinien zwanglos erklärt werden kann. Folglich sind die drei niedrigsten Strandwallenden auf der Flur *Großes Moor* etwa zur Zeit des Regressionstiefstandes gebildet worden. Dieses Stadium fällt dem Vergleich entsprechend in die Zeit um 1100 n. Chr., in der ein Maximum der relativen Verschiebung der Land-Meer-Grenze bei -88 cm NN zu verzeichnen war, das mit den beschriebenen Ergebnissen gut übereinstimmt.

Durch den nachfolgenden neuen Meeresspiegelanstieg gerieten diese Kammlinien nicht nur unter den Einfluß beschränkter Abrasion, sondern waren bis 1786 auch transgrediert. Die gleichen Vorgänge verursachten ebenfalls die erschlossene starke landeinwärtige Verlagerung des Aufhängepunktes, durch den ein Wachsen der Strandwallängen hervorgerufen wurde, deren erste Ausläufer die frühere Insel Beveroe um etwa 1581 erreicht hatten.

Aus der übergreifenden Zusammenschau aller erarbeiteten Unterlagen geht außerordentlich deutlich der Einfluß der relativen Meeresspiegelschwankung von der Zeitenwende bis heute hervor. Ähnlich wie an der Schleimündung bestimmen diese Vorgänge die entstehenden Strandwallhöhen und bedingen zugleich auch zum Teil ihre abweichenden Ausrichtungen. Gleichfalls zeigte die Analyse der gesamten Oberflächenformen, daß auch die Längen der verschieden alten Strandwälle in engem Zusammenhang mit dem Transgressionsablauf stehen. Mit großer Wahrscheinlichkeit hat sich zu allen Zeiten das vor einer jeweiligen Strandwallbildung bestehende submarine Relief teils hemmend, teils fördernd auf die Entstehungsgeschwindigkeit der einzelnen Stadien ausgewirkt (vgl. Voss 1967). Derartige Modifikationen können jedoch auf Grund fehlender Bohrungen nicht näher belegt werden.

ist nur durch die Übertragung von Analogieschlüssen von ähnlichen Untersuchungen der 13 km südlich gelegenen Schleimündung möglich (Voss 1967) (s. Abb. 3).

Demnach hatte der Meeresspiegel bereits um Chr. Geb. eine dem heutigen Niveau ähnliche Lage erreicht, was neben anderen Beweisen auch aus der Gegenüberstellung damaliger mit heutigen Strandwallhöhen ableitbar war. In der Übertragung dieser Verhältnisse auf das vorliegende Untersuchungsgebiet müssen

Auch wenn sich im Gebiet der Geltinger Birk die relativen Verschiebungsbeträge des Meeresspiegels meist nur durch Vergleiche präzisieren ließen, so bestätigt sich doch der Wert der morphologischen Untersuchungsergebnisse als grundsätzliche Aussage. Bezeichnenderweise stimmt also der an der heutigen Formenbildung beteiligte Transgressionsablauf an der Schleimündung und im behandelten Arbeitsgebiet überein. Da eine entsprechende Bestätigung auch aus der Eckernförder Bucht (Voss 1967) vorliegt, scheinen die bereits im Titel aufgestellten Zusammenhänge von weitreichender Bedeutung und Verbreitung zu sein.

VII. Literaturverzeichnis

- DANCKWERTH, C. (1652): Neue Landesbeschreibung der zwey Hertzogthümer Schleswich und Holstein 1652. Faksimileausgabe der Mejer'schen Karten mit Einleitung von C. Degn. 1963.
- GRIPP, K. (1954): Die Entstehung der Landschaft Ost-Schleswigs vom Dänischen Wohld bis Alsen. Kiel 1954. (Meyniana, Bd. 2, S. 81-123.)
- HINTZ, R. A. (1958): Sedimentpetrographische und diluvialgeologische Untersuchungen im Küstenbereich des Landes Angeln. Kiel 1958. (Meyniana, Bd. 6, S. 116-126.)
- JENSEN, H. N. A. (1837): Geschichte des Kirchspiels Gelting. Altona 1837.
- KANNENBERG, E. G. (1955): Deiche und Entwässerungen an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste vor 1872. Neumünster 1955. (Die Heimat, Jg. 62, S. 49-53.)
- KANNENBERG, E. G. (1959): Schutz und Entwässerung der Niederungsgebiete an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste. Heide 1959. (Die Küste, Jg. 7, S. 47-106.)
- KÖSTER, R. (1958): Die Küsten der Flensburger Förde. Kiel 1958. (Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein, Bd. 14, H. 1, S. 5-18.)
- KÖSTER, R. (1961): Junge eustatische und tektonische Vorgänge im Küstenraum der südwestlichen Ostsee. Kiel 1961. (Meyniana, Bd. 11, S. 23-81.)
- LAUR, W. (1960): Die Ortsnamen in Schleswig-Holstein. Schleswig 1960.
- MARTENS, P. (1927): Morphologie der schleswig-holsteinischen Ostseeküste. Breslau 1927. (Veröffentlichungen der schleswig-holsteinischen Universitätsgesellschaft Nr. 7, S. 41-72.)
- VOSS, F. (1967): Die morphologische Entwicklung der Schleimündung. Hamburg 1967. (Hamburger Geographische Studien, Heft 20.)
- VOSS, F. (1968): Junge Erdkrustenbewegungen im Raume der Eckernförder Bucht. Hamburg 1968. (Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft in Hamburg, Bd. 57, S. 96-150.)
- WEGEMANN, G. (1916): Zustände Schleswig-Holsteins nach dem Erdbuche Waldemars 1231. Leipzig 1916. (Z. Ges. schleswig-holst. Gesch., Bd. 46, S. 53-87.)

Die Küste

Archiv für Forschung und Technik an der Nord- und Ostsee
Inhaltsverzeichnis der von 1958 bis 1970 erschienenen Hefte

Jahrgang 7, Doppelheft, 1958/1959
160 S., 40 Abb.

Nachruf Ministerialrat GAYE

Nachruf Baudirektor Dr.-Ing. KRESSNER

Nachruf Ministerialrat LECHNER

HENSEN, Walter, Professor Dr.-Ing.

Die Berechnung von Tidewellen in Tideflüssen. Beschreibung und Kritik verschiedener Verfahren

LORENZEN, Johann M., Präsident

„Landgewinnung und Landerhaltung in Schleswig-Holstein.“ Gedanken zum Werk von MÜLLER-FISCHER über das „Wasserwesen an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste“

DITTMER, Ernst, Dr.

Der „Horizont von Winnert“, Kreis Husum, ein Vorkommen jüngsten Hemmoors
Das Vierland von Wanderup

KANNENBERG, Ernst-Günther, Dr.

Schutz und Entwässerung der Niederungsgebiete an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste

KRAMER, Johann, Regierungsbaurat

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

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

Inhaltsverzeichnis der erschienenen Hefte 1938 bis 1943. Verfasserverzeichnis 1938 bis 1943

DIE KÜSTE, Archiv für Forschung und Technik an der Nord- und Ostsee

Inhaltsverzeichnis der bisher erschienenen Hefte 1952 bis 1957

Verfasserverzeichnis 1952 bis 1957

Jahrgang 8, 1960
160 S., 94 Abb.

Würdigung Landesbaurat i. R. RICHARD BRODERSEN

AGATZ, Professor Dr.-Ing. E. h. Dr.-Ing.

Eröffnungsansprache anlässlich der 3. Arbeitstagung des Küstenausschusses Nord- und Ostsee am 15. und 16. Oktober 1959 in Bremen

BALCKE, Senator der Freien Hansestadt Bremen

Begrüßungsansprache

LORENZEN, Johann M., Präsident

25 Jahre Forschung im Dienst des Küstenschutzes

DITTMER, Ernst, Dr.

Neue Beobachtungen und kritische Bemerkungen zur Frage der „Küstensenkung“

BANTELMAH, Albert, Dr., Wissenschaftlicher Rat

Forschungsergebnisse der Marschenarchäologie zur Frage der Niveauveränderungen an der schleswig-holsteinischen Westküste

GRONWALD, Walther, Dr.-Ing., Ministerialrat a. D.

Welche Erkenntnisse zur Frage der vermuteten neuzeitlichen Nordseeküstensenkung hat die Wiederholung des Deutschen Nordseeküstennivellements gebracht?

HORN, Walter, Oberregierungsrat

Zur säkularen Änderung des mittleren Wasserstandes

SCHIJJF, Johannes Barend, Hoofdingenieur-Directeur

Die Bedeutung der relativen Küstensenkung für die Niederlande

WEMELSFELDER, Pieter Jacobus, Dipl.-Ing.

Meereshöhe, Nivellementshöhe, Pegelnull

TRAEGER, Günther, Oberregierungsbaurat

Planung und Ausführung von Deicherhöhungen und Flußabdämmungen im Lande Bremen

BUSCH, Andreas

Eine alte Landoberfläche und Kulturspuren im Nordstrander Watt

KÖSTER, Rolf, Dr.

Zur Frage der gegenwärtigen Senkung der schleswig-holsteinischen Ostseeküste

Jahrgang 9, 1961

132 S., mit 1 ausschlagb. farb. Tafel, 51 Abbildungen und 22 graphischen Darstellungen

Nachruf Regierungsbaudirektor ADOLF HAHN

PETERSEN, Marcus, Dr.-Ing. Oberregierungsbaurat

Das deutsche Schrifttum über Seebuhnen an sandigen Küsten

KLINGE, Wilhelm, Oberregierungs- und -baurat

Die Sicherung der Küste des Landes Wursten

BRODERSEN, Richard, Landesbaurat i. R.

Der Marschenverband Schleswig-Holstein e. V. und sein Wirken für die Besiedlung und Baugestaltung in den neuen Kögen

KÖSTER, Rolf, Dr.

Geologische Beobachtungen zur Entwicklung der Täler und zum neuzeitlichen Wasseranstieg im Unterlauf von Trave und Schwartau

KRAUSE, Max, Präsident

Lebensbilder Hamburger Wasserbauer

Jahrgang 10, Heft 1, 1962

138 S., 22 ausschlagbare farbige Tafeln, drei farbige Tafeln im Text, 75 Photos und 32 Zeichn.

AGATZ, Arnold, Professor Dr.-Ing. E. h. Dr.-Ing.

Vorwort

ROEDIGER, Gert, Dr.

Entwicklung und Verlauf der Wetterlage vom 16./17. Februar 1962

SCHULZ, Heinz, Oberregierungsbaurat

Verlauf der Sturmfluten vom Februar 1962 im deutschen Küsten- und Tidegebiet der Nordsee

Die vom Niedersächsischen Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten eingesetzte Ingenieur-Kommission

Die Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 im niedersächsischen Küstengebiet

Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten – Landesamt für Wasserwirtschaft – Schleswig-Holstein

Die Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 an der schleswig-holsteinischen Westküste

FREISTADT, Heinrich, Baudirektor

Die Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 in Hamburg

TRAEGER, Günther, Oberbaurat

Die Sturmflut vom 16./17. Februar im Lande Bremen

KÜSTENAUSSCHUSS NORD- UND OSTSEE, Arbeitsgruppe Küstenschutzwerke

Empfehlungen für den Deichschutz nach der Februar-Sturmflut 1962

LÜDERS, Karl, Regierungsdirektor a. D.

Veröffentlichungen über die Februar-Sturmflut 1962 (Stand: Dezember 1962)

Jahrgang 10, Heft 2, 1962

152 Seiten, 130 Abbildungen und zahlreiche Tabellen

RODEWALD, Martin, Dr., Oberregierungsrat

Zur Entstehungsgeschichte der Sturmflut-Wetterlagen in der Nordsee im Februar 1962

KOOPMANN, Georg, Dr., Regierungsrat

Die Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 in ozeanographischer Sicht

KLINGE, Wilhelm, Oberregierungs- und -baurat

Betrachtungen zu den Höhen der Deiche an Elbe und Weser

WOHLENBERG, Erich, Dr. habil.

Die Trinkwasserversorgung der Halligen nach der Sturmflut im Februar 1962

KÜSTENAUSSCHUSS NORD- UND OSTSEE, Arbeitsgruppe Sturmfluten

Der maßgebende Sturmflutseeegang und Wellenauflauf an den Deichen. Ergebnisbericht 1

HUNDT, Claus, Dipl.-Ing.

Beitrag zur Frage des maßgebenden Sturmflutseeanges vor einem Deich am Watt. Beispiel Büsum

HUNDT, Claus, Dipl.-Ing.

Der maßgebende Sturmflutseeegang und Wellenauflauf für das Deichbestick der deutschen Nordseeküste auf Grund der Sturmflut vom 16. Februar 1962

Jahrgang 11/1963

130 Seiten mit zahlreichen Abbildungen, Tabellen und Kartenmaterial

Würdigung ANDREAS BUSCH – 80 Jahre

KNOP, Friedrich, Dr.-Ing., Landesbaurat

Küsten- und Wattveränderungen Nordfrieslands – Methoden und Ergebnisse ihrer Überwachung

BÄTJER, Diedrich, Regierungsrat und

KUNTZE, Herbert, Dr.

Untersuchungen des Niederschlagswassers im Küstengebiet Ostfrieslands und Oldenburgs

WOHLENBERG, Erich, Dr. habil.

Der Deichbruch des Ülvesbüller Kooges in der Februar-Sturmflut 1962

Versalzung – Übersandung – Rekultivierung

HEYDEMANN, Berndt, Dr.

Deiche der Nordseeküste als besonderer Lebensraum. Ökologische Untersuchungen über die Arthropoden-Besiedlung

Jahrgang 12/1964

132 S. mit 86 Abb., Tabellen und einer ausschlagbaren Tafel

VAN DER BURGT, C., Ir., c. i.

Die Abdämmung der Lauwerszee

KÜSTENAUSSCHUSS NORD- UND OSTSEE, Gutachtergruppe Eider

Gutachten über die Vorschläge zur Behebung der Schwierigkeiten in der Eider

WALTHER, Friedrich, Dr.-Ing., Präsident a. D.

Die Grundwasserverhältnisse in den Marschgebieten an der Unterweser zwischen Ochtrum und Hunte

ROHDE, Hans, Regierungsbaurat

Die Häufigkeit hoher Wasserstände an der Westküste von Schleswig-Holstein

ROHDE, Hans, Regierungsbaurat

Nachrichten über Sturmfluten früherer Jahrhunderte nach Aufzeichnungen Tönninger Organisten

Jahrgang 13/1965

146 Seiten mit 180 Abb. und 9 Tabellen

RODEWALD, Martin, Oberregierungsrat Dr.

Zur Entstehungsgeschichte von Sturmflut-Wetterlagen in der Nordsee

CZOCK, Hermann, Dünenmeister, und

WIELAND, Peter, Dipl. rer. hort.

Naturnaher Küstenschutz am Beispiel der Hörnum-Düne auf der Insel Sylt nach der Sturmflut vom 16./17. Februar 1962

WOHLENBERG, Erich, Dr. habil.

Deichbau und Deichpflege auf biologischer Grundlage

MÜLLER, Ernst, Oberbaurat, und

MÜLLER-SPÄTH, Walter, Bauamtmann

Beitrag zur Entwässerung der Marsch

PLATH †, Martin, Dr.

Ein im Gezeitenbereich des Wattenmeeres selbsttätig arbeitendes Sinkstoff-Schöpfgerät und die Bedeutung der Wattfauna für die Bildung von Sinkstoffen

GÖHREN, Harald, Dipl.-Ing.

Ein neues Schöpfgerät für Schwebstoffuntersuchungen im Watt

GÖHREN, Harald, Dipl.-Ing.

Beitrag zur Morphologie der Jade- und Wesermündung

Jahrgang 14, Heft 1, 1966

93 Seiten mit 38 Abbildungen

Würdigung Professor em. Dr.-Ing. E. h. Dipl.-Ing. Burghard KÖRNER

Würdigung Dr.-Ing. E. h. Dr.-Ing. A. AGATZ

Würdigung Professor Dr.-Ing. Walter HENSEN

ENGELHARD, Bürgermeister

Ansprache zur Eröffnung der 4. Arbeitstagung des Gesamtausschusses Nord- und Ostsee am 26. November 1965 in Hamburg

AGATZ, A., Professor Dr.-Ing. E. h. Dr.-Ing.

Ansprache des Vorsitzenden des Küstenausschusses Nord- und Ostsee zur Eröffnung der 4. Arbeitstagung des Gesamtausschusses

FREISTADT, Heinrich, Baudirektor

Hochwasserschutzmaßnahmen im Hamburger Raum nach der Sturmflut 1962

LAUCHT, Hans, Erster Baudirektor Dr.-Ing.

Hochwasserschutzmaßnahmen im Gebiet des Hamburger Hafens

METZKES, Ernst, Ministerialdirigent

Bericht über den Deichbau und den Küstenschutz in Niedersachsen nach der Sturmflut vom 16./17. Februar 1962

SUHR, Hans, Leitender Ministerialrat

Über die Verwirklichung des Generalplans Deichverstärkung, Deichverkürzung und Küstenschutz in Schleswig-Holstein vom 20. Dezember 1963

TRAEGER, Günther, Baudirektor

Die im Land Bremen nach der Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 ausgeführten und geplanten Sicherungsarbeiten

LÜDERS, Karl, Regierungsdirektor a. D. Dr.-Ing.

Bericht der Arbeitsgruppe „Küstenschutzwerke“

HENSEN, Walter, Professor Dr.-Ing.

Bericht der Arbeitsgruppe „Sturmfluten“ im Küstenausschuß Nord- und Ostsee

LORENZEN, Johann M., Präsident i. R., Dr.-Ing. E. h.

Zur Lösung der Eiderprobleme

LÜDERS, Karl, Regierungsdirektor a. D. Dr.-Ing.

Veröffentlichungen über die Februar-Sturmflut 1962 (Stand 1966)

Jahrgang 14, Heft 2, 1966

182 Seiten mit 107 Abbildungen und graphischen Darstellungen, ausschlagbare Karten

LORENZEN, Johann M., Präsident i. R., Dr.-Ing. E. h.

Über Aufgaben und Organisation des Küstenausschusses Nord- und Ostsee

BANTELMANN, Albert, Wiss.O.Rat Dr.

Die Landschaftsentwicklung im nordfriesischen Küstengebiet, eine Funktionschronik durch fünf Jahrtausende

PETERSEN, Marcus, Oberregierungsaurat Dr.-Ing.

Die zweite Deichlinie im Schutzsystem der deutschen Nordseeküste

GURSCH, Paulheinz, Regierungsbauassessor

Das Leda-Sperrwerk in Ostfriesland

GÖHREN, Harald, Dipl.-Ing.

Beobachtungen über den Einfluß des Oberwassers auf die Sandbewegung in der Außenwaser

GRIPP, Karl, Professor Dr.

Ursachen und Verhinderung des Abbruches der Insel Sylt

Hef t 15/1967

123 Seiten mit 110 Diagrammen, 8 ausschlagbaren Tabellen und 3 Abbildungen

Nachruf Dr.-Ing. MARTIN BAHR †

PETERSEN, Marcus, Dr.-Ing. Oberregierungsbaurat

Sturmflut 1962

Wasserstände an den Küsten der Nordsee

Hef t 16/1968

117 Seiten mit 82 Abbildungen und zahlreichen Tabellen

RODEWALD, Martin, Regierungsdirektor Dr.

Zur Frage der Böigkeit des Windes bei Sturmflut-Wetterlagen

ROHDE, Hans, Regierungsbaudirektor

Wasserstandsänderung und Sturmfluthäufigkeit an der Elbmündung

BAUMANN, Hans, Professor Dr. und

MANN, Georg, Dipl.-Landwirt

Vereinfachte Dränversuche in Schleswig-Holstein

MÜLLER, Ernst, Baudirektor und

MÜLLER-SPÄTH, Walter, Bauamtman n

Berechnung der natürlichen Entwässerung in den Küstenmarschen

GRIPP, Karl, Professor Dr.

Zur jüngsten Erdgeschichte von Hörnum/Sylt und Amrum mit einer Übersicht über die Entstehung der Dünen in Nordfriesland

Hef t 17/1969

103 Seiten mit 35 Abbildungen, zahlreichen Tabellen und Diagrammen

Vorbemerkungen des Herausgebers zum ersten Aufsatz dieses Heftes

PFEIFFER, Hans, Dr.-Ing., Präsident i. R.

Untersuchungen über den Einfluß des geplanten Dammbaues zwischen dem Festlande und der Insel Sylt auf die Wasserverhältnisse am Damm und der anschließenden Festlandküste

DREBES, Hartmut, Dipl.-Ing.

Untersuchung über den Einfluß des Hindenburg-Dammes auf die Tidehochwasserstände im Wattenmeer

VARJO, Uuno, Professor Dr.

Über Riffbildungen und ihre Entstehung an den Küsten des Sees Oulujärvi (Finnland)

KÜSTENAUSSCHUSS NORD- UND OSTSEE, Technisch-wissenschaftlicher Beirat

Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse der ehemaligen Arbeitsgruppe „Sturmfluten“ und Empfehlungen für ihre Nutzanwendung beim Seedeichbau. – Bericht aus dem Fachgebiet „Wissenschaftliche Untersuchungen im Küstengebiet“ des Technisch-Wissenschaftlichen Beirats im Küstenausschuß Nord- und Ostsee (Obmann Professor Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. W. HENSEN)

Heft 18/1969

101 Seiten, 15 Abbildungen, 22 graphische Darstellungen und 1 ausschlagbare Karte

Nachruf Regierungsbaudirektor i. R. CURT HENSEN

LORENZEN, Johann M., Präsident i. R. Dr.-Ing. E. h.

Eröffnungsansprache des Vorsitzenden zur 5. Arbeitstagung des Küstenausschusses Nord- und Ostsee am 16. V. 1969 in Kiel

ENGLBRECHT-GREVE, Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Schleswig-Holstein

Begrüßungsansprache zur 5. Arbeitstagung des Küstenausschusses Nord- und Ostsee am 16. V. 1969 in Kiel

STOLTENBERG, Gerhard, Dr., Bundesforschungsminister

Öffentliche Aufgaben der Meeresforschung und Küstenforschung. Rede anlässlich der Tagung des Küstenausschusses Nord- und Ostsee am 16. V. 1969 in Kiel

DIETRICH, Günter, Professor Dr.

„Sandbewegung im deutschen Küstenraum“ als Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Vortrag auf der 5. Arbeitstagung des Küstenausschusses Nord- und Ostsee am 16. V. 1969 in Kiel

HENSEN, Walter, Professor Dr.-Ing., Dr.-Ing. E. h.

Ingenieurwissenschaftliche Aufgaben in der Küstenforschung. Vortrag auf der 5. Arbeitstagung des Küstenausschusses Nord- und Ostsee am 16. V. 1969 in Kiel

SCHIJE, I. B., Hoofdingenieur-Directeur, Ir.

Über den Stand der Küstenforschung. Vortrag auf der 5. Arbeitstagung des Küstenausschusses Nord- und Ostsee am 16. V. 1969 in Kiel

LORENZEN, Johann M., Präsident i. R. Dr.-Ing. E. h.

Das Programm des Küstenausschusses zur Erforschung der Naturvorgänge im deutschen Küstenvorfeld. Vortrag auf der 5. Arbeitstagung des Küstenausschusses Nord- und Ostsee am 16. V. 1969 in Kiel

SINDERN, Joseph, Dipl.-Ing., Regierungsdirektor

Offene und aktuelle Fragen im Seebau und Küstenschutz und zweckmäßige Wege zu ihrer Lösung. Bericht über das Fachgespräch anlässlich der 5. Arbeitstagung des Küstenausschusses Nord- und Ostsee am 16. V. 1969 in Kiel

KRAMER, Johann, Regierungsdirektor

Neue Siele und Schöpfwerke in Ostfriesland

KÜSTENAUSSCHUSS NORD- UND OSTSEE, Fachgebiet „Küstenschutz“ (Obmann Regierungsdirektor a. D. Dr.-Ing. LÜDERS)

Deichsicherung durch Verhüttungsrückstände

Heft 19/1970

212 Seiten, 116 Abbildungen und 33 graphische Darstellungen

Nachruf Oberregierungs- und Baurat GIENCKE

LUCK, Günter, Dipl.-Ing.

Die Forschungsstelle für Insel- und Küstenschutz auf Norderney

SCHUBERT, Kurt, Oberregierungsbaurat

Ems und Jade

WITTE, Hans-Heinrich, Regierungsbaudirektor

Die Schutzarbeiten auf den Ostfriesischen Inseln

ERCHINGER, Heie Focken, Oberbaurat

Küstenschutz durch Vorlandgewinnung, Deichbau und Deicherhaltung in Ostfriesland

KRAUSE, Gustav, Baudirektor a. D. und

WOLTER, Rudolf, Baudirektor a. D.

Neuregelung der Wasserwirtschaft in Ostfriesland

Heft 20/1970

125 Seiten, 10 Abbildungen und 40 graphische Darstellungen

Dr.-Ing. E. h. Johann M. LORENZEN 70 Jahre alt

ROHDE, Hans, Regierungsbaudirektor

Die Entwicklung der Wasserstraßen im Bereich der deutschen Nordseeküste

LÜDERS, Karl, Dr.-Ing., Regierungsdirektor a. D.

Nachtrag zu den „Empfehlungen für den Deichschutz nach der Februar-Sturmflut 1962“

KRAMER, Johann, Baudirektor

Empfehlung für Richtlinien für Verlegung und Betrieb von Leitungen im Bereich von Hochwasserschutzanlagen. Bericht der Arbeitsgruppe „Versorgungsleitungen im Bereich von Hochwasserschutzanlagen“ beim „Küstenausschuß Nord- und Ostsee“

RODLOFF, Walter, Dr.-Ing., Regierungsbaudirektor

Über die Morphologie einiger Wattgebiete der schleswig-holsteinischen Westküste

Voss, Frithjof, Dr.

Der Einfluß des jüngsten Transgressionsablaufes auf die Küstenentwicklung der Geltinger Birk im Nordteil der westlichen Ostsee

DIE KÜSTE, Archiv für Forschung und Technik an der Nord- und Ostsee

Inhaltsverzeichnis der Hefte 1958 bis 1970

Verfasserverzeichnis 1958 bis 1970

Verfasserverzeichnis 1958 bis 1970

AGATZ, A.: Eröffnungsansprache anlässlich der 3. Arbeitstagung des Küstenausschusses Nord- und Ostsee am 15. und 16. Oktober 1959 in Bremen. Jg. 8 (1960), S. 1

— Vorwort. Jg. 10 (1962), H. 1

— Ansprache des Vorsitzenden des Küstenausschusses Nord- und Ostsee zur Eröffnung der 4. Arbeitstagung des Gesamtausschusses. Jg. 14 (1966), H. 1, S. 3

BÄTJER, D., KUNTZE, H.: Untersuchungen des Niederschlagswassers im Küstengebiet Ostfrieslands und Oldenburgs. Jg. 11 (1963), S. 34

BALCKE: Begrüßungsansprache. Jg. 8 (1960), S. 5

BANTELMAH, A.: Forschungsergebnisse der Marschenarchäologie zur Frage der Niveauänderungen an der schleswig-holsteinischen Westküste. Jg. 8 (1960), S. 45

— Die Landschaftsentwicklung im nordfriesischen Küstengebiet, eine Funktionschronik durch fünf Jahrtausende. Jg. 14 (1966), H. 2, S. 5

BAUMANN, H., MANN, G.: Vereinfachte Dränversuche in Schleswig-Holstein. H. 16 (1968), S. 43

BRODERSEN, R.: Der Marschenverband Schleswig-Holstein e. V. und sein Wirken für die Besiedlung und Baugestaltung in den neuen Kögen. Jg. 9 (1961), S. 72

BURGT, VAN DER, C.: Die Abdämmung der Lauwerszee. Jg. 12 (1964), S. 1

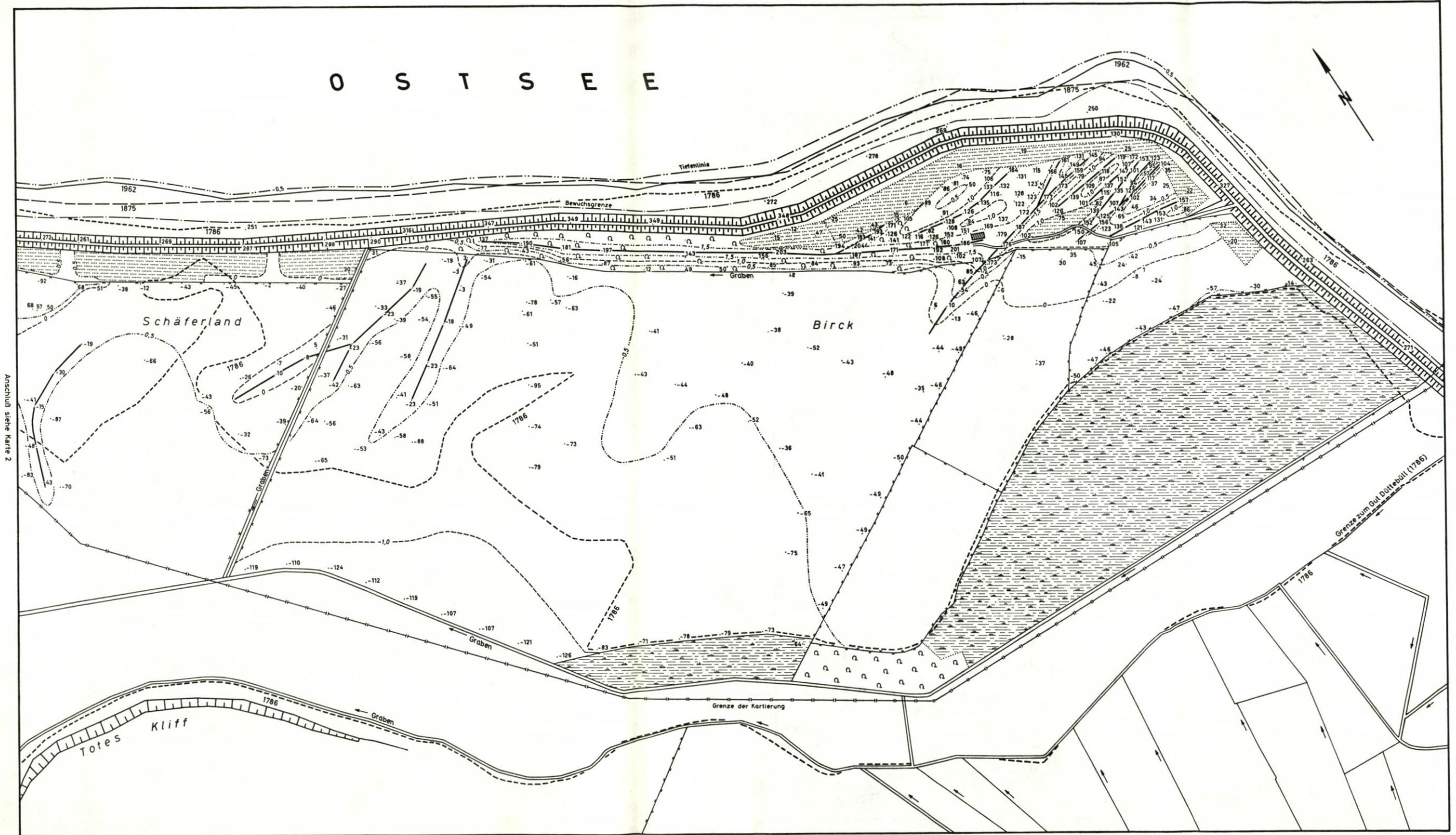
- BUSCH, A.: Eine alte Landoberfläche und Kulturspuren im Nordstrander Watt. Jg. 8 (1960), S. 124
- CZOCK, H., WIELAND, P.: Naturnaher Küstenschutz am Beispiel der Hörnum-Düne auf der Insel Sylt nach der Sturmflut vom 16./17. Februar 1962. Jg. 13 (1965), S. 61
- DIETRICH, G.: „Sandbewegung im deutschen Küstenraum“ als Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft. H. 18/1969, S. 9
- DITTMER, E.: Der „Horizont von Winnert“, Kreis Husum, ein Vorkommen jüngsten Hemmoors. Jg. 7 (1958/59), S. 36
- Das Vierland von Wanderup. Jg. 7 (1958/59), S. 44
- Neue Beobachtungen und kritische Bemerkungen zur Frage der „Küstensenkung“. Jg. 8 (1960), S. 29
- DREBES, H.: Untersuchung über den Einfluß des Hindenburg-Dammes auf die Tidehochwasserstände im Wattenmeer. H. 17 (1969), S. 34
- ENGBRECHT-GREVE: Begrüßungsansprache zur 5. Arbeitstagung des Küstenausschusses Nord- und Ostsee am 16. V. 1969 in Kiel. H. 18/1969, S. 4
- ENGELHARD: Ansprache zur Eröffnung der 4. Arbeitstagung des Gesamtausschusses Nord- und Ostsee am 26. November 1965 in Hamburg. Jg. 14 (1966), H. 1, S. 1
- ERCHINGER, H. F.: Verhüttungsrückstände im Lahnungsbau bei Ostermarsch. Anlagebericht III zu „Deichsicherung durch Verhüttungsrückstände“ (Küstenausschuß Nord- und Ostsee, Fachgebiet „Küstenschutz“, Obmann Regierungsdirektor a. D. Dr.-Ing. LÜDERS). H. 18/1969, S. 98.
- Küstenschutz durch Vorlandgewinnung, Deichbau und Deicherhaltung in Ostfriesland. H. 19/1970, S. 125
- FREISTADT, H.: Die Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 in Hamburg. Jg. 10 (1962), H. 1, S. 81
- Hochwasserschutzmaßnahmen im Hamburger Raum nach der Sturmflut 1962. Jg. 14 (1966), H. 1, S. 8
- GÖHREN, H.: Ein neues Schöpfgerät für Schwebstoffuntersuchungen im Watt. Jg. 13 (1965), S. 133
- Beitrag zur Morphologie der Jade- und Wesermündung. Jg. 13 (1965), S. 140
- Beobachtungen über den Einfluß des Oberwassers auf die Sandbewegung in der Außenweser. Jg. 14 (1966), S. 157
- GRIPP, K.: Ursachen und Verhinderung des Abbruches der Insel Sylt. Jg. 14 (1966), H. 2, S. 170
- Zur jüngsten Erdgeschichte von Hörnum/Sylt und Amrum mit einer Übersicht über die Entstehung der Dünen in Nordfriesland. H. 16/1968, S. 76
- GRONWALD, W.: Welche Erkenntnisse zur Frage der vermuteten neuzeitlichen Nordseeküstensenkung hat die Wiederholung des Deutschen Nordseeküstennivellements gebracht? Jg. 8 (1960), S. 66
- GURSCH, P.: Das Leda-Sperrwerk in Ostfriesland. Jg. 14 (1966), H. 2, S. 107
- HAUCKE, M.: Herkunft und Zusammensetzung der Verhüttungsrückstände sowie aufgewendete Kosten für die bisherigen Versuchsschüttungen. Anlagebericht I zu „Deichsicherung durch Verhüttungsrückstände“ (Küstenausschuß Nord- und Ostsee, ... [wie vor]). H. 18/1969, S. 88.
- HENSEN, W.: Die Berechnung von Tidewellen in Tideflüssen. Beschreibung und Kritik verschiedener Verfahren. Jg. 7 (1958/59), S. 1
- Bericht der Arbeitsgruppe „Sturmfluten“ im Küstenausschuß Nord- und Ostsee. Jg. 14 (1966), H. 1, S. 63
- Ingenieurwissenschaftliche Aufgaben in der Küstenforschung. Vortrag auf der 5. Arbeitstagung des Küstenausschusses Nord- und Ostsee am 16. V. 1969 in Kiel. H. 18/1969, S. 15

- HEYDEMANN, B.: Deiche der Nordseeküste als besonderer Lebensraum. Ökologische Untersuchungen über die Arthropoden-Besiedlung. Jg. 11 (1963), S. 90
- HORN, W.: Zur säkularen Änderung des mittleren Wasserstandes. Jg. 8 (1960), S. 83
- HUNDT, C.: Beitrag zur Frage des maßgebenden Sturmflutseeganges vor einem Deich am Watt. Beispiel Büsum. Jg. 10 (1962), H. 2, S. 136
- Der maßgebende Sturmflutseegang und Wellenaufwurf für das Deichbestick der deutschen Nordseeküste auf Grund der Sturmflut vom 16. Februar 1962. Jg. 10 (1962), H. 2, S. 146
- KANNENBERG, E.-G.: Schutz und Entwässerung der Niederungsgebiete an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste. Jg. 7 (1958/59), S. 47
- KLINGE, W.: Die Sicherung der Küste des Landes Wursten. Jg. 9 (1961), S. 58
- Betrachtungen zu den Höhen der Deiche an Elbe und Weser. Jg. 10 (1962), H. 2, S. 69
- KNOP, F.: Küsten- und Wattveränderungen Nordfrieslands — Methoden und Ergebnisse ihrer Überwachung. Jg. 11 (1963), S. 1
- KÖSTER, R.: Zur Frage der gegenwärtigen Senkung der schleswig-holsteinischen Ostseeküste. Jg. 8 (1960), S. 131
- Geologische Beobachtungen zur Entwicklung der Täler und zum neuzeitlichen Wasseranstieg im Unterlauf von Trave und Schwartau. Jg. 9 (1961), S. 105
- KOOPMANN, G.: Die Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 in ozeanographischer Sicht. Jg. 10 (1962), H. 2, S. 55
- KRAMER, J.: Die Strandaufspülung Norderney 1951–1952 und ein Plan zu ihrer Fortführung. Jg. 7 (1958/59), S. 107
- Neue Siele und Schöpfwerke in Ostfriesland. H. 18/1969, S. 47
- Empfehlung für Richtlinien für Verlegung und Betrieb von Leitungen im Bereich von Hochwasserschutzanlagen. Bericht der Arbeitsgruppe „Versorgungsleitungen im Bereich von Hochwasserschutzanlagen“. H. 20/1970
- KRAUSE, G., WOLTER, R.: Neuregelung der Wasserwirtschaft in Ostfriesland. H. 19/1970, S. 186
- KRAUSE, M.: Lebensbilder Hamburger Wasserbauer. Jg. 9 (1961), S. 115
- „KÜSTE“, Die – Archiv für Forschung und Technik an der Nord- und Ostsee: Inhaltsverzeichnis der bisher erschienenen Hefte. Jg. 7 (1958/59), S. 145 und H. 20 (1970).
- KÜSTENAUSSCHUSS NORD- UND OSTSEE, Arbeitsgruppe Küstenschutzwerke: Empfehlungen für den Deichschutz nach der Februar-Sturmflut 1962. Jg. 10 (1962), H. 1, S. 113
- Arbeitsgruppe Versorgungsleitungen im Bereich von Hochwasserschutzanlagen: Empfehlung für Richtlinien für Verlegung und Betrieb von Leitungen im Bereich von Hochwasserschutzanlagen. H. 20/1970.
- Arbeitsgruppe Sturmfluten: Der maßgebende Sturmflutseegang und Wellenaufwurf an den Deichen. Ergebnisbericht 1. Jg. 10 (1962), H. 2, S. 135
- Gutachtergruppe Eider: Gutachten über die Vorschläge zur Behebung der Schwierigkeiten in der Eider. Jg. 12 (1964), S. 30
- Technisch-wissenschaftlicher Beirat: Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse der ehemaligen Arbeitsgruppe „Sturmfluten“ und Empfehlungen für ihre Nutzenanwendung beim Seedeichbau. – Bericht aus dem Fachgebiet „Wissenschaftliche Untersuchungen im Küstengebiet“ des TWB im Küstenausschuß Nord- und Ostsee, Obmann Professor Dr.-Ing. E. h. W. HENSEN. H. 17/1969, S. 81
- Fachgebiet „Küstenschutz“ (Obmann Regierungsdirektor a. D. Dr.-Ing. LÜDERS): Deichsicherung durch Verhüttungsrückstände. H. 18/1969, S. 75.
- KUNTZE, H.: Siehe BÄTJER, D.
- LAUCHT, H.: Hochwasserschutzmaßnahmen im Gebiet des Hamburger Hafens. Jg. 14 (1966), H. 1, S. 22

- LUCK, G.: Die Forschungsstelle für Insel- und Küstenschutz auf Norderney. H. 19/1970, S. 1
- LÜDERS, K.: Veröffentlichungen über die Februar-Sturmflut 1962 (Stand Dezember 1962). Jg. 10 (1962), H. 1, S. 131
- Bericht der Arbeitsgruppe „Küstenschutzwerke“. Jg. 14 (1966), H. 1, S. 55
 - Veröffentlichungen über die Februar-Sturmflut 1962 (Stand 1966). Jg. 14 (1966), H. 1, S. 85
 - Nachtrag zu den „Empfehlungen für den Deichschutz nach der Februar-Sturmflut 1962“. H. 20/1970
- LORENZEN, J. M.: „Landgewinnung und Landerhaltung in Schleswig-Holstein.“ Gedanken zum Werk von MÜLLER-FISCHER über das „Wasserwesen an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste“. Jg. 7 (1958/59), S. 20
- 25 Jahre Forschung im Dienst des Küstenschutzes. Jg. 8 (1960), S. 7
 - Zur Lösung der Eiderprobleme. Jg. 14 (1966), H. 1, S. 71
 - Über Aufgaben und Organisation des Küstenausschusses Nord- und Ostsee. Jg. 14 (1966), H. 2, S. 1
 - Eröffnungsansprache des Vorsitzenden zur 5. Arbeitstagung des Küstenausschusses Nord- und Ostsee am 16. V. 1969. H. 18/1969
 - Das Programm des Küstenausschusses zur Erforschung der Naturvorgänge im deutschen Küstenvorfeld. Vortrag auf der 5. Arbeitstagung des Küstenausschusses Nord- und Ostsee am 16. V. 1969 in Kiel. H. 18/1969
- MANN, G.: Siehe BAUMANN, H.
- METZKES, E.: Bericht über den Deichbau und den Küstenschutz in Niedersachsen nach der Sturmflut vom 16./17. Februar 1962. Jg. 14 (1966), H. 1, S. 33
- Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Schleswig-Holstein – Landesamt für Wasserwirtschaft: Die Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 an der schleswig-holsteinischen Westküste. Jg. 10 (1962), H. 1, S. 55
- MÜLLER, E. und MÜLLER-SPÄTH, W.: Berechnung der natürlichen Entwässerung in den Küstenmarschen. H. 16/1968, S. 59
- Niedersächsischer Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten – Ingenieurkommission: Die Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 im niedersächsischen Küstengebiet. Jg. 10 (1962), H. 1, S. 17
- PETERSEN, M.: Das deutsche Schrifttum über Seebuhnen an sandigen Küsten. Jg. 9 (1961), S. 1
- Die zweite Deichlinie im Schutzsystem der deutschen Nordseeküste. Jg. 14 (1966), H. 2, S. 100
 - Sturmflut 1962. Wasserstände an den Küsten der Nordsee. H. 15/1967, S. 1–123
- PLATH, M. †: Ein im Gezeitenbereich des Wattenmeeres selbsttätig arbeitendes Sinkstoff-Schöpfergerät und die Bedeutung der Wattfauna für die Bildung von Sinkstoffen. Jg. 13 (1965), S. 119
- PFEIFFER, H. †: Untersuchungen über den Einfluß des geplanten Dammbaues zwischen dem Festlande und der Insel Sylt auf die Wasserverhältnisse am Damm und der anschließenden Festlandküste. H. 17/1969, S. 1.
- RAGUTZKI, G.: Bodenphysikalische Untersuchungen der verwendeten Verhüttungsrückstände. Anlagebericht II zu „Deichsicherung durch Verhüttungsrückstände“ (Küstenausschuß Nord- und Ostsee, Fachgebiet „Küstenschutz“, Obmann Regierungsdirektor a. D. Dr.-Ing. LÜDERS). H. 18/1969
- RODEWALD, M.: Zur Entstehungsgeschichte der Sturmflut-Wetterlagen in der Nordsee im Februar 1962. Jg. 10 (1962), H. 2, S. 1
- Zur Entstehungsgeschichte von Sturmflutwetterlagen in der Nordsee. Jg. 13 (1965), S. 1

- Zur Frage der Böigkeit des Windes bei Sturmflutwetterlagen. H. 16/1968, S. 1
- RODLOFF, W.: Über die Morphologie einiger Wattgebiete der schleswig-holsteinischen Westküste. H. 20/1970
- ROEDIGER, G.: Entwicklung und Verlauf der Wetterlage vom 16./17. Februar 1962. Jg. 10 (1962), H. 1, S. 1
- ROHDE, H.: Die Häufigkeit hoher Wasserstände an der Westküste von Schleswig-Holstein. Jg. 12 (1964), S. 86
- Nachrichten über Sturmfluten früherer Jahrhunderte nach Aufzeichnungen Tönninger Organisten. Jg. 12 (1964), S. 113
- Wasserstandsänderungen und Sturmfluthäufigkeit an der Elbmündung. H. 16/1968, S. 33
- Die Entwicklung der Wasserstraßen im Bereich der deutschen Nordseeküste. H. 20/1970
- SCHIJF, J. B.: Die Bedeutung der relativen Küstensenkung für die Niederlande. Jg. 8 (1960), S. 85
- Über den Stand der Küstenforschung. Vortrag auf der 5. Arbeitstagung des Küstenausschusses Nord- und Ostsee am 16. V. 1969 in Kiel. H. 18/1969, S. 24.
- SCHUBERT, K.: Ems und Jade. H. 19/1970, S. 29
- SCHULZ, H.: Verlauf der Sturmfluten vom Februar 1962 im deutschen Küsten- und Tidegebiet der Nordsee. Jg. 10 (1962), H. 1, S. 5
- SINDERN, J.: Offene und aktuelle Fragen im Seebau und Küstenschutz und zweckmäßige Wege zu ihrer Lösung. Bericht über das Fachgespräch anlässlich der 5. Arbeitstagung des Küstenausschusses Nord- und Ostsee am 16. V. 1969 in Kiel. H. 18/1969
- STOLTENBERG, G.: Öffentliche Aufgaben der Meeresforschung und Küstenforschung. Rede anlässlich der Tagung des Küstenausschusses Nord- und Ostsee am 16. V. 1969 in Kiel. H. 18/1969
- SUHR, H.: Über die Verwirklichung des Generalplans Deichverstärkung, Deichverkürzung und Küstenschutz in Schleswig-Holstein vom 20. Dezember 1963. Jg. 14 (1966), H. 1, S. 43
- TRAEGER, G.: Planung und Ausführung von Deicherhöhungen und Flußabdämmungen im Lande Bremen. Jg. 8 (1960), S. 108
- Die Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 im Lande Bremen. Jg. 10 (1962), H. 1, S. 93
- Die im Land Bremen nach der Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 ausgeführten und geplanten Sicherungsarbeiten. Jg. 14 (1966), H. 1, S. 47
- VARJO, U.: Über Riffbildungen und ihre Entstehung an den Küsten des Sees Oulujärvi (Finnland). H. 17/1969, S. 51
- VOSS, F.: Der Einfluß des jüngsten Transgressionsablaufes auf die Küstenentwicklung der Gellinginger Birk im Nordteil der westlichen Ostsee. H. 20/1970
- WALTHER, F.: Die Grundwasserverhältnisse in den Marschgebieten an der Unterweser zwischen Ochtum und Hunte. Jg. 12 (1964), S. 61
- WEMELSFELDER, P. J.: Meereshöhe, Nivellementshöhe, Pegelnull. Jg. 8 (1960), S. 89
- Westküste, Archiv für Forschung, Technik und Verwaltung in Marsch und Wattenmeer: Inhaltsverzeichnis der erschienenen Hefte. Verfasserverzeichnis. Jg. 7 (1958/59), S. 145
- WIELAND, P.: Siehe CZOCK, H.
- WITTE, H.-H.: Die Schutzarbeiten auf den Ostfriesischen Inseln. H. 19/1970, S. 68
- WOHLENBERG, E.: Die Trinkwasserversorgung der Halligen nach der Sturmflut im Februar 1962. Jg. 10 (1962), H. 2, S. 86
- Der Deichbruch des Ülvesbüller Kooges in der Februar-Sturmflut 1962. Versalzung – Übersandung – Rekultivierung. Jg. 11 (1963), S. 52
- Deichbau und Deichpflege auf biologischer Grundlage. Jg. 13 (1965), S. 73
- WOLTER, R.: Siehe KRAUSE, G.

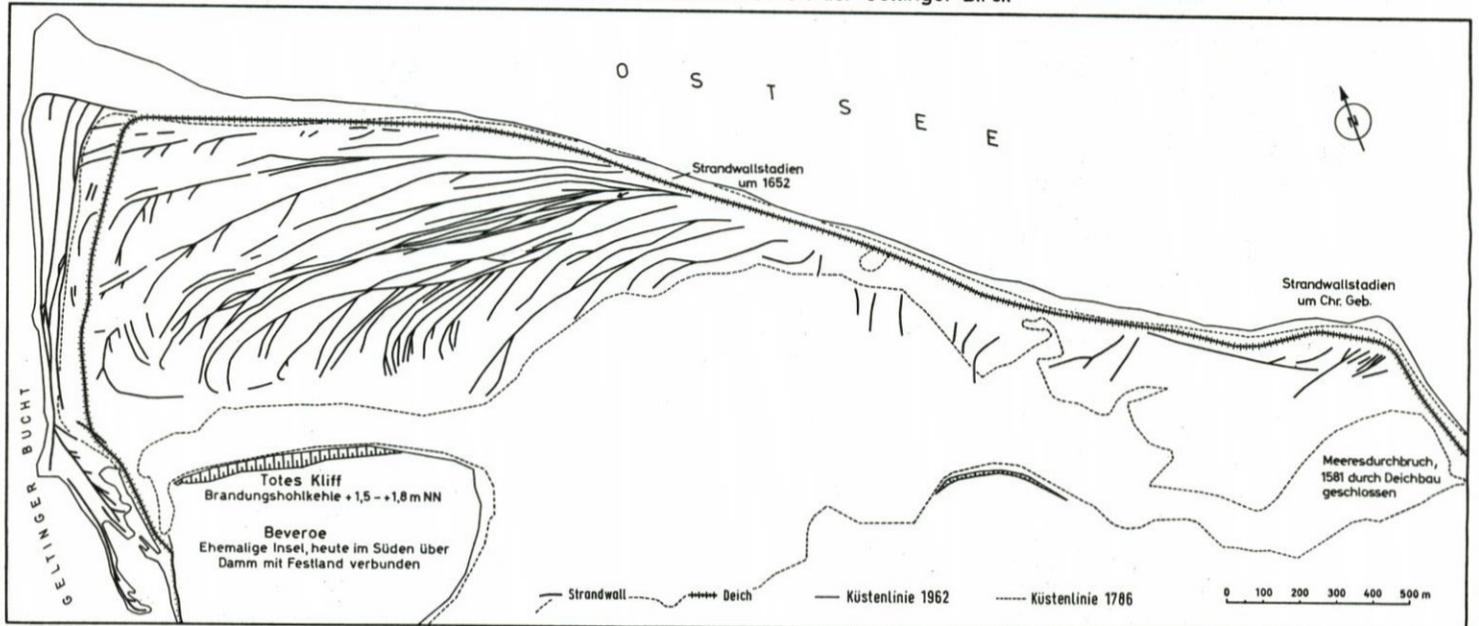
Die Strandwalllandschaft der Geltinger Birck



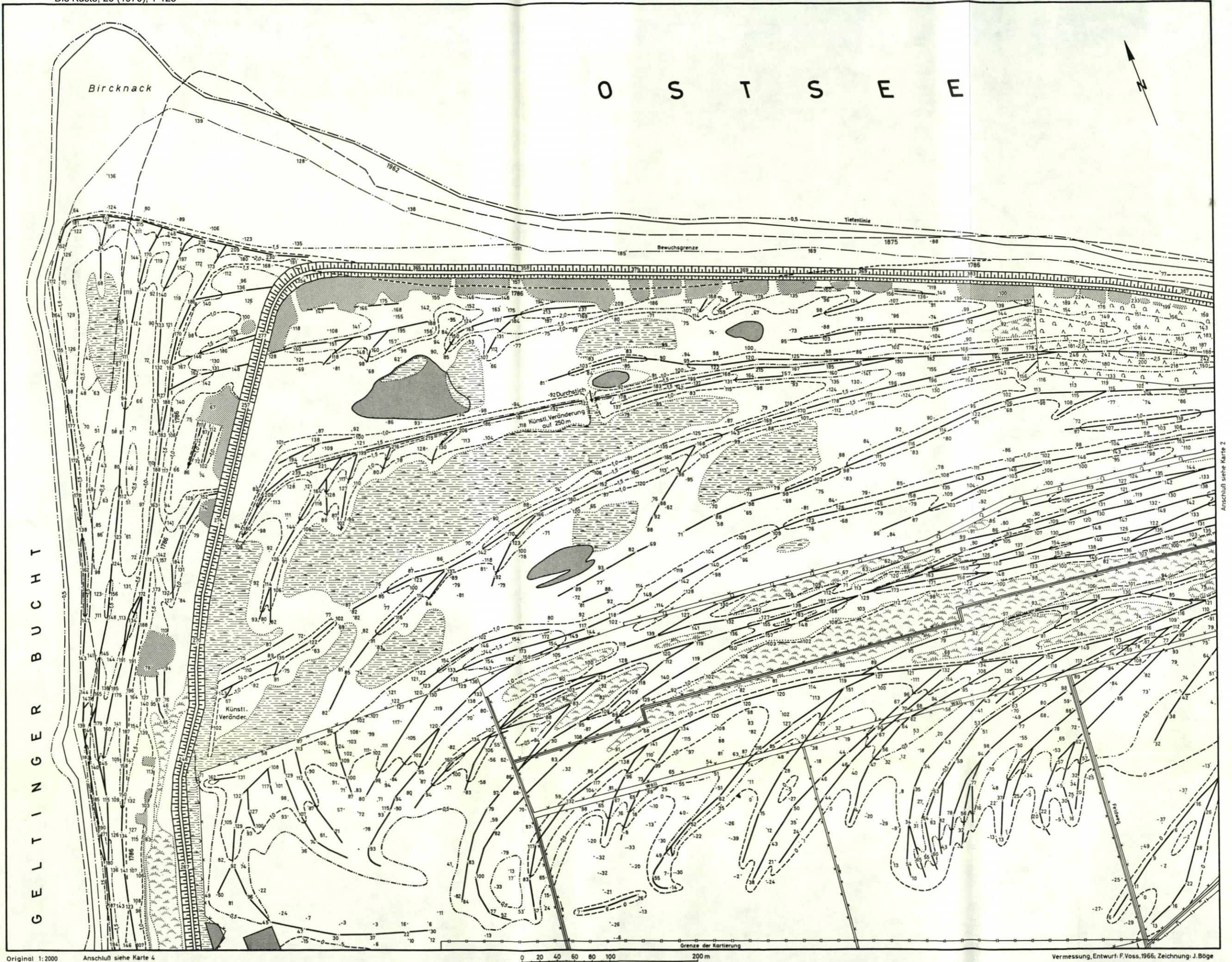
Anschluß siehe Karte 2

Karte 5

Übersicht der Strandwalllandschaft der Gettinger Birck



Vermessung, Entwurf: F. Voss, 1966; Zeichnung: J. Böge



Karte 4 Die Küste 20 (4970) 1:125 Die Strandwallandschaft der Geltinger Birck

Anschluß siehe Karte 3

