Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

Die Küste

ARCHIV
FÜR FORSCHUNG UND TECHNIK
AN DER NORD- UND OSTSEE

3950-A-2012-00000075

JAHRGANG 14 1966 Heft 2

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

Die Küste

ARCHIV
FÜR FORSCHUNG UND TECHNIK
AN DER NORD- UND OSTSEE

HERAUSGEBER:
DER KÜSTENAUSSCHUSS NORD- UND OSTSEE

Jahrgang 14 - 1966
Heft 2

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

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

Anschriften der Verfasser dieses Heftes:
BANTELMANN, Albert, Dr., Wiss.O.Rat, Landesamt für Vor- und Frühgeschichte von Schleswig-Holstein, Schleswig, Schloß Gottorp; GÖHREN, Harald, Dipl.-Ing., Strom- und Hafenbau, Forschungsgruppe Neuwerk, Cuxhaven, Lentzkai; GRIPP, Karl, Professor Dr., Kiel, Niemannsweg 168; GURSCH, Paulheinz, Regierungsbauassessor, Wasser- und Schiffahrtsamt Duisburg-Meiderich; LORENZEN, Johann M., Präsident Dr.-Ing. E. h., Küstenausschuß Nord- und Ostsee, Kiel-Wik, Feldstr. 251/253; PETERSEN, Marcus, Dr.-Ing., Oberregierungsbaurat, Landesamt für Wasserwirtschaft Schleswig-Holstein, Kiel, Düsternbrooker Weg 104/108.

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. WOHLENBERG, Husum, Nissenhaus.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

Inhaltsverzeichnis

LORENZEN, Johann, M., Präsident i. R. Dr.-Ing. E. h.
Über Aufgaben und Organisation des Küstenausschusses Nord- und Ostsee 1

BANTELMANN, Albert, Wiss.O.Rat Dr.
Die Landschaftsentwicklung im nordfriesischen Küstengebiet, eine Funktionschronik durch fünf Jahrtausende 5

PETERSEN, Marcus, Oberregierungsbaurat Dr.-Ing.
Die zweite Deichlinie im Schutzsystem der deutschen Nordseeküste 100

GURSCH, Paulheinz, Regierungsbauassessor
Das Leda-Sperrwerk in Ostfriesland 107

GÖHREN, Harald, Dipl.-Ing.
Beobachtungen über den Einfluß des Oberwassers auf die Sandbewegung in der Außenweser 157

GRIPP, Karl, Professor Dr.
Ursachen und Verhinderung des Abbruches der Insel Sylt 170

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

Über Aufgaben und Organisation des Küstenausschusses Nord- und Ostsee

Von Johann M. Lorenzen

I. Einleitung

Auf der Tagung des Küstenausschusses Nord- und Ostsee am 26. November 1965 in Hamburg hat sein langjähriger Vorsitzender, Professor Dr.-Ing. E. h. Dr.-Ing. AGATZ, Rückschau auf die seit der Gründung des Ausschusses am 1. 10. 1949 von Vorstand und Mitarbeitern geleistete Arbeit gehalten. Professor AGATZ konnte mit Befriedigung feststellen, daß sich der bei der Gründung des Ausschusses gefaßte Entschluß der für Küsten- und Seebauaufgaben verantwortlichen Ressorts in Bund und Küstenländern, einen Gedanken- und Erfahrungsaustausch ihrer Wasserbauingenieure an der Küste herbeizuführen und gemeinsam mit berufenen Wissenschaftlern aus Hochschulen und Instituten an der Lösung aller Seebauaufgaben zu arbeiten, erfolgreich ausgewirkt hat. Diese erfreuliche Feststellung verpflichtet indessen dazu, daß der Küstenausschuß sich darüber Gedanken macht, wie er in seiner weiteren Arbeit mit der Entwicklung Schritt halten und sie noch wirtschaftlicher gestalten kann.

II. Die Aufgaben

Wie Professor AGATZ auf der Hamburger Tagung ausführte, sind seit dem letzten Kriege die dem Ingenieur im Seebau gestellten Aufgaben in einem ungewöhnlichen Tempo gewachsen. Die Forderung nach verbessertem Küsten- und Deichschutz ist besonders nachdrücklich erhoben worden, als zwei säkulare Sturmfluten, nämlich die Februarflut 1953 in Holland und die Februarflut 1962 in unserem Bereich, die Küsten der Nordsee verheert hatten. Dabei hat sich herausgestellt, daß die Sturmfluten und ihre Wirkung, insbesondere die zu erwartenden höchsten Wasserstände, noch gründlicherer Erforschung bedürfen, und daß es in der Planung und Gestaltung der Küstenschutzwerke zu einer noch engeren Zusammenarbeit der verantwortlichen Dienststellen und ihrer Ingenieure zusammen mit den wissenschaftlichen Instituten kommen muß.

Das schnelle Anwachsen der Schiffsgrößen in den letzten 15 Jahren hat die Anforderungen an die Abmessungen und an die Sicherheit der seewärtigen Verbindungen unserer deutschen Häfen, der Seewasserstraßen, stärker anwachsen lassen, als man je ahnen konnte. Obwohl hier die technische Entwicklung den Einsatz leistungsfähiger Großgeräte zur Herstellung und Erhaltung großer Fahrwassertiefen gestattet, ist es im Interesse der Sicherheit und der Wirtschaftlichkeit des Verkehrs mehr als bisher notwendig, die langfristige Reaktion der Naturkräfte auf verstärkt vorangetriebene technische Maßnahmen zu kennen.

Die Verantwortung für Planung und Durchführung der genannten technischen Aufgaben verteilt sich seit 1949 infolge der staatsrechtlichen Neugliederung des Bundesgebietes für Aufgaben des Verkehrs, Wasserstraßen, Häfen und der Wasserwirtschaft auf zehn verschiedene Ressorts des Bundes und der vier Küstenländer. Diese starke Aufteilung der Verantwortung hat die zuständigen Verwaltungen als Träger der Küstenaufgaben von der Notwendigkeit einer engeren Zusammenarbeit im Küstenbereich überzeugt und zur Gründung einer Interessen- und Arbeitsgemeinschaft, des Küstenausschusses, erheblich beigetragen. Für die praktische Arbeit im Küstenausschuß haben diese Träger fachlich geeignete Ingenieure zur Verfügung gestellt. Eine wesentliche Förderung wurde der Arbeit im Küstenausschuß durch die Mitarbeit namhafter Wissenschaftler aus verschiedenen Fachrichtungen zuteil. Aus dem Wirken dieses Mitarbeiterkreises sei folgendes kurz angeführt:

Die schwierigen und umfangreichen Gutachten oder Stellungnahmen, so z. B. über den Schutz der Insel Norderney, über Folgerungen aus der Februar-Sturmflut 1962, über die technische Ausgestaltung von Küstenschutzwerken und über Maßnahmen in der Eider, sind der Öffentlichkeit aus der Schriftenreihe „Die Küste" größtenteils bekanntgeworden. Diese Arbeiten stellen jedoch nur einen Teil der Tätigkeit des Küstenausschusses dar. Weniger bekannt ist die Förderung der Arbeit des planenden und bauenden Ingenieurs durch zahlreiche technische und wissenschaftliche Einzelberatungen auf den Gebieten des Küstenschutzes, des Verkehrs oder der Vorflut. Hierzu gehören auch eine Reihe von wertvollen Erfahrungsberichten über die Küstenschutzmaßnahmen der Vergangenheit und die sich daraus ergebenden Folgerungen.

In den genannten und weiteren Arbeitsbereichen hat sich ein reger Gedankenaustausch zwischen den Wasserbauingenieuren aller Sparten und der Wissenschaft entwickelt. Die sich damit anbahnende Gemeinschaftsarbeit führte zu einer Erweiterung des Gesichtskreises des Einzelnen und in manchen Fällen sogar zu einem einheitlichen Vorgehen in Bund und Ländern. Als Beispiel hierfür verdienen die vom Küstenausschuß nach den Erfahrungen der Februar-Sturmflut 1962 für die Gestaltung von Küstenschutzwerken erarbeiteten Empfehlungen besonders hervorgehoben zu werden, die von den Ländern als allgemeine Richtlinien eingeführt wurden und die zusammen mit anderen Anregungen auch der Wirtschaftlichkeit in der praktischen Arbeit zugute gekommen sind.

Eine wertvolle Verbindung zwischen allen Mitarbeitern hat der Küstenausschuß weiterhin durch seine bibliographische Arbeit hergestellt. Diese Arbeit hat allen Mitgliedern einen guten Einblick in das einschlägige Schrifttum des In- und Auslandes vermittelt und in übersichtlicher Form wichtige Neuerungen in Forschung und Technik zur allgemeinen Kenntnis gebracht. In gewissenhafter und mühevoller Kleinarbeit zahlreicher ehrenamtlicher Mitarbeiter hat der Küstenausschuß eine recht ansehnliche Dokumentationszentrale geschaffen, die neben einer guten Fachbücherei einen vielbenutzten Quellennachweis aus der für die Küstenarbeit wichtigen Literatur enthält.

Man kann also die bisherige, mit geringem Personal- und Geldaufwand (von 1950—1966 i. M. rd. 25 000,— DM jährlich) geleistete Arbeit des Küstenausschusses mit Recht als erfolgreich bezeichnen. Trotzdem läßt sich noch manches in der Zusammenarbeit erleichtern und verbessern. Hierbei muß einschränkend bemerkt werden, daß jeder dem Küstenausschuß angehörige Träger von Küstenaufgaben für sich verpflichtet ist, die ihm vom Grundgesetz übertragenen Aufgaben verantwortlich zu erfüllen. Dabei kann es durchaus vorkommen, daß die Interessen der verschiedenen Fachressorts nicht immer parallel laufen. Außerdem geben auch unterschiedliche wirtschaftspolitische Ziele in Bund und Ländern der Küstenarbeit unterschiedliche Akzente. In solchen Fällen kann der Küstenausschuß nicht oder nur bedingt tätig werden. Die Träger der Küstenaufgaben in Bund und Ländern haben jedoch in zunehmendem Umfange die Erfahrung gemacht, daß alle Arbeiten in und an der See die großen überörtlichen Naturvorgänge berühren, sie beeinflussen oder gar von ihnen abhängen. Kein Ressort war bisher in der Lage, in dem ihm sachlich und regional gesteckten Arbeitsrahmen die entscheidenden Naturvorgänge im größeren Raum zu übersehen, und keine Fachverwaltung ist daher bis heute für sich allein imstande, die Beziehungen und Wechselwirkungen zwischen dem Baugeschehen und den Naturkräften in ihrem Zuständigkeitsbereich zu deuten. Andererseits ist es verständlich, daß der Bund oder die Küstenländer, wenn sie sich vor eine große und drängende technische Aufgabe im Seegebiet gestellt sahen, bemüht waren, mit Hilfe eigener Untersuchungen sich schnellstens ein zutreffendes Bild über die zu erwartenden Auswirkungen ihrer baulichen Eingriffe zu verschaffen. Dieses durch sehr verschiedene Aufgabenstellungen ausgelöste Vorgehen, das im Laufe der Jahre eine Reihe örtlicher technischer Untersuchungs- oder Forschungsstellen hat entstehen lassen, führte unter Zuhilfenahme von Modellversuchen oder wissenschaftlichen Gutachten in vielen Fällen zur Lösung örtlicher Fragen. Einen gewissen Fortschritt in dieser Arbeit hat der Küstenausschuß noch dadurch erreicht, daß er seit einigen Jahren einen engeren Kontakt zwischen den Untersuchungsstellen hergestellt und daß er durch Erfahrungsaustausch manche Erkenntnisse vermittelt hat. Es bleibt jedoch festzustellen, daß selbst bei gleicher oder ähnlicher Aufgabenstellung und bei gleichen Naturvorgängen das Ver-

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

fahren der Untersuchungsstellen sehr uneinheitlich blieb. Wenn trotz des mit solchen Untersuchungen immer verbundenen großen Arbeits-, Zeit- und Geldaufwandes die Kenntnis vom Wirken der entscheidenden Naturvorgänge im großen Raum und damit die Grundlage aller örtlichen Untersuchungen lückenhaft geblieben sind, kann dieser Mangel den einzelnen örtlichen Forschungsstellen nicht zur Last gelegt werden. Diese haben selbst mehr und mehr erkannt, daß viele Ergebnisse ihrer eigenen Untersuchungen ohne vorherige Klärung der Naturvorgänge durch wissenschaftliche Grundlagenforschung unvollständig bleiben müssen. Sie haben deshalb wiederholt auf die Notwendigkeit einer umfassenden wissenschaftlichen Erforschung der Naturvorgänge im Küstenbereich und im angrenzenden Seegebiet an der Nord- und Ostsee hingewiesen. Es wird zugegeben werden müssen, daß die Wissenschaft, insbesondere die Meeresforschung, die seit Jahrzehnten in allen Weltmeeren bedeutende wissenschaftliche Erkenntnisse erarbeitet hat, der Erforschung der Naturvorgänge „vor der Haustür", d. h. im deutschen Küstenmeer, bis heute vieles schuldig geblieben ist. Nur so ist es verständlich, daß der Zweckforschung in Bund und Ländern oft die richtigen Ansatzpunkte und eine zuverlässige Grundlage für ihre örtlichen Untersuchungen und Planungen gefehlt haben.

Die sich aus den verschiedenen fachlichen Zuständigkeiten ergebende Arbeitsteilung und die auch damit verbundene Unvollkommenheit der Untersuchungen im Küstengebiet sowie das Fehlen entscheidender wissenschaftlicher Grundlagen im See- und Küstenbereich sollten nun Veranlassung geben, auf wirksame Abhilfe zu drängen. Als erstes sollten die Fachressorts in Bund und Ländern es sich angelegen sein lassen, die von ihren eigenen Forschungsstellen betriebenen Untersuchungen an der Meeresküste unbeschadet der formalen Zuständigkeiten stärker aufeinander abzustimmen (wie es bei der Gründung des Küstenausschusses gedacht war); sie, wo möglich, zu koordinieren und sie ohne Zeitdruck und zu enge Bindung an einzelne Bauvorhaben durchzuführen. Ein solches Vorgehen könnte bei gegenseitiger Hilfeleistung die einzelnen Untersuchungen vollkommener und rationeller als bisher gestalten. Gleichzeitig müssen die Verwaltungen im Interesse der gesamten Küstenarbeit fordern, daß die Wissenschaft die Grundlagenforschung im Seegebiet der Nordsee stärker als bisher vorantreibt und sie den Küstenaufgaben dienstbar macht.

Einen Schritt auf dem Wege zur Vertiefung und Vereinheitlichung der Küstenforschung und ihrer Zusammenarbeit mit der Wissenschaft bedeutet das vom Küstenausschuß angeregte und nunmehr von der Deutschen Forschungsgemeinschaft in die Wege geleitete Schwerpunktprogramm „Sandbewegung im deutschen Küstenbereich". Dieses Programm hat die Erforschung eines der wichtigsten, aber auch schwierigsten Naturvorgänge an der Küste zum Ziel. Es soll sich in erster Linie mit wissenschaftlichen Fragen befassen. Hierzu bedarf es der intensiven Hilfe durch die Träger der Küstenarbeit sowie durch ihre technischen und wissenschaftlichen Mitarbeiter. Die Zweckforschung in besonderen Untersuchungsstellen wird damit keinesfalls entbehrlich, ihre Durchführung aber einfacher und ihre Ergebnisse überzeugender.

Das „Schwerpunktprogramm" kann so für eine gute Zusammenarbeit zwischen Grundlagenforschung und Zweckforschung beispielhaft werden.

III. Organisation

Da die Fachverwaltungen des Bundes und der vier Küstenländer die verantwortlichen Träger aller praktischen Arbeit im Küsten- und Seegebiet sind, üben ihre Vertreter als „Verwaltungsausschuß" im Küstenausschuß eine entscheidende Funktion aus, die sie in ihren „Richtlinien" festgelegt haben. Hiernach hat der Küstenausschuß weder einen behördlichen noch den Charakter einer öffentlich-rechtlichen Körperschaft oder eines Vereins, sondern stellt eine freie Interessen- und Arbeitsgemeinschaft dar.

Aus einem Mitarbeiterkreis, der, wie schon gesagt, aus Fachleuten der Technik und der Wissenschaft besteht, wurden bisher für die Bearbeitung bestimmter Aufgaben Arbeitsgruppen gebildet. In diesen vollzog sich ein großer Teil der praktischen Arbeit. Die zehn Arbeitsgruppen, deren Gliederung

in Heft 1 der „Küste" 1952 beschrieben ist, waren als ständige Einrichtung gedacht und sollten sich laufend mit Fragen aus der Technik und der Wissenschaft beschäftigen, soweit sie von allgemeiner Bedeutung sind. Überwiegend wurde diese Arbeit ehrenamtlich von berufstätigen technischen und wissenschaftlichen Mitarbeitern und von Pensionären geleistet. Während die Tätigkeit einiger Arbeitsgruppen als abgeschlossen gelten kann, ist sie in anderen Gruppen unvollendet geblieben, sei es, daß geeignete Mitarbeiter nicht zur Verfügung standen oder daß sie durch anderweitigen Einsatz ihrer Aufgabe vorzeitig entzogen wurden. Im Laufe der Jahre hat sich das sachliche Bedürfnis für eine ständige Tätigkeit in den Arbeitsgruppen auf ein solches für die Bearbeitung akuter Sonderfragen verlagert. Für größere Aufträge wurden daher neben den ständigen Arbeitsgruppen mehr und mehr besondere Gutachtergruppen gebildet, die sich nach Durchführung ihres Auftrages wieder auflösten. Im Interesse eines rationellen Einsatzes vielbeschäftigter Mitarbeiter hat der Verwaltungsausschuß in seiner Sitzung am 28. Juli 1966 in Hannover beschlossen, die Form der ständigen Arbeitsgruppen aufzugeben und für die Erarbeitung von Stellungnahmen oder Gutachten größeren Umfanges nur noch Gutachtergruppen ad hoc zu bilden. Nach dem Fortfall der ständigen Arbeitsgruppen sind auch die Voraussetzungen für den sogenannten Arbeitsausschuß, dem die Leiter der ständigen Arbeitsgruppen angehörten (vgl. „Küste", Heft 1, 1952), andere geworden, ohne daß das Bedürfnis für ein beratendes technisch-wissenschaftliches Gremium geringer geworden wäre. Der Bund und die Küstenländer haben daher ferner beschlossen, für technische und wissenschaftliche Fragen von besonderem Gewicht aus den Mitgliedern einen technisch-wissenschaftlichen Beirat zu berufen. Der Küstenausschuß sieht in dem technisch-wissenschaftlichen Beirat eine Einrichtung, die die wichtigsten alle Fachressorts an der Küste berührenden Probleme an der See einer kritischen Schau unterzieht und aus umfassender Sachkunde den Trägern der Küstenarbeit ihren unvoreingenommenen Rat zu geben vermag. Der Beirat wird von besonderer Bedeutung für ein fruchtbares Zusammenwirken von Zweck- und Grundlagenforschung in dem erwähnten neuen Schwerpunktprogramm werden.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

Die Landschaftsentwicklung an der schleswig-holsteinischen Westküste, dargestellt am Beispiel Nordfriesland

Eine Funktionschronik durch fünf Jahrtausende

Von Albert Bantelmann

Mit Illustrationen von Fritz Fischer

I. Vorbemerkungen 5
II. Landschafts- und Besiedlungsgeschichte des Untersuchungsgebietes und des südlich anschließenden Küstenraumes, ihre Eigentümlichkeit und Problematik 6
III. Landschaftgestaltende Vorgänge, ihr Verlauf und die wirksamen Faktoren 23
1. Die Entstehung von begrüntem Marschland 23
2. Einfluß der Vegetation und der raumbedingten Wasserstandsunterschiede auf die Formung der Oberflächengestalt des Alluviallandes 28
3. Veränderungen des Landschaftsbildes bei Anstieg des Meeresspiegels und bei günstiger Sinkstoffzufuhr 33
4. Die Auswirkungen eines veränderten Sedimenthaushaltes in den Uferbezirken auf die Landschaftsentwicklung 35
5. Der Einfluß menschlicher Tätigkeit auf die Umgestaltung der landschaftlichen Verhältnisse 40
a. Verlauf und Eigenarten der bäuerlichen Besiedlung 40
b. Eingriffe des Menschen im Gebiet der nördlichen Halligen 43
c. Eingriffe des Menschen im Bereich des ehemaligen „Strandes“ 44
IV. Beispiele landschaftlicher Veränderungen in Teilgebieten des Untersuchungsbereiches . . 51
1. Veränderungen im Gebiet der ehemaligen Insel Alt-Nordstrand („Strand“) . . . 51
a. Kulturspuren am Rummelloch 51
b. Hallig Nordstrandischmoor 57
c. Hamburger Hallig 59
d. Hallig Südfall 64
2. Veränderungen im Raume der nördlichen Halligen 69
a. Hallig Habel 69
b. Spuren einer intensiveren Bewirtschaftung auf anderen Halligen 76
c. Die Entwicklung im Bereich der Halligen Nordmarsch—Langeneß—Butwehl sowie Hingsteneß und Gröde-Appelland 79
d. Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse für die nördlichen Halligen . . 88
3. Die Entwicklung im Bereich der „Dagebüller Bucht“ als Beispiel für Veränderungen im geestnahen Teil des Untersuchungsgebietes 89
V. Ausblick 93
VI. Zusammenfassung 94
VII. Schriftenverzeichnis 95

I. Vorbemerkungen

In dieser Arbeit wird der Versuch unternommen, die landschaftlichen Veränderungen während der letzten 5000 Jahre für den zwischen der Halbinsel Eiderstedt im Süden und der Insel Föhr und der Wiedingharde im Norden liegenden Teil des nordfriesischen Küstengebietes darzulegen und deren Ursachen zu ergründen. Einer besonders eingehenden Betrachtung werden die Vorgänge im letzten Jahrtausend unterzogen. Zur Durchführung der genannten Aufgabe wurden die Arbeitsergebnisse verschiedener wissenschaftlicher Disziplinen einschließlich der gutachtlichen Berichte von Wasserbaufachleuten benutzt. Die in Wort und Bild enthaltenen Erkenntnisse sind demnach nicht

allein auf die Forschungsarbeiten des Verfassers zurückzuführen, sie sind vielmehr das Ergebnis der Bemühungen einer Generation von Wissenschaftlern, Ingenieuren und Heimatforschern, welche sich mit Hilfe unterschiedlicher Methoden die Aufhellung der Vorgänge im genannten Gebiet zur Aufgabe gemacht hat*).

Allgemein und somit auch in der Küstenregion wird die Landschaftsentwicklung vorzugsweise durch morphologische Veränderungen erkennbar. Da aber in der Morphologie der alluvialen Küstenebene schon ganz geringen, dem Fernerstehenden belanglos erscheinenden Höhenänderungen eine verhältnismäßig weittragende Bedeutung zugeschrieben werden muß, bedarf das erläuternde und begründende Wort der Hilfestellung durch Zeichnungen, und zwar im vorliegenden Fall zur Veranschaulichung der Vorgänge in der Horizontalen, der Perspektivzeichnung. Durch Verwendung naturnaher Symbole soll die Funktion der gestaltenden Kräfte den Aussagewert der bildlichen Darstellung erhöhen.

Die Arbeit ist in drei Hauptabschnitte gegliedert. Im ersten Abschnitt wird in der Form einer Übersicht die Landschafts- und Besiedlungsgeschichte des behandelten nordfriesischen Raumes derjenigen Dithmarschens gegenübergestellt. Es werden insbesondere die Verschiedenheiten der Entwicklung in beiden Räumen aufgezeigt und die sich daraus ergebenden Fragen nach den möglichen Ursachen gestellt. Im zweiten Abschnitt werden, teils allgemein, vorwiegend jedoch unter besonderer Berücksichtigung der nordfriesischen Verhältnisse, die wichtigsten landschaftgestaltenden Vorgänge und die bei ihnen wirksamen Faktoren betrachtet. Diese Erörterungen haben einmal den Zweck, die oft gestellte Frage nach den Ursachen der innerhalb des nordfriesischen Raumes in unserem Jahrtausend ganz besonders starken Dynamik im Ablauf der landschaftlichen Veränderungen einer Beantwortung näher zu bringen, zum anderen aber sollen durch sie die Schwierigkeiten aufgezeigt werden, die einer solchen Klärung gerade an einer unter Gezeiteneinfluß stehenden Flachlandküste entgegentreten. Einzelbeispiele zur Verdeutlichung der Eigentümlichkeiten des Ablaufs dieser Veränderungen in Teilgebieten des von uns betrachteten Raumes schließlich werden im dritten Hauptabschnitt angeführt. Als Unterlagen für die in diesem Teil der Arbeit dargelegten Einzelheiten dienten neben gesicherten historischen Überlieferungen weitgehend die Ergebnisse eigner Untersuchungen im Gelände.

Der Verfasser weiß, daß in den vorliegenden Ausführungen nicht alle Faktoren des komplizierten Geschehens erfaßt worden sind, das sich im genannten Raum in erdgeschichtlich jüngster Zeit vollzog und in der Gegenwart in unverminderter Intensität andauert. Er hofft aber, daß, angeregt durch die vorliegende Arbeit, die fruchtbare Diskussion wieder auflebt, die trotz der Mahnung durch die Sturmflutkatastrophe des Jahres 1962 etwas erlahmt ist.

II. Landschafts- und Besiedlungsgeschichte des Untersuchungsgebietes und des südlich anschließenden Küstenraumes, ihre Eigentümlichkeit und Problematik

Im nordfriesischen Küstengebiet haben in geschichtlicher Zeit durchgreifende Veränderungen stattgefunden: Große Flächen fruchtbaren Landes fielen dem Meere zum Opfer, Tausende von Menschen ertranken oder mußten wegen der Landverluste ihre Heimat verlassen. Heute sind Teile des alten Kulturlandes von jüngeren Meeresablagerungen bedeckt, vielerorts aber bildet das alte Kulturland die Oberfläche des nordfriesischen Wattenmeeres; es fällt bei Ebbe trocken, zweimal täglich jedoch, bei Flut, wird es vom Wasser der Nordsee bedeckt. Im Verlaufe des letzten Jahrtausends hat hier eine Transgression stattgefunden, bei der der Meereseinfluß weiter ostwärts vordrang, als jemals zuvor in älteren Abschnitten des Holozäns.

---

*) In den letzten beiden Jahrzehnten erfuhren die Arbeiten dank der finanziellen Unterstützung bei größeren Untersuchungen im Eidermündungsgebiet durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft eine wesentliche Erweiterung.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

Im Gegensatz dazu können für das unmittelbar benachbarte Dithmarscher Gebiet im selben Zeitraum keine Vorgänge weder von vergleichbarer Art noch von vergleichbarem Umfange nachgewiesen werden. Hier ist der Geest ein Marschstreifen vorgelagert, von dem Teile bereits zu Beginn unserer Zeitrechnung bäuerlich besiedelt waren. Abgesehen von örtlichen Einbrüchen, zeugen hier für eine Landzerstörung großen Ausmaßes weder Spuren im Gelände noch zeitgenössische Berichte. Für den unterschiedlichen Verlauf der landschaftlichen Entwicklung innerhalb der beiden benachbarten Küstengebiete Dithmarschens und Nordfrieslands müssen Faktoren eine Rolle gespielt haben, die in den betreffenden Räumen selbst zu suchen sind. Überregional wirkende Vorgänge, vor allem Höhenveränderungen des Meereswasserspiegels, müssen infolge der räumlichen Eigentümlichkeiten beider Landschaften ganz verschiedenartige Auswirkungen gehabt haben.

Mit dem Ziel, diese räumlich gebundenen Faktoren zu erkennen, geben wir zu Beginn unserer Betrachtungen eine kurze Übersicht über die erdgeschichtliche Vergangenheit beider Landschaften. Wir folgen dabei insbesondere den Forschungsergebnissen von E. Dittmer (1952, 1960).

Am Schluß der letzten Eiszeit, als noch große Wassermassen im Eis der Polarkappen gebunden waren, lag der südliche Teil des heutigen Nordseebeckens trocken, die Küstenlinie verlief nördlich der Doggerbank. Der größte Teil des nordfriesischen Bereiches war damals mit Schmelzwassersanden bedeckt, ihre Oberfläche lag im Verhältnis zu der des Dithmarscher Gebietes verhältnismäßig hoch und fiel mit geringem Gefälle nach Westen ein. Diese Sandmassen hatten bei ihrer Aufschüttung während der letzten Vereisung einen fjordartigen Arm des zwischeneiszeitlichen Eemmeeres (Dittmer, E. 1941, S. 25—27) bedeckt. Die zumeist vermoorte Oberfläche der Schmelzwassersande liegt heute im Raume zwischen Langeneß und Hooge erst auf — 10 m NN und nur im äußersten Südwesten des nordfriesischen Gebietes, im Bereich von West-Eiderstedt, sinkt sie unter — 20 m NN ab. Am Westrand des heutigen nordfriesischen Gebietes überragte eine Anzahl von Altmoränenhöhen diese Sandflächen, von denen die Geestkörper der Inseln Sylt, Föhr und Amrum erhalten gebliebene Reste darstellen. Weitere Altmoränenhöhen sind der Abrasion durch das vordringende Meer zum Opfer gefallen. Dittmer erschloß durch Bohrungen ein solches Abtragsgebiet im Raume der Hevermündung, ein weiteres ausgedehnteres werden wir im Bereich der Amrumbank zu suchen haben.

Im Dithmarscher Küstengebiet hingegen ist die voralluviale Landoberfläche größtenteils von Eider und Elbe beeinflußt worden. Sie fällt insbesondere in Süderdithmarschen vom heutigen Geestrand aus verhältnismäßig schnell bis auf — 20 m NN ab, bei Trischen sogar bis unter — 30 m NN. Inselförmig aufragende altdiluviale Höhen waren hier westlich des heutigen Geestrandes nirgends erhalten geblieben, sie sind schon während der letzten Vereisung den in den Tälern der beiden genannten Flüsse strömenden Schmelzwassermassen zum Opfer gefallen (Dittmer, E. 1960, S. 31, Gripp, K. 1941).

Im Verlaufe der Flandrischen Transgression wurden die tiefliegenden Gebiete vor dem Dithmarscher Geestrand verhältnismäßig früh von den vordringenden Wassermassen erreicht. Da sich wegen der zunächst geringen Wassertiefe und wohl auch wegen des sehr unregelmäßigen Küstenverlaufs ein Sandtransport größeren Umfanges nicht entwickeln konnte, treten uns die ältesten Meeresablagerungen unter dem Dithmarscher Alluvium in toniger Fazies entgegen. Sehr schnell folgen jedoch mit dem Ansteigen der Wasserstände Abrasionsvorgänge an Geestvorsprüngen und die Ausbildung einer Hakenküste: die offene See mit erheblicher Wassertiefe erstreckte sich nunmehr bis unmittelbar vor den heutigen Dithmarscher Geestrand (Abb. 1 u. 1b). Es muß hier verhältnismäßig lange gedauert haben, bis die inzwischen einsetzende Sandwanderung im Bereich der südlichen Nordsee (Gripp, K. 1944) soviel Material von außerhalb herbeigeführt hatte, daß der unmittelbare Ansturm der See gegen Geest und Nehrungen durch ein vorgelagertes Watt und durch Marschflächen gemildert wurde. Die Fundverteilung von Feuersteinartefakten (Bantelmann, A. 1949, S. 75) scheint anzudeuten, daß noch zur Stein-Bronze-Zeit (um 1500 v. Chr. Geb.) dieser Streifen alluvialen Landes vor dem Geestrand verhältnismäßig schmal gewesen ist. Bis in die Zeit um Christi Geburt jedoch haben sich sehr stabile Marschgebiete von erheblicher Ausdehnung mit hochliegenden Oberflächen

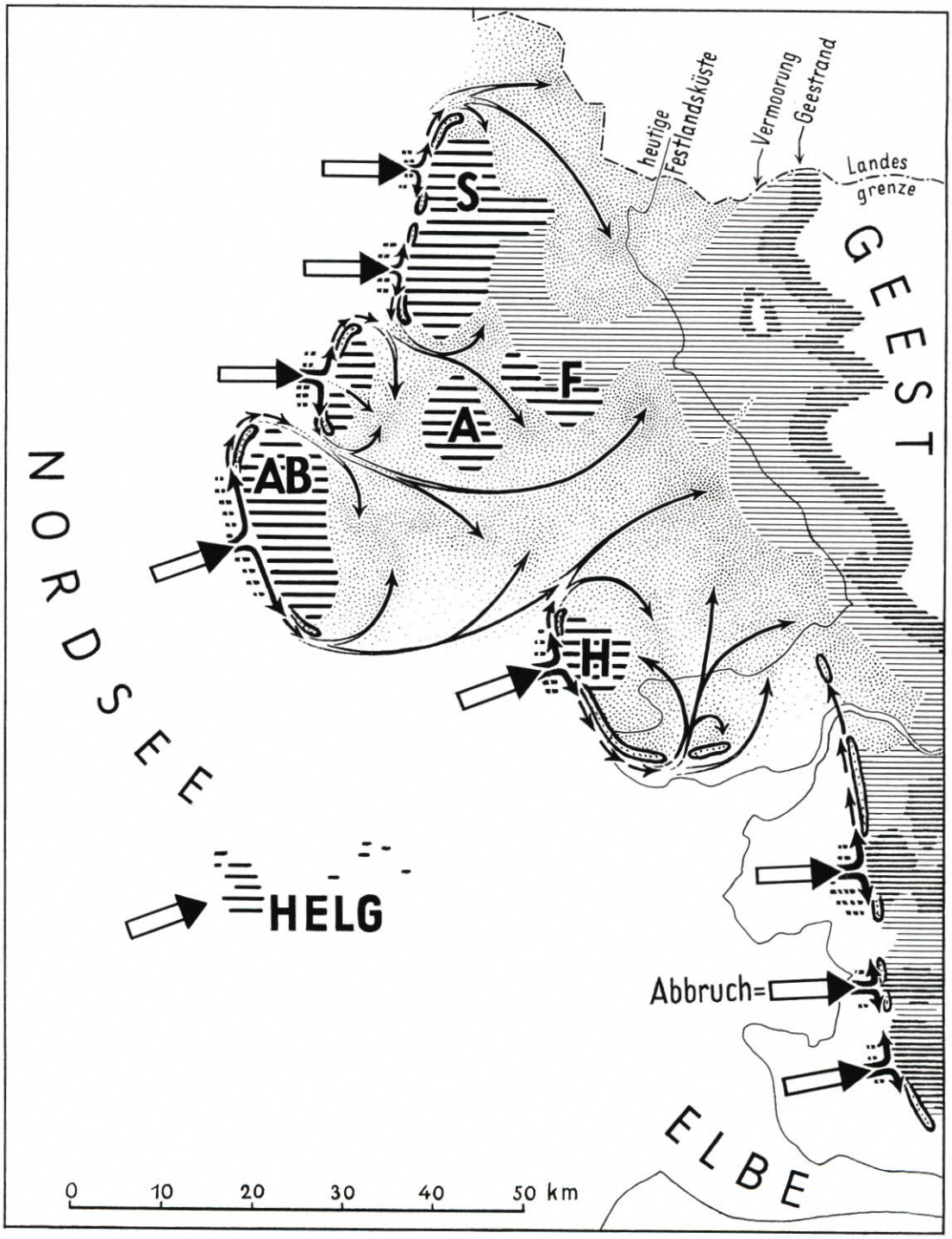


Abb. 1. Die Küstenverhältnisse um 3000 v. Chr. Geb.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

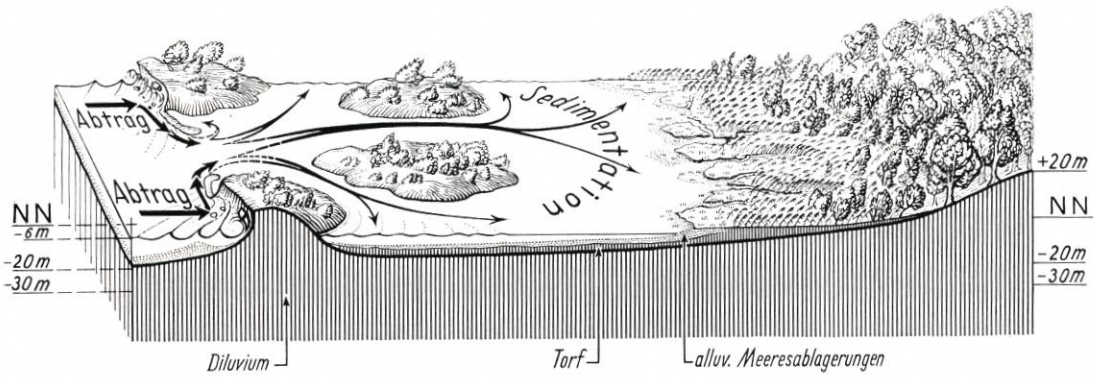


Abb. 1a

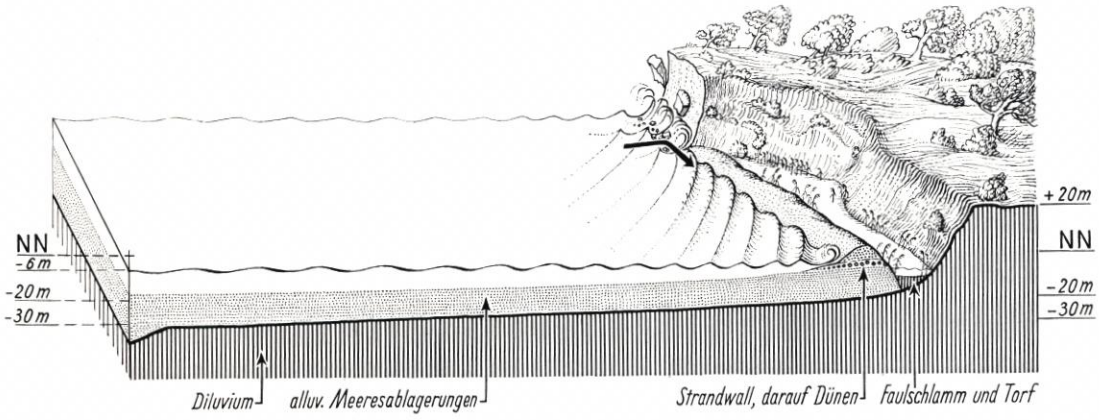


Abb. 1b

Der mittlere Meeresspiegel lag auf etwa — 6 m NN (Abb. 1).
Im nordfriesischen Bereich hatte die Nordsee die tieferliegenden Oberflächen der vermoorten Schmelzwassersandablagerungen überflutet (punktierte Flächen), während höherliegende, gleichfalls vermoorte Teile (feine Striche) sowie die Altmoränenhorste Sylt (S), Föhr (F) und Amrum (A) herausragten (starke Strichlagen). Die an der Außenküste des Gebietes liegenden Westflanken der Altmoränenhöhen wurden durch Abtrag zurückverlegt (unterbrochene Striche). Dieser Vorgang war mit seitlicher Nehrungsbildung verbunden.
Auch im Bereich der Amrumbank (AB), deren Oberfläche heute zwischen 8 m und 10 m unter Seekartennull liegt, sowie auf dem Abrasionsgebiet in der Hevermündung (H) werden starke Abtragungsvorgänge gewirkt haben.
In den auf der Leeseite der Altmoränenhorste Nordfrieslands gelegenen Überflutungsgebieten wurde das Ansteigen des Meereswasserstandes weitgehend durch die schnelle Ablagerung von Sedimenten (punktiert) ausgeglichen. In diesem Flachwassergebiet sind für die betrachtete Zeit keine Zerstörungsvorgänge nachweisbar (vgl. Abb. 1a).
Vor dem Dithmarscher Geestrand hingegen lag die voralluviale Landoberfläche verhältnismäßig tief, hier waren keine schützenden Altmoränenhöhen vorhanden. Der Einfluß des im Verlauf der Flandrischen Transgression schnell vordringenden Meeres konnte sich ungeschwächt bis an die heutige Festlandsgeest auswirken. Brandung und Strömung schufen an ihrem Westabfall eine Ausgleichsküste mit zahlreichen Nehrungen (vgl. Abb. 1b).

starke waagerechte Schraffur	=	Pleistozäne Ablagerungen und Helgoland
schwache waagerechte Schraffur	=	hochliegende Talsandoberfläche, vermoort, aber noch frei vom Meer
punktierte Flächen	=	tiefliegender Talsand, vermoort u. danach bedeckt von ersten marinen Sedimenten
schwache gebogene Pfeile	=	Sinkstofftransport
breite offene Pfeile	=	frontaler Meeresangriff

westlich der steinzeitlichen Nehrungsküste Dithmarschens gebildet. Sie dienten schon im unbedeichten Zustand zu Beginn unserer Zeitrechnung einer zahlreichen Bevölkerung als Wohn- und Nährgebiet.

Im Verlaufe unseres Jahrtausends hat sich, wie aus der altersmäßigen Verteilung der Besiedlungsspuren und vor allem aus den Bedeichungsvorgängen zu ersehen ist, der Marschgürtel Dithmarschens durch das Entstehen neuen Landes vor dem alten wiederum seewärts erweitert. Eine stärkere Überlagerung der alten bereits im 1. Jahrtausend n. Chr. Geb. besiedelten Marschflächen durch jüngere Sedimente marinen Ursprungs hat während des genannten Zeitraums nur im begrenzten Umfange stattgefunden.

Kennzeichnend für das Dithmarscher Gebiet ist somit das Vordringen vollmarinen Einflusses bis zum heutigen Geestrand schon in der ältesten Zeit der Überflutungen. Erst durch Herantransport und Aufschüttung von marinen Sedimenten von außerhalb her erfolgt die Bildung und das langsame seewärts gerichtete Wachstum eines Marsch- und Wattsaumes vor dieser ältesten Küste. Dieser Prozeß der fortgesetzten Anhäufung von Sedimenten, den wir aus unserer heutigen Kenntnis der Entwicklungsgeschichte annehmen dürfen, hat bis zur Gegenwart angehalten. Landverluste sind in unserem Jahrtausend nur an einzelnen, sehr exponierten Küstenabschnitten, insbesondere im Bereich der ehemaligen Insel Büsum sowie im Elbmündungsgebiet bei Brunsbüttel, hier bedingt durch eine Stromverlagerung der Elbe, nachzuweisen.

Eine wesentlich andere Entwicklung finden wir im nordfriesischen Raum. Anzeichen für das Vorhandensein einer offenen See in ältester Zeit (Corbula-Fazies nach Dittmer) ist nur im äußersten Südwesten zu finden. Im Gebiet nördlich des heutigen Eiderstedts drang infolge der erheblich höher liegenden Talsandoberflächen das Meer erst wesentlich später ein als in das Dithmarscher Küstengebiet. Nach Dittmer, E. (1952, S. 145) ist diese Tatsache für die Herkunft der Sedimente sehr wichtig. Da die etwas älteren oder gleichaltrigen Ablagerungen in Dithmarschen tonig sind, kann das nordfriesische Material nicht von Süden her der Küste entlang verfrachtet sein, es muß vielmehr vom Westen oder Norden stammen. Im Westen vorgelagert waren hier, wie schon erwähnt, Altmoränenhöhen, die ebenso wie die der heutigen Schleswiger Geest die sie umgebenden Talsandflächen überragten und deren Abbau durch Brandung und Strömung früh begonnen haben wird. In ihnen wird man die Lieferanten eines wesentlichen Teiles der abgelagerten Sedimente zu suchen haben. Die Sinkstoffe wurden auf den weitgehend vermoorten Talsandoberflächen sedimentiert, die unter den heutigen Watt- und Marschgebieten liegen, ohne daß großräumige Zerstörungen an diesen älteren Ablagerungen stattfanden; ein Beweis dafür, daß der Transgressionsvorgang hier verhältnismäßig ruhig verlief, und daß die Sedimente von außerhalb herangeführt sein müssen. Abgesehen vom äußersten Südwesten, deutet die artliche Zusammensetzung der erhalten gebliebenen Molluskenreste schon in den ältesten Alluvialablagerungen Nordfrieslands auf flaches Wasser hin. Die Sedimentzufuhr muß demnach im Gegensatz zu der des Dithmarscher Raumes von Beginn der Überflutung an so stark gewesen sein, daß sie das Ansteigen der Wasserstände ausgleichen konnte (Abb. 1a). Spuren einer Zerstörungstätigkeit der offenen See fehlen daher am Rande der heutigen Festlandsgeest Nordfrieslands vollkommen.

Wie vor der Dithmarscher Geest bildeten sich auch seitlich der Altmoränenhöhen des nordfriesischen Bereiches Haken- und Strandwälle, aber diese lagen infolge der andersartigen spätglazialen Oberflächengestalt nach Überflutung der Schmelzwassersandebenen ihrer Umgebung inselförmig weit vor dem heutigen Geestrand. Reste solcher Haken sind in der sogenannten Tatinger und Gardinger „Geest" erhalten. Offenbar gehen die letztgenannten Bildungen von dem Altmoränenhorst als Nährgebiet aus, dessen Reste Dittmer in der Hevermündung erbohrt hat (Dittmer, E. 1960, Abb. 2). Funde von Flintbeilen im Dünensand eines Hakens bei Brösum in West-Eiderstedt und eines Beiles aus dem gleichen Material auf einem Strandwall vor St. Michaelisdonn, die in die Zeit um 2000 v. Chr. Geb. zu datieren sind, machen es neben den Ergebnissen der geologischen Untersuchungen wahrscheinlich, daß die ältesten Haken- und Strandwallbildungen in West-Eiderstedt zumindest mit einem Teil der Dithmarscher gleichaltrig sind.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

Auf den Abbildungen 1, 1a und 16 haben wir ein frühes Stadium der im Text geschilderten Entwicklung für beide Gebiete darzustellen versucht. Fixpunkt ist der älteste Haken von St. Michaelisdonn, für dessen Entstehungszeit DITTMER einen Meereswasserstand von —6 m NN annimmt. Nach gut fundierten neueren holländischen Untersuchungen war dieser Wasserstand um 3000 v. Chr. Geb. erreicht (BENNEMA, I. 1954, Fig. 13).

Bis 2000 v. Chr. Geb. scheint vor der Dithmarscher Geest lediglich ein verhältnismäßig schmaler Streifen betretbarer alluvialer Sedimente abgelagert worden zu sein, während sich im nordfriesischen Bereich Wattbildungen — vielleicht auch schon stellenweise Marschflächen — weit nach Westen vorschoben, bis zu den hier liegenden Altmoränenhöhen, an deren Flanken sich dort, wo sie an die offene See grenzten, Haken gebildet hatten (Abb. 1a).

In der Folgezeit — nach den bisher vorliegenden geologisch-archäologischen Befunden vom zweiten Jahrtausend v. Chr. Geb. an — erfolgte in dem seit Beginn der Überflutungen mit Sedimenten reich versorgten nordfriesischen Raum ein Verlandungsprozeß, in dessen Verlauf allmählich große Flächen in eine begrünte Oberfläche verwandelt wurden. DITTMER, E. (1952, S. 151) macht mit Recht darauf aufmerksam, daß die marine Fazies dieser Bildungen jeweils verhältnismäßig schmal gewesen sein muß. Da die Zerschneidung offenbar gering war und der Gezeiteneinfluß landeinwärts schnell abnahm, folgte der seewärts wachsenden marinen Verlandungszone ostwärts sehr bald ein brackisches, mit Röhricht bewachsenes Sumpfgebiet, über dem später Niederungsmoore und schließlich sogar Hochmoore aufwuchsen. Aus der Struktur der Sedimente ist zu erkennen, daß die anorganogenen Ablagerungen nicht überall bis über die Grenze des derzeitigen mittleren Tidehochwassers hinaus aufgewachsen sind. Das Auftreten von weicher Tongyttja macht örtlich das Vorhandensein von ganz flachen Restseen und ausgedehnten Sümpfen wahrscheinlich, die sich ihrerseits sehr rasch mit einem Phragmitetum bedeckten.

Die Verteilung von stein-bronzezeitlichen Geräten im Bereich des heutigen nordfriesischen Wattenmeeres (BANTELMANN, A. 1949, S. 75) läßt vermuten, daß bereits um 1500 v. Chr. Geb. die Ausdehnung von Oberflächen, sei es Marsch oder Sumpf, die für den Menschen betretbar waren, im nordfriesischen Gebiet eine beträchtliche Ausdehnung besessen haben.

Die seewärtige Begrenzung dieses schnell, aber teilweise unvollkommen verlandeten Gebietes ist als vollmarine Fazies nur an der Südflanke erhalten geblieben in den mit Dünen bedeckten Haken Eiderstedts, die auf der Linie Ording-Tating und Garding-Katharinenheerd liegen. Die ehemalige westliche Begrenzung, die von Ording aus in Richtung Amrum verlaufen sein wird, ist heute, wie schon oben angedeutet, durch Vorgänge der Landzerstörung vernichtet und nicht mehr überprüfbar. Die letzte Phase in diesem Zerstörungsvorgang der westlichen Randzone ist in der ständigen Verkleinerung Ordings in Westeiderstedt erkennbar. Dieses Kirchspiel, das sich einst bedeutend weiter in nordwestlicher Richtung erstreckte, war noch in der Neuzeit mehrfach zu Ausdeichungen von wertvollem Land gezwungen (DEGN, CHR., und MUUSS, U. 1963, S. 150).

Im Südteil des von uns betrachteten nordfriesischen Raumes, zwischen dem Ostende des Gardinger Hakens bei Katharinenheerd und der nördlichen Verlängerung der Lundener Nehrung, dem Witzworter Strandwall, scheint nach dem Befund der geologischen Untersuchungen durch DITTMER, E. (1952) lange eine offene Bucht vorhanden gewesen zu sein, in der stark marine Einflüsse herrschten. Hier erfolgte verhältnismäßig spät, jedoch noch vor Christi Geburt, eine Verlandung. Die in dem Bereich dieser sogenannten Oldensworter Bucht aufgewachsene Marsch ähnelt in Sedimentstruktur und Höhenlage der des benachbarten Dithmarschen. Auch sie war gut entwässert und wurde daher, wie insbesondere die Untersuchungen auf Tofting beweisen, in den Jahrhunderten nach der Zeitenwende von bäuerlichen Siedlern bewohnt und genutzt.

Die älteren alluvialen Landflächen im Kerngebiet des nordfriesischen Küstenraumes hingegen bedeckten sich teilweise schon sehr früh infolge der hier herrschenden schlechten Entwässerungsverhältnisse in zunehmendem Maße mit organogenen Ablagerungen. Schilfsümpfe, Bruchwälder und

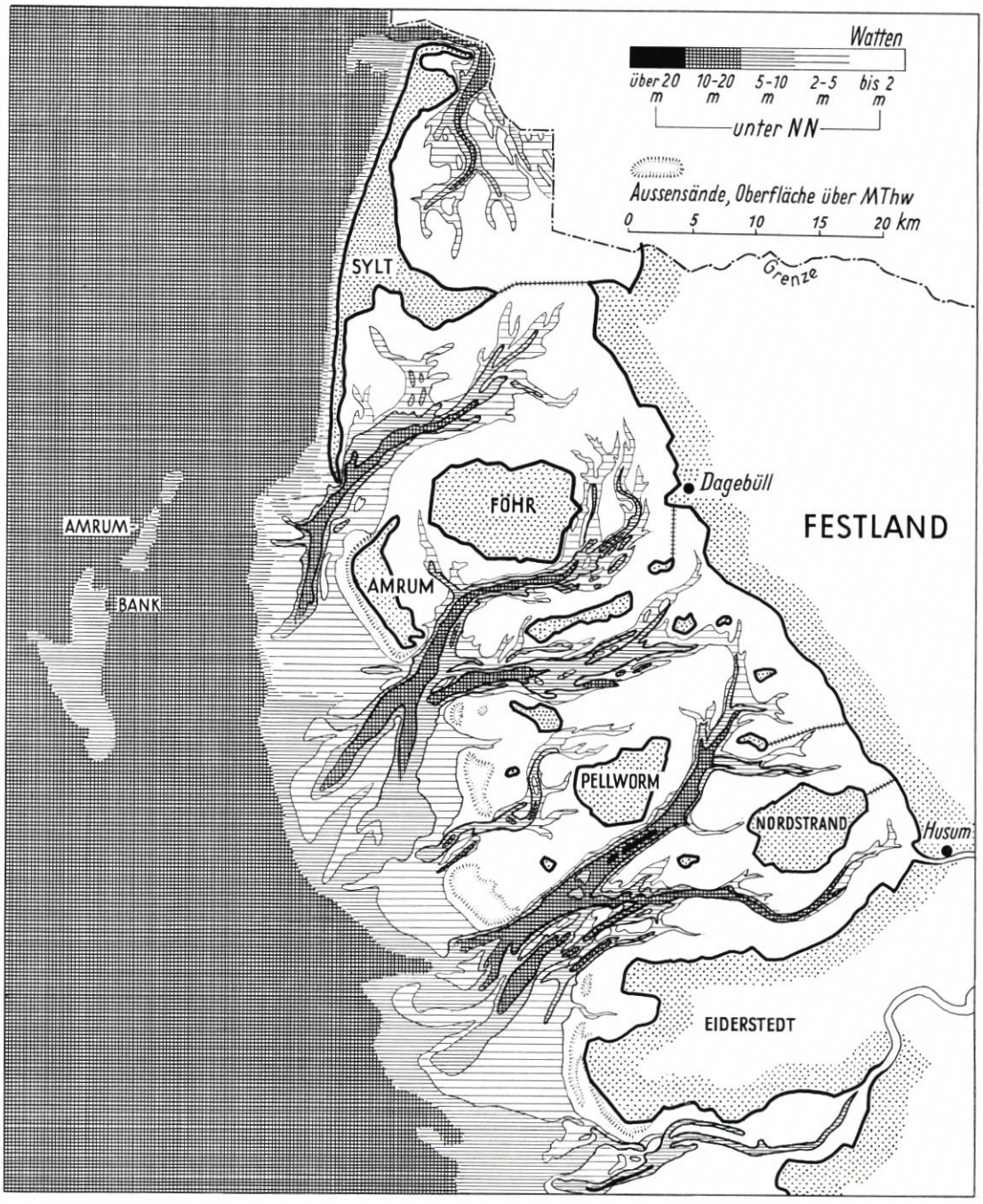


Abb. 2. Heutiger Zustand des nordfriesischen Küstenraumes

Das von Gezeitenrinnen zerrissene Wattgebiet im nordfriesischen Raum verdankt seine Entstehung Transgressionsvorgängen in geologisch jüngster Zeit. Noch im 1. Jahrtausend nach Chr. Geb. war das Gebiet weitgehend von vermoorten Alluviallandflächen eingenommen, die durch Anhäufung mariner Sinkstoffe über der gleichfalls vermoorten Oberfläche des Talsandes entstanden waren (vgl. Abb. 1a). Im Verlaufe des Mittel-

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

schließlich sogar Hochmoore wuchsen auf ihnen empor. Die Zone überwiegend marinen Einflusses muß zu Beginn des 1. Jahrtausends n. Chr. Geb. weit im Westen gelegen haben.

Zwei jüngere Untersuchungen — eine pollenanalytische (WIERMANN, R. 1962) und eine geologische (PRANGE, W. 1963) — von Teilgebieten des von uns betrachteten nordfriesischen Raumes zeigen weitere Einzelheiten der Entwicklung auf. Die pollenanalytischen Untersuchungen führten zu dem Ergebnis, daß stellenweise schon in der Mitte des Subboreals, also im 2. Jahrtausend vor Chr. Geb., marine Sedimente mit Darg*) und Schilftorf bedeckt wurden (WIERMANN, R. 1962, S. 125). Aufschlußreich ist ferner die Beobachtung beider Autoren (WIERMANN, R. 1962, S. 126, PRANGE, W. 1963, S. 48 u. 72), daß zwischen 500 und 100 vor Chr. Geb. im Bereich der heutigen äußeren Festlandsmarschen ein deutliches Wiedervordringen des Meereseinflusses nachzuweisen ist. Es entstand hier der „alte Klei" nach PRANGE. Etwa zur gleichen Zeit müssen die hochliegenden Marschflächen innerhalb der „Oldensworter Bucht" aufgewachsen sein, die bereits um 100 n. Chr. Geb. besiedelt wurden (Tofting). Während der Bildung dieses „alten Kleis" wuchsen jedoch nach PRANGE, W. (1963, S. 72 f.) sowohl am Geestrand als auch in den westlich vorgelagerten Gebieten mit hochliegenden mittelholozänen Kleiablagerungen die Moore weiter. Die insulare Lage des späteren „Strandes", wahrscheinlich noch zusammenhängend mit dem Raum der heutigen nördlichen Halligen, scheint sich bereits in dieser frühen Zeit abzuheben**).

In diesem noch im 1. Jahrtausend n. Chr. Geb. gegenüber dem Küstensaum des südlich anschließenden Dithmarscher Gebietes weit seewärts vorspringenden Alluvialland ist ein überaus starkes Vordringen des Meereseinflusses in historischer Zeit nachweisbar. Nicht nur, daß sich die Außenküste im Gegensatz zu der Dithmarschens weit zurückverlegt hat, sondern auch am ehemals meeresfernen Geestrand wirkte sich bis zum Ende des Mittelalters der Meereseinfluß weiter landeinwärts aus, als dies jemals vorher geschah. In den zwischen dem heutigen Küstenvorfeld westlich Pellworm und dem festländischen Geestrand liegenden Teilen wurden weite Gebiete entweder von der See zurückerobert oder sie wurden von jüngeren Ablagerungen mariner Herkunft bis zu mehreren Metern Mächtigkeit überlagert.

Heute ist, wie die Abbildung 2 zeigt, der ehemals von ausgedehnten, größtenteils versumpften und vermoorten Alluviallandflächen eingenommene Raum zwischen der Insel Föhr und der Halbinsel Eiderstedt weitgehend in ein Wattgebiet verwandelt, das von einem dichten Netz von Gezeitenrinnen zerschnitten ist. Anzeichen der ehemaligen Vermoorung sind noch bis westlich der Insel Pellworm und unter Hooge nachweisbar. Von der offenen See ist die Westgrenze dieser Torfvorkommen jetzt lediglich durch das Gebiet der hohen Außensände getrennt, Wattflächen von wesentlicher Ausdehnung sind seewärts nicht mehr vorhanden. Es ist anzunehmen, daß zur Zeit der Torfbildung in diesen heute besonders exponierten Gebieten sich schützende Land- und Wattflächen weiter seewärts erstreckt haben als in der Gegenwart.

In Dithmarschen liegt im Gegensatz hierzu vor dem alten, schon in den ersten Jahrhunderten nach Chr. Geb. besiedelten Alluvialland westwärts ein breiter Gürtel jüngerer Marschflächen. Diese jüngeren Bildungen wiederum sind durch einen breiten, von Gezeitenrinnen zerschnittenen Wattgürtel

---

alters drang der Meereseinfluß weiter vor als jemals früher. Die älteren Meeresablagerungen wurden teils zerschnitten, teils mit jüngeren marinen Sedimenten bedeckt. Bedeutungsvoll für die Veränderungen ist die Entwicklung an der Außenküste des Gebietes, erkennbar am Verschwinden der Altmoränenhöhen im Bereich der Hevermündung und der Amrumbank, am deutlichsten jedoch an der langsamen Zurückverlagerung des Westrandes der Insel Sylt. Dieses Zurückgehen ist mit einer flächenhaften Austiefung alten Geestlandes bis auf etwa — 10 m NN noch in geschichtlicher Zeit verbunden. Das Vorspringen der — 10-m-Isohypse zwischen Sylt und Eiderstedt ist durch die Bildung von Ebbebarren an der Mündung der Tiefs verursacht.

) Darg = tonige Brackwasserablagerung mit Schilf-(Phragmites)*Wurzeln durchsetzt.
**) „Strand" = Alt-Nordstrand.

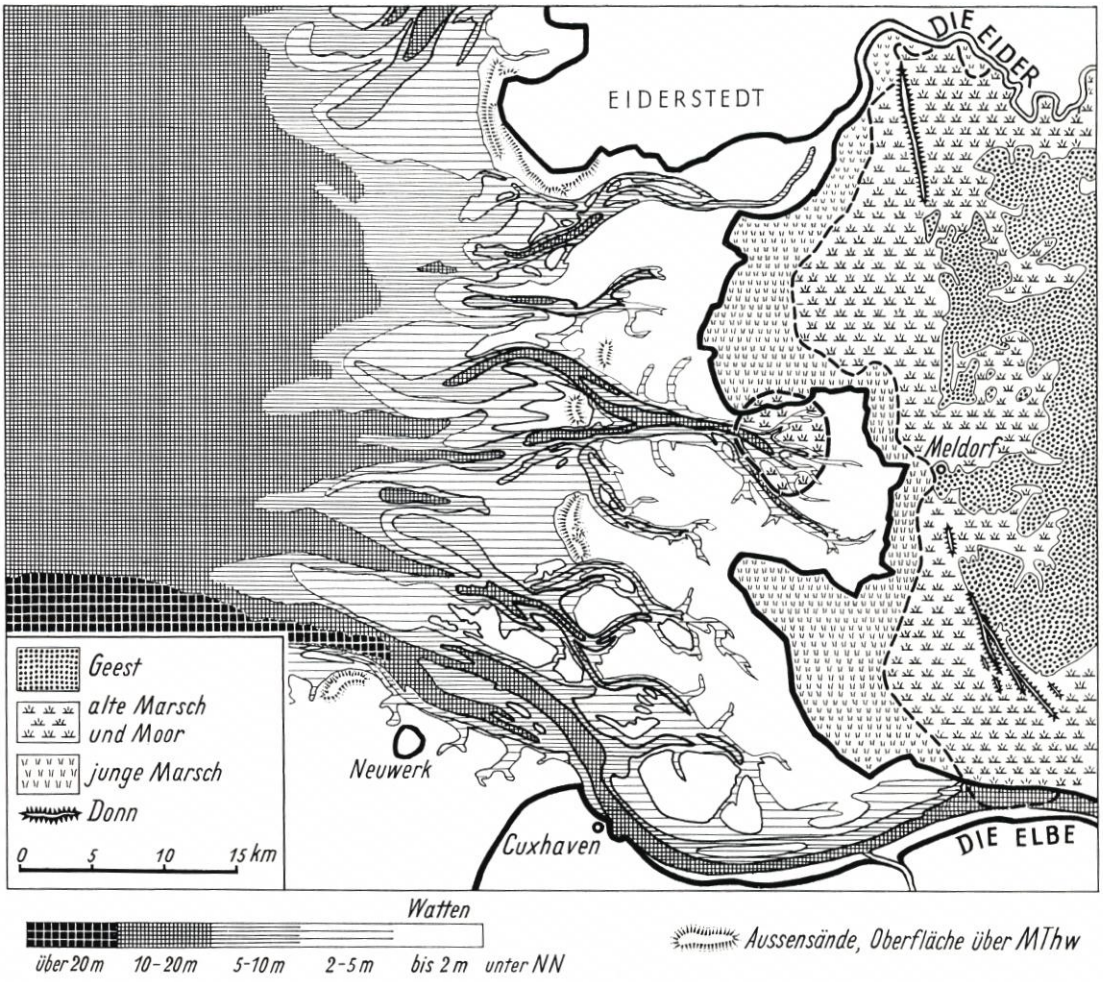


Abb. 3. Heutiger Zustand des Dithmarscher Küstenraumes

Im Dithmarscher Gebiet überwiegen Regressionsvorgänge: Alte, stabile Marsch, die schon zu Beginn unserer Zeitrechnung von bäuerlichen Bewohnern genutzt wurde, ist der steinzeitlich besiedelten Meeresküste am Geestrand vorgelagert, ihr folgt seewärts ein zweiter, jüngerer Marschengürtel, der im Wesentlichen erst in unserem Jahrtausend entstand. Diese Marschenbildungen sind geschützt durch ausgedehnte, von Gezeitenrinnen zerschnittene Wattflächen. Insgesamt gesehen, hat die Zufuhr von Sedimenten auch noch während der letzten Jahrhunderte überwogen, Landzerstörungen größeren Ausmaßes fanden nur im Bereich der ehemaligen Insel Büsum sowie am Elbufer bei Brunsbüttel statt.

von der offenen See geschieden (Abb. 3). Es erweckt den Eindruck, als ob im Dithmarscher Raum, zumindest in historischer Zeit, eine nicht unerhebliche Anhäufung von Material stattgefunden hat und noch stattfindet. Den Erörterungen von Gripp, K. (1944) folgend, kann man diesen Vorgang mit dem an der südlichen Nordseeküste in west-östlicher Richtung verlaufenden Sedimenttransport in Zusammenhang bringen.

Während wir für die Perioden der älteren Überflutungen zur Zeit des Spätatlantikums und Subboreals eine reichliche Versorgung des von uns betrachteten Teiles des nordfriesischen Raumes mit Sinkstoffen feststellen konnten, die wahrscheinlich aus westlicher Richtung herantransportiert wurden,

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

stehen wir heute einer völlig veränderten Situation gegenüber. Ein Sedimenttransport von außerhalb in den Bereich des nordfriesischen Wattenmeeres scheint nach den Ergebnissen der bisherigen Untersuchungen heute nicht mehr stattzufinden (vgl. S. 35). Dagegen erfolgt vermutlich eine Sedimentwanderung entlang der seewärtigen Grenze des nordfriesischen Wattenmeeres, ausgehend von der Westküste Mittelsylts nach Süden in Richtung Westeiderstedt. Gleichzeitig scheint zumindest an Teilen dieser Westflanke ein Abtrag zu erfolgen, der eine Rückverlegung der Westgrenzen von Insel- bzw. Wattflächen und ein entsprechendes Vordringen der offenen See bedingt (vgl. hierzu Abb. 16). Eindeutig ist der letztgenannte Vorgang für den Bereich der Westküste Sylts auf Grund historisch überlieferter Daten, für die Gegenwart ergänzt durch exakte Vermessungsergebnisse, nachzuweisen.

Die an der offenen See gelegene Kliffküste der Altmoränenhöhen von Sylt scheint ein Angelpunkt zu sein, von dem nicht nur die Lage der seitlich angehängten Haken abhängig ist, sondern auch die der Außensände vor Amrum, Hooge und Pellworm. Die Rückverlegung der Kliffküste wird eine entsprechende rückwärtige Verlagerung der erwähnten Außensände zur Folge haben. Ausgenommen von dieser Entwicklung werden jedoch die Ebbebarren vor der Mündung der Tiefs sein, deren Lage von der Räumkraft des Ebbstroms abhängig ist. Eine Erhöhung der ausströmenden Wassermenge infolge Vergrößerung der Einzugsgebiete, wie sie insbesondere für die Hever nachgewiesen werden konnten, wird eine seewärtige Vorverlegung der Barren zur Folge haben.

Die für das Westufer von Sylt von Müller, Fr., und Fischer, O., (1937, S. 38 ff.) auf Grund von einwandfreien Kartenunterlagen errechneten Landverluste betragen für den Zeitraum zwischen 1793 und 1928, also von 135 Jahren: im Bereich des Roten Kliffs 280 m, vor Westerland etwa 200 m, südlich von Rantum etwa 370 m. Im gleichen Zeitraum erfolgte eine Verlängerung des Hörnumer Hakens um 900 m nach Süden. Fischer schließt aus den Ergebnissen seiner Kartenvergleiche, daß ein besonders starker Rückgang der Küste Mittelsylts entsprechende Küstenabbrüche nach Norden und Süden fortschreitend in zeitlicher Verspätung zur Folge hatte. Diese Erscheinung kann eine Bestätigung der wichtigen Funktion der Mittelsylter Kliffküste für den Gesamtverlauf der nordfriesischen Außenküste sein. Aufschlußreich für unsere Betrachtungen ist außerdem die Tatsache, daß die — 10 m NN Isohypse in einer Entfernung von nur etwa 1000 m von dem Westufer Mittelsylts verläuft. Einen ungefähr gleichbleibenden Abbruch vorausgesetzt, wird man hier den Verlauf des Westufers der Insel im Spätmittelalter annehmen können. In historischer Zeit muß demnach mit der Rückverlegung der Küstenlinie ein flächenhafter Abtrag bis in größere Tiefen verbunden gewesen sein, bei dem das aufgearbeitete Material ständig seitlich oder seewärts abgewandert ist. An die Stelle des Landes trat hier die offene See. Diese Entwicklung steht im Gegensatz zu den von Bahr aufgezeigten Verhältnissen am Westabfall des Dithmarscher Wattsockels, wo, insgesamt gesehen, die Anhäufung von Sinkstoffen zu überwiegen scheint*).

---

*) Eine willkommene Ergänzung unserer bisher recht lückenhaften Kenntnisse der Vorgänge des Sedimenttransports im Vorfeld der Westküste Schleswig-Holsteins bieten zwei unveröffentlichte Berichte von Bahr aus den Jahren 1961 und 1963. Der genannte Verfasser hat alles für diesen Zweck geeignete Kartenmaterial von den ältesten benutzbaren historischen Quellen — insbesondere Segelanweisungen — bis zu den modernen Seekarten herangezogen. Auf Grund seiner sehr sorgfältigen Untersuchungen kommt Bahr zu dem Schluß, daß in dem von ihm betrachteten Bereich, der durch die Hevermündung im Norden und die Elbmündung im Süden begrenzt ist, zwei Richtungen in der Wanderung der Sedimente zu unterscheiden sind: Eine Westost-Wanderung im Südteil, die von der Ostfriesischen Küste her über die Mündungen der großen Ströme hinweg in unseren Raum gelangt. Die Hauptmasse der von ihr herangeführten Sinkstoffe scheint im Elberaum zu verbleiben, ein verhältnismäßig geringer Anteil zweigt nach Norden ab und wird bis in den Küstenbereich Norderdithmarschens, in den Raum der Süder- und Norderpiep, verfrachtet (Bahr, S. 114). Im Nordteil seines Untersuchungsbereiches hat Bahr eine Nord-Süd-Wanderung nachweisen können, die über die Hevermündung hinweg zur Küste Westeiderstedts verläuft, wahrscheinlich auch noch die Eidermündung überquert und gleichfalls im Raume der Norder- und Süderpiep endet (S. 79 f.).

Als Akkumulationsgebiete, jedenfalls in der Neuzeit, bezeichnet Bahr den Elberaum und den Raum um die Norderpiep. Während im letztgenannten Bereich aus beiden Wanderrichtungen herangeführte

Die großen Unterschiede in der Landschaftsgeschichte beider betrachteter Küstenregionen zeigen sich auch in der Geschichte ihrer Besiedlung durch den Menschen. Infolge des vielfach übermächtigen Meereinflusses war der Mensch in der Marsch in weit höherem Maße als in anderen Landschaften von den Umweltfaktoren abhängig, die seinen Lebenskampf positiv oder negativ beeinflußten. Das macht sich in älterer Zeit, in der der Mensch den Naturgewalten überwiegend passiv gegenüberstand, vor allem in der sorgfältigen Auswahl geeigneter Örtlichkeiten für die Siedlungsplätze bemerkbar. In jüngerer Zeit hingegen versuchten die Siedler in steigendem Maße durch Einsatz ihrer Arbeitskraft die natürlichen Gegebenheiten des Raumes zu ihren Gunsten umzugestalten; der Mensch wird damit zum landschaftgestaltenden Faktor. Das Endergebnis dieser menschlichen Aktivität ist die von hohen Seedeichen umgebene Marsch, deren Flächen durch sorgfältige Maßnahmen sowohl der Wasserhaltung als auch durch beetartige Gestaltung der Oberfläche in eine Kulturlandschaft verwandelt wurde, in der die schädigenden Einflüsse der See vollkommen, die der Witterung weitmöglichst, ausgeschaltet wurden.

In diesen einführenden Betrachtungen soll zunächst die Abhängigkeit der Auswahl und Ausgestaltung der Siedlungsgebiete von den natürlichen Gegebenheiten betrachtet werden. Erst später, im Rahmen der Erörterungen über die innerhalb des nordfriesischen Raumes wirksamen landschaftgestaltenden Faktoren, werden die Maßnahmen behandelt, die zu durchgreifenden Umgestaltungen des natürlichen Landschaftsbildes führten.

Während die wenigen Funde aus der jüngeren Steinzeit (Flint- und Felsgesteinsäxte) uns nur verraten, daß um 2000 v. Chr. Geb. einige Nehrungen Dithmarschens und des westlichen Eiderstedts wahrscheinlich von Menschen bewohnt oder doch hin und wieder aufgesucht wurden, liegen vom nächstjüngeren Abschnitt der Menschheitsgeschichte des europäischen Nordens, der Stein-Bronze-Zeit (um 1500 v. Chr. Geb.) weit mehr Funde in der Form von sorgfältig gearbeiteten Flintdolchen und Flintsicheln vor.

Die Fundorte dieser stein-bronzezeitlichen Artefakte beschränken sich im Alluvialgebiet Dithmarschens auf einen schmalen Saum westlich des Geestrandes, stoßen aber nördlich der Eiderstedter Nehrungen im nordfriesischen Raum weit nach Westen vor (BANTELMANN, A. 1949, S. 75). Wir haben aus dieser Verteilung bereits weiter oben geschlossen, daß die betretbare alluviale Landoberfläche vor 3500 Jahren im Gebiet des heutigen nordfriesischen Wattenmeeres weit ausgedehnter gewesen sein mußte als im Dithmarscher Raum. Neuere Funde aus dem Gebiet um Hallig Hooge und dem äußersten Westteil der Halligen Langeneß—Nordmarsch haben diese Vermutungen bestätigt. Leider sind im nordfriesischen Gebiet die datierbaren Artefakten bisher nicht in primärer Lagerstätte aufgefunden, sondern stets durch das bewegte Meer verlagert angetroffen worden. Wir kennen somit nicht die genaue Schichtlage, aus der sie stammen. Lediglich atypische und daher nicht genauer datierbare Geräte und Abschläge aus Flint wurden in den Oberflächenschichten der später vermoorten mittelholozänen Meeresablagerungen gefunden (BANTELMANN, A. 1939). Bei einem glücklichen Fund von drei nebeneinanderliegenden Flintdolchen gleichen Typs, der beim Austiefen eines Grabens in Kuhlen (Kirchspiel St. Margarethen in der Elbmarsch) geborgen wurde, kann eine spätere Verdriftung ausgeschlos-

---

Sedimente abgelagert werden, stammen sie im Elberaum überwiegend von der West-Ost-Wanderung. Ein Vergleich der Größenverhältnisse der Volumenzunahme der Ablagerungen in beiden Räumen zeigt einmal, daß der westöstliche Transport von der ostfriesischen Küste her bedeutend stärker ist als der nordsüdlich gerichtete, und zum anderen, daß der größte Teil der vom Westen herangebrachten Sedimente im Elberaum verbleibt (BAHR, S. 113). Abgesehen von aufschlußreichen Einzelheiten der räumlichen Unterschiede in den Sedimentationsvorgängen sowie einem zeitlichen Wechsel zwischen Zuwanderung und Abwanderung von Sinkstoffen, scheinen die Ergebnisse der Betrachtungen BAHRS unsere oben gemachten Erörterungen über die Sedimentationsvorgänge in den letzten Jahrtausenden zu bestätigen. Leider liegt die Nordgrenze des von BAHR bearbeiteten Gebietes, seiner Fragestellung entsprechend, an der Hevermündung, so daß die uns besonders interessierende Frage nach den Veränderungen am seeseitigen Abfall des Wattsockels zwischen Hever und Sylt von ihm nicht behandelt wurde.

sen werden. Die Dolche waren hier auf einer Marschoberfläche niedergelegt, die später von jüngeren Ablagerungen bedeckt wurde (BANTELMANN, A. 1949).

In Holland durchgeführte Untersuchungen zeigen, daß dort schon in der jüngeren Steinzeit Menschen auf der Oberfläche des Alluviallandes gewohnt haben müssen. In einer bei Vlaardingen westlich von Rotterdam aufgedeckten Steinzeitsiedlung haben die damaligen Bewohner ihre Häuser auf dem Uferwall eines Marschenprieles errichtet, dessen Hinterland weitgehend versumpft und vermoort war (Abb. 4). Für Vlaardingen konnte die Haltung von Haustieren für die Zeit um 2300 v. Chr. Geb. nachgewiesen werden (VAN REGTEREN ALTENA, I. F. u. a. 1962). Mit dem Hakenpflug

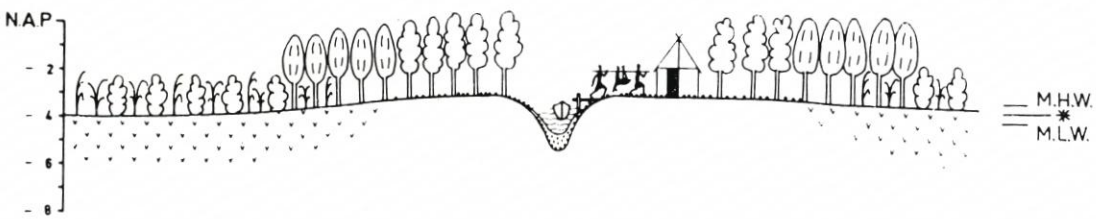


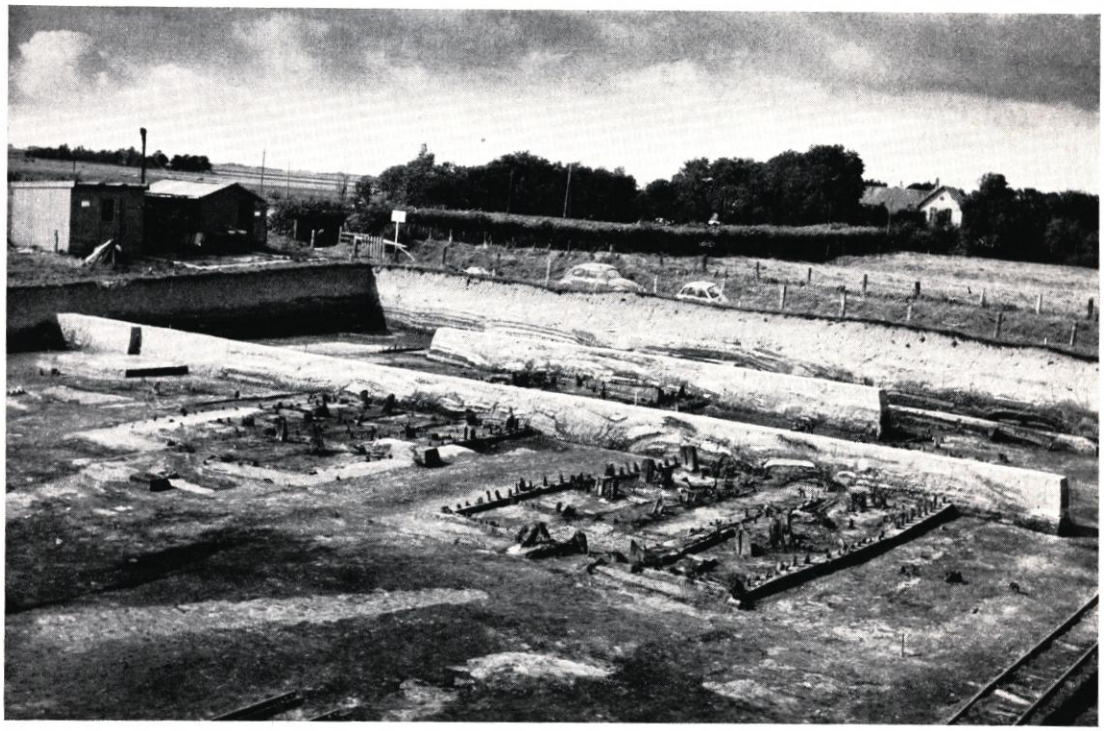
Abb. 4. Jungsteinzeitliche Marschensiedlung auf dem Uferwall eines Wasserlaufs bei Vlaardingen (Niederlande). Der mittlere Meeresspiegel lag zur Besiedlungszeit auf etwa —4 m N.A.P. Heute sind die Siedlungsreste von einer mehrere Meter mächtigen Schicht jüngerer Ablagerung bedeckt (VAN REGTEREN ALTENA 1962).

umgebrochene Marschflächen, die der ausgehenden Jungsteinzeit angehören und unter bronzezeitlichen Grabhügeln erhalten geblieben waren, wurden in der Provinz Nordholland aufgedeckt (VAN GIFFEN, A. E. 1962); sie beweisen, daß in dieser frühen Zeit stellenweise bereits Ackerbau in der Marsch getrieben wurde. Gestützt auf die holländischen Untersuchungen dürfen wir vermuten, daß vielleicht auch Teile alter Alluvialflächen im Bereich des heutigen nordfriesischen Wattenmeeres unter ähnlichen Bedingungen bewohnt gewesen sind.

Eine dichte bäuerliche Besiedlung jedoch trat nach den bisherigen Forschungsergebnissen auf den Marschflächen der schleswig-holsteinischen Westküste erst seit etwa 100 n. Chr. Geb. auf. Für die 1500 Jahre zwischen der Stein-Bronze-Zeit und der älteren römischen Kaiserzeit haben wir bei uns im Gegensatz zum südlichen Nordseeküstengebiet bisher kein Belegmaterial entdecken können.

Für unsere Betrachtungen ist es aufschlußreich, daß die Fundverteilung für die römische Kaiserzeit auf völlig andere Besiedlungsverhältnisse hindeutet, als sie in der Stein-Bronze-Zeit vorhanden waren. Im nordfriesischen Bereich, nördlich der Eiderstedter Nehrungen, wo in der Stein-Bronze-Zeit das Schwergewicht der Funde liegt, konnte bisher keine Siedlung der römischen Kaiserzeit entdeckt werden, obwohl die stratigraphischen Verhältnisse anzeigen, daß sich hier um Chr. Geb. ausgedehnte Landflächen erstreckt haben müssen. Im Dithmarscher Bereich hingegen ist die Marsch zur genannten Zeit dicht besiedelt (BANTELMANN, A. 1949). Hier scheint das vom Menschen in irgendeiner Form landwirtschaftlich genutzte Gebiet gegenüber der Stein-Bronze-Zeit seewärts an Breite gewonnen zu haben. Die Ursache des Fehlens eisenzeitlicher Siedlungen im betrachteten Teil des nordfriesischen Raumes glauben wir in der inzwischen erfolgten großflächigen Vermoorung der Alluvialgebiete nördlich von Eiderstedt suchen zu müssen. Sie hat die Bauern zu Beginn unserer Zeitrechnung von einer Besiedlung abgehalten. Die Verbreiterung des Dithmarscher Fundraumes nach Westen kann mit dem Anwachs neuer Marschflächen seit der Stein-Bronze-Zeit erklärt werden.

Die Untersuchungsergebnisse in Dithmarschen und im südlichen Eiderstedt zeigten, daß den bäuerlichen Siedlern, die sich um 100 n. Chr. Geb. in der Marsch der schleswig-holsteinischen Westküste niederließen, der Schutz durch umfassende Bedeichung unbekannt war (BANTELMANN, A. u. a. 1955). Sie wählten als Wohnbezirke stets hochaufgewachsenes Land, das sich infolge der günstigeren Sedimentationsbedingungen nur in Ufernähe fand. Vorzugsweise ließen sie sich auf dem Uferwall



Aufn. Rohde, 1962

Abb. 5. Warfsiedlung des alten Typs (Elisenhof)

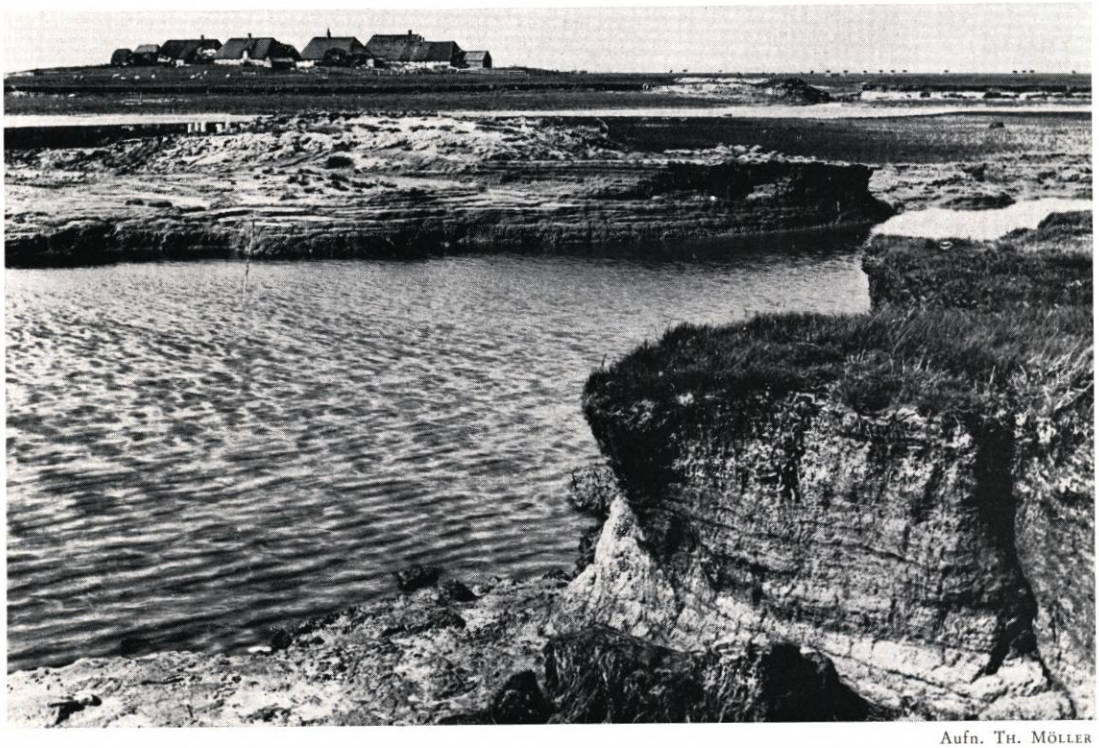
Die Grabungsfläche zeigt Reste von Bauernhäusern aus dem 9. Jahrhundert nach Chr. Geb. Auf den Grabungsprofilen ist eine Wechsellagerung von dunklen Dung- und hellen Kleisodenschichten sichtbar. Die Niederlassung ist allmählich von einer Flach- zur Warfsiedlung emporgewachsen.

eines Marschenprieles oder Flusses nieder. Trotz der auch hier vorhandenen Gefahren der Überschwemmung bei auflandigen Winden wurden bei Erstanlage der Siedlungen die Hausplätze entweder gar nicht oder nur geringfügig erhöht. Erst bei längerem Verweilen auf einem Platze wuchs die Siedlungsbasis teils durch Anhäufung von Abfallmassen, die zur Hauptsache aus Viehdung bestanden, teils durch Auftrag von Klei allmählich zu einer Warf empor (Abb. 5).

Charakteristisch für alle Siedlungsplätze, die in den Jahrhunderten nach Chr. Geb. bewohnt waren, ist neben ihrer ufernahen Lage der Umstand, daß ihre Bewohner sich weitgehend mit den natürlich entstandenen Verhältnissen abfanden und diese nur wenig durch künstliche Eingriffe veränderten. Ackerbau scheint lediglich in der unmittelbaren Umgebung der Siedlungen auf hierfür durch seine natürliche Beschaffenheit geeignetem Land getrieben worden zu sein, die übrigen Flächen wurden extensiv für die Viehzucht genutzt. Diese alten Siedlungsgebiete glichen Kulturoasen, die an günstigen Punkten inmitten einer in den übrigen Teilen weitgehend im Naturzustand verbliebenen Landschaft lagen.

In der Völkerwanderungszeit scheinen unsere Marschflächen, ebenso wie der größte Teil des übrigen Schleswig-Holsteins, weitgehend von ihrer Bevölkerung verlassen worden zu sein. Bei der Neubesiedlung, die nach den bisherigen Forschungsergebnissen im Eiderstedter Raum im achten Jahrhundert stattgefunden haben muß, gingen die Einwanderer nach den gleichen althergebrachten Methoden der Marschenbesiedlung vor. Auch sie wählten für ihre Niederlassungen nur das höchstgelegene Land in Ufernähe aus. Der umgestaltende Einfluß auf die Naturverhältnisse des Landes der Umgebung scheint bis zum Schluß des ersten Jahrtausends nach Chr. Geb. nur gering gewesen zu sein.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182



Aufn. TH. MÖLLER

Abb. 6. Ketelswarf auf Hallig Langeneß

Halligwarfen wurden bis zum Ende des 19. Jahrh. neu errichtet. Sie sind nicht aus einer alten Flachsiedlung allmählich emporgewachsen wie die vor- und frühgeschichtlichen Warfen (vgl. Abb. 5). Spätere Erhöhungen der älteren Halligwarfen haben allerdings besonders nach Sturmfluten stattgefunden (z. B. nach 1825).

Abweichend hiervon verlief der kolonisationsartige Vorgang der Marschenbesiedlung zu Beginn unseres Jahrtausends. Durch ihn wurden nunmehr auch die schlecht entwässerten, mit Sümpfen und Mooren bedeckten uferfernen Marschenflächen erfaßt, die von der älteren Besiedlung weitgehend gemieden worden waren. Charakteristisch für diese jüngere Besiedlungsphase ist die planmäßige Umwandlung weiter Flächen ehemals siedlungsfeindlichen Landes in eine fruchtbare Kulturlandschaft; sie erfolgte durch Errichtung schützender Deiche und durch Absenkung des Binnenwasserstandes vermittels der Anlage eines künstlichen Entwässerungsnetzes, dessen Ausflüsse durch Siele oder Schleusen gesichert wurden. Dadurch erst wurden die Voraussetzungen geschaffen, ausgedehnte Flächen intensiv zu nutzen. So ist es erklärlich, daß in der genannten Zeit auch der vorher unbesiedelte Raum zwischen Eiderstedt und Föhr, in dem weite Gebiete mit Sümpfen, Mooren und Bruchwäldern bedeckt waren, von einwandernden Friesen in Besitz genommen wurde. Anscheinend erfolgte eine großräumige Bedeichung jedoch nur dort, wo größere geschlossene Landflächen vorhanden waren. In den Teilen des Gebietes, die schon zu Beginn unseres Jahrtausends durch ein dichteres Netz von Gezeitenrinnen zerrissen waren, scheint der Vorgang der Erschließung des Landes nach anderen Gesichtspunkten durchgeführt worden zu sein. Da wegen der starken Zerschneidung mit den damals zur Verfügung stehenden Mitteln keine umfassende Bedeichung hergestellt werden konnte, begnügte man sich dort mit einer Teilbedeichung kleinerer Flächen. Das übrige Land blieb ungeschützt. Auch die in diesen Gebieten errichteten Warfen haben ein eigenes Gepräge. Im Gegensatz zum Großteil der ungefähr gleichaltrigen Warfen in den umfassend bedeichten Marschen und zu den älteren, der vor- und frühgeschichtlichen Zeit entstammenden Wohnhügeln in den Räumen mit alter Besiedlung verrät ihr Bau,

daß schon vor Beginn und während des Aufwarftens eine ganze Reihe von Maßnahmen eingeplant wurden, die auf dem neuen Wohnplatz eine Versorgung von Mensch und Tier mit genießbarem Wasser sicherstellen sollten (Abb. 6).

Es entstanden demnach im hohen Mittelalter, anscheinend etwa zur gleichen Zeit, als geeignete Gebiete durch umfassende Bedeichungen geschützt wurden, in exponierteren Teilen des von uns betrachteten Raumes Siedlungsformen, die denen der heutigen Halligen ähnlich gewesen sein müssen. Aus aufgefundenen Kulturspuren wie den erwähnten Teilbedeichungen und den Resten eines dichten Grabennetzes, ist jedoch zu schließen, daß bei dieser Wirtschaftsform das Land noch intensiver genutzt wurde als bei der heutigen Halligwirtschaft (vgl. S. 74 f.).

Anzeichen für die erwähnte zweite Art der Besiedlung finden sich einmal in dem Teil des westlichen Eiderstedts, in dem einst die alte, heute verlandete Süderhever und ihre Seitenpriele das Land zerschnitten. Hier liegen, heute inmitten der bedeichten Festlandsmarsch, große, während des hohen Mittelalters errichtete Warfen mit einem oder sogar zwei Fethingen (Helmfleth). Der Fund einer alten aus Soden gebauten Sielleitung in der Warfbasis von Osterhever Dorf, die vor der eigentlichen Aufwarftung angelegt wurde, zeigt an, daß hier anscheinend dieselben Prinzipien Anwendung fanden wie noch beim Bau der jüngsten Halligwarfen im 19. Jahrhundert.

Der zweite Hauptbereich liegt nördlich des einst umfassend bedeichten „Strandes" im Raume der von uns auf S. 69 ff. näher behandelten nördlichen Halligen. Wahrscheinlich hingen ursprünglich die einst erheblich ausgedehnteren und vermoorten Landflächen eng mit den südlich anschließenden Teilen des Strandes zusammen. Jedoch war auf ihnen, im Gegensatz zum Kerngebiet der alten Insel, bereits von der 2. Hälfte des 1. Jahrtausends nach Chr. Geb. an die Vegetation der Moore durch Salzwasserüberschwemmungen vernichtet worden (BANTELMANN, A. 1939). Über die Torfschichten hatte sich toniger „Anwachs" (über Struktur und Entstehung des Anwachses siehe S. 23) von zunächst nur geringer Mächtigkeit gebreitet, auf dem sich eine Salzwiesenvegetation ansiedelte. Offensichtlich erfolgte gleichzeitig mit dem beschriebenen Vordringen des Meereseinflusses eine schnell zunehmende Zerschneidung des Landes, die eine großräumige Bedeichung nicht mehr zuließ. Die Erwähnung der heutigen Hallig Oland als Insel („Aland") im Waldemar'schen Erdbuch (NIELSEN, O. 1873) deutet darauf hin, daß die Zerschneidung bereits in der ersten Hälfte des 13. Jahrhunderts zur völligen Abtrennung einzelner Teile geführt hatte. Andererseits lassen Art und insbesondere Schichtlage der im Raume der nördlichen Halligen auftretenden Kulturspuren darauf schließen, daß die beschriebene Wirtschaftsweise bereits in einem frühen Stadium der im hohen Mittelalter erfolgten Besiedlung angewandt wurde.

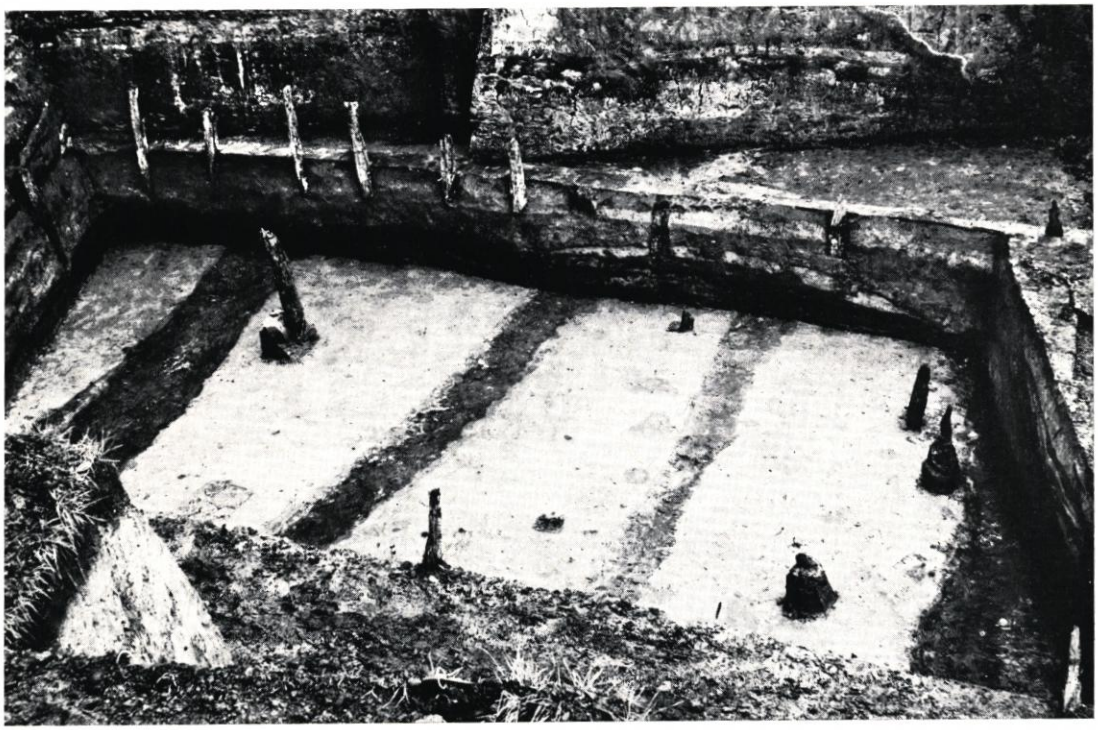
Die aus Überlieferungen bekannten großen Landverluste im Mittelalter und in der Neuzeit sind zur Hauptsache in den ehemals vermoorten Teilen des nordfriesischen Alluviallandes eingetreten, die erst zu Beginn unseres Jahrtausends durch umfassende Kultivierungsmaßnahmen der Besiedlung erschlossen worden waren. Vergleicht man auf der Suche nach der Ursache dieser Erscheinung die Höhenlage der Oberfläche des erst seit dem hohen Mittelalter intensiv genutzten und sehr bald wieder zerstörten Kulturlandes mit datierbaren, bereits im 1. Jahrtausend nach Chr. Geb. bewohnten Marschoberflächen in den altbesiedelten Uferbezirken des Eidermündungsgebietes, so stößt man auf grundlegende Verschiedenheiten.

Die alten, in Ufernähe errichteten Siedlungen, deren Gründung fast 2000 Jahre (Tofting und Wennemannswisch), in jedem Falle aber etwa 1200 Jahre (Elisenhof) zurückliegt, wurden auf den höchsten Stellen der Oberfläche von tonigen bis feinsandigen, wenig zur Setzung neigenden Meeresablagerungen errichtet. Mit einer Höhenlage des gewachsenen Bodens unter den Siedlungen von + 1,45 m NN (Tofting), + 1,85 m NN (Wennemannswisch) sowie + 2,20 m NN (Elisenhof) stellen diese alten Oberflächen, deren Mindestalter durch die über ihnen liegenden datierbaren Siedlungsreste gegeben ist, noch heute die höchsten Punkte des Marschlandes der näheren Umgebung dar (BANTELMANN, A. 1955, 1958 und 1960). Daraus ist einmal zu schließen, daß die Begründer dieser Siedlungen sich sorgfältig die höchsten Punkte für ihre Niederlassungen ausgewählt haben, zum andern aber auch,

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

daß in ihrer unmittelbaren Nachbarschaft seit der Zeit der ersten Besiedlung kein Zuwachs an neuen Sedimenten von erheblicher Mächtigkeit mehr erfolgt ist (Abb. 7).

Wie sich aus Überlegungen ergibt, die im nächsten Abschnitt erörtert werden sollen, werden sich in der Umgebung der untersuchten alten Siedlungen im Eidermündungsraum die Höhen des örtlichen mittleren Tidehochwassers zur Zeit der Entstehung der alten Marschflächen von denen, die vor der Eiderabdämmung des Jahres 1936 aufliefen (+ 1,30 m NN am Pegel Tönning), nicht allzusehr unterschieden haben. Für Elisenhof kann nach den Untersuchungsbefunden mit einer Erhöhung von



Aufn. DITTMANN, 1950

Abb. 7. Marschoberfläche mit beetartiger Einteilung durch Entwässerungsgräben unter der Warf Tofting bei Tönning

Die Marsch ist vor der im 2. Jahrhundert n. Chr. Geb. beginnenden Besiedlung entstanden. Ihre Oberfläche liegt auf + 1,45 m NN, also noch über dem MThw der Gegenwart in der Eidermündung bei Tönning.

maximal 0,70 m zwischen dem achten und dem 20. Jahrhundert, also in etwa 1200 Jahren, gerechnet werden (vgl. S. 27). Die vorgenommenen Untersuchungen vermitteln demnach, wenn man von den starken Umwandlungen durch Menschenhand besonders im Verlaufe der Neuzeit absieht, den Eindruck einer verhältnismäßig geringen Veränderung der natürlichen Gegebenheiten im Gebiet der meeresnahen alten Siedlungen während der letzten 2000 Jahre.

Andersartig jedoch wird das Bild, wenn man sich von diesen unzerstörten Teilen der alten Küstenregion entfernt und in das nördlich anschließende, einst küstenferner liegende Gebiet begibt. Hier liegen die erhaltenen Kulturüberreste, die alle unserem Jahrtausend entstammen, also teilweise über 1000 Jahre jünger sind als die z. B. auf Tofting gefundenen, stets mehr oder minder tief unter dem örtlichen mittleren Tidehochwasser der Gegenwart. Man findet sie entweder im Wattbereich, wo sie ans Tageslicht treten, wenn jüngste Meeresablagerungen durch Abrasion entfernt werden, oder

aber sie liegen im Untergrund der Marschinseln und Halligen, bis zu 3 m hoch von jüngeren Deckschichten begraben (Abb. 8); ein deutliches Zeichen dafür, daß der größte Teil der heutigen Marschinseln sowie alle Halligen im nordfriesischen Raum nicht etwa die Reste eines alten, nur teilweise überfluteten Landes darstellen, sondern daß es sich bei ihnen um jüngere Bildungen über altem, im Mittelalter besiedelt gewesenen Alluvialland handelt (Busch, A. 1923, 1927, Wegner, Th. 1931, Andresen, L. 1937 und Bantelmann, A. 1939).

Im Gegensatz zu dem schon im 1. Jahrtausend nach Chr. Geb. besiedelten meeresnahen Gebiet gewinnt man hier den Eindruck, daß das Verhältnis der örtlichen Tidewasserstände zu den Höhenlagen der alten Landoberflächen im Verlaufe unseres Jahrtausends einem ganz erheblichen Wandel



Abb. 8. Parzellen mit noch erkennbaren Pflugfurchen ehemals bedeichten Marschlandes im Wattgebiet südwestlich der Hallig Südfall, untergegangen im 14. Jahrhundert. Oberflächenhöhe etwa — 0,85 m NN, d. h. mehr als 2 m unter dem MThw der Gegenwart.

Aufn. A. Busch, 1943

unterworfen gewesen war, und kommt — wenn man genügend lange Zeit im Gebiet gearbeitet hat — zu der Feststellung, daß diese Verschiebung auch heute noch anzudauern scheint. Es ist deshalb nicht verwunderlich, daß zu einer Zeit, in der ein Vergleich mit datierbaren Marschoberflächen der alten Uferzone noch nicht möglich war, für den nordfriesischen Bereich „Senkungsbeträge" von 22 bis 30 cm im Jahrhundert errechnet wurden (vgl. insbesondere Delff, Chr. 1934).

Schon verhältnismäßig früh konnte die Annahme ausgeschlossen werden (Bantelmann, A. 1939), daß der starke Anstieg des Tidehochwasserspiegels im Kerngebiet der nordfriesischen Uthlande auf eine lokale, tektonisch bedingte Senkung zurückzuführen sei, wie es Heck, H. L. (1936) annahm. Einerseits zeigen sich auf stabilen alten Marschbildungen mit Spuren einer eisenzeitlichen Besiedlung Oberflächenhöhen, die sich von denen der etwa 2000 Jahre jüngeren Neulandbildungen der Gegenwart nur wenig unterscheiden. Andererseits befinden sich in geringer Entfernung hiervon weit unter dem Spiegel des heutigen mittleren Tidehochwassers liegende Flächen ehemals vermoorten mittelalterlichen Kulturlandes, auf denen sich bis zur Gegenwart Veränderungen größten Ausmaßes vollzogen haben und noch vollziehen. Dieses Nebeneinander läßt erkennen, daß uns Erklärungsversuche, die entweder von säkularen Wasserstandsänderungen oder auch von großräumigen Krustenbewegungen als Hauptursachen ausgehen, nicht weiterführen. Wir müssen vielmehr unser Augenmerk darauf richten, wesentliche Faktoren in der landschaftlichen Eigentümlichkeit des Untersuchungsgebietes selbst und der in ihm wirkenden landschaftgestaltenden Kräfte zu suchen.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

Durch die folgenden Betrachtungen soll kein neuer Beitrag zum Ausmaß des eustatisch oder isostatisch bedingten Ansteigens des Meereswasserspiegels geleistet werden; dessen großräumige Auswirkung wird nicht angezweifelt. Sie stellen vielmehr einen Versuch dar, das Nebeneinander unterschiedlicher Entwicklung in einem relativ kleinen Raum zu deuten. Diese aber ist für die Landschafts- und Besiedlungsgeschichte einschneidend und folgenschwer gewesen. Eine genaue Kenntnis der

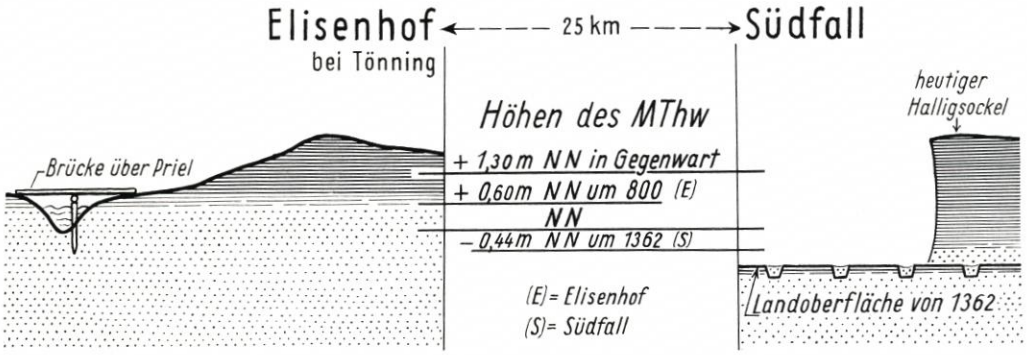


Abb. 9. Oberflächenhöhen
Vergleich der Oberflächenhöhen und Tidehochwasserstände bei Tönning (Elisenhof) im 8. Jahrhundert und bei Hallig Südfall („Rungholt") im 14. Jahrhundert

Das MThw lag um 800 n. Chr. Geb. in der Eidermündung bei Elisenhof auf etwa + 0,60 m NN, im Raume der heutigen Hallig Südfall im 14. Jahrhundert (nach A. Busch) auf etwa — 0,44 m NN. In der Gegenwart liegt es an beiden Orten auf etwa + 1,30 m NN (vgl. hierzu S. 17 und 66).
Die Oberfläche der im 1. Jahrtausend nach Chr. Geb. im Eidermündungsgebiet genutzten Marsch liegt noch über dem heutigen MThw, während die Oberfläche des erst zu Beginn unseres Jahrtausends erschlossenen Kulturlandes im „Rungholtgebiet" bereits im 14. Jahrhundert unter dem damaligen MThw lag. Hier konnte in den letzten 600 Jahren ein fast 3 m mächtiges Schichtpaket junger Ablagerungen über altem Land aufwachsen. Die Unterschiedlichkeit der Höhenlagen der ehemaligen Tidehochwasserstände und ihr Ausgleich bis zur Gegenwart hängen entscheidend von raumbedingten Faktoren ab, denen ebenso wie den Ursachen der unterschiedlichen Höhenlagen der Alluviallandoberflächen in den folgenden Ausführungen nachgegangen wird.

Ursachen sollte trotz der technischen Hilfsmittel der modernen Zeit auch für den im Küstengebiet planenden Bauingenieur nicht ohne Wert sein, denn jede künstliche, küstenerhaltende Maßnahme unserer Zeit sollte den Entwicklungsgedanken gleichrangig neben den Zustandsfragen in die Bauplanung einbeziehen.

III. Landschaftgestaltende Vorgänge, ihr Verlauf und die wirksamen Faktoren

1. Die Entstehung von begrüntem Marschland

Die Marschländer an der Nordseeküste sind durch Ablagerung von Sinkstoffen entstanden, die vom Wasser herbeigeführt wurden. Während die Sinkstoffbewegungen im Bereich der offenen See von verschiedenen Faktoren abhängig sind, deren Ursprung und Wirkungsweise hier nicht erörtert werden sollen, ist innerhalb unseres Untersuchungsgebietes der Tidenhub, der an der Flachlandküste horizontale Strömungen auslöst, entscheidend für den Transport der Sinkstoffe. Diese Strömungen, in ihrer Wirkung durch Windstau, Seegang und Brandung örtlich verstärkt, sind kräftig genug, toniges und sandiges Material zu erodieren und zu transportieren, um es schließlich dort, wo die Geschwindigkeit der Wasserbewegung nachläßt, abzulagern.

Gute Voraussetzungen für die Verfrachtung von Sedimenten sind naturgemäß auch noch in dem Gelände vorhanden, das zweimal täglich durch das Hochwasser bedeckt wird. Von den Außenstehenden wird jedoch meistens nicht bedacht, daß durch das mittlere Tidehochwasser (MThw) die dicht begrünten, für die Viehzucht nutzbaren Marschflächen nicht geschaffen werden können; sie liegen höher. Nur wenige Pflanzen, wie etwa der Queller *(Salicornia herbacea)*, vertragen zudem eine regelmäßig täglich zweimalig erfolgende Überflutung durch das Salzwasser.

Das Höherwachsen des Anwachses über die Marke des örtlich verschieden hoch auflaufenden MThw hinaus bis zum Stadium der Nutzbarkeit durch den Menschen ist nur möglich beim Auftreten außergewöhnlich hoher Wasserstände. Durch sie werden die bis zum MThw aufgeschlickten Flächen

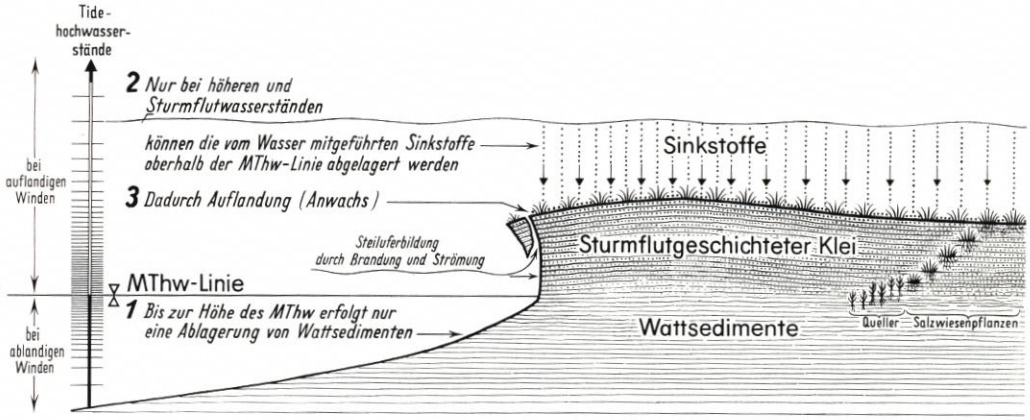


Abb. 10. Schema der Bildung begrünten Marschlandes

Der Aufwuchs des Marschlandes über den Spiegel des MThw erfolgt nur bei außergewöhnlich hohen Wasserständen (die Häufigkeit der Wasserstandshöhen ist links durch Abstandsunterschiede waagerechter Linien schematisch angedeutet). Etwa bis zur Höhe des MThw werden Wattsedimente abgelagert, auf denen unter günstigen Umständen der Queller als einzige Landpflanze gedeihen kann (rechts im Profil). Erst bei weiterem Aufwuchs bedeckt sich die Oberfläche mit einem dichten Rasen von Salzwiesenpflanzen. Das bei Überflutungen abgelagerte Sediment wird nunmehr zwischen den Pflanzenstengeln festgehalten. In der Struktur unterscheidet sich der auf diese Weise gebildete „Anwachs" von den unter dem Spiegel des MThw abgelagerten Wattsedimenten (vgl. Abb. 11).

überflutet, und somit kann eine weitere Ablagerung von Sinkstoffen erfolgen (Abb. 10). Nur dieser Vorgang erklärt das Höhenwachstum des Marschlandes über das jeweilige MThw hinaus (Wohlenberg, 1931). Verursacht werden außergewöhnlich hohe Wasserstände an unserer, der Hauptwindrichtung zugewandten Küste durch einen Stau des Wassers, der bei höheren Windgeschwindigkeiten, aber auch bei Springtiden auftritt. Ein großer Teil unserer alten, ohne Zutun des Menschen aufgewachsenen Marschflächen verdankt also den mit Recht so gefürchteten Sturmflutüberschwemmungen seinen Ursprung (Wohlenberg, 1954: „Ohne Sturmflut keine neuen Köge"). Überall dort, wo Marschablagerungen vorhanden sind, hat das bewegte Wasser als Transportmittel gewirkt.

Da Überschwemmungen jedoch in dem Maß seltener werden, in dem das Land über das Niveau des mittleren Hochwassers hinauswächst, kann sehr bald ein dichter Rasen von Landpflanzen den fruchtbaren Boden bedecken. Die artliche Zusammensetzung der marinen Pflanzendecke ändert sich mit Abnahme der Überflutungen, also vor allem — jedoch nicht ausschließlich — mit wachsender Höhenlage der Oberfläche (Christiansen, W. 1927 u. 1934, Wohlenberg, E. 1931, 1933).

Aus dem Gesagten wird deutlich, daß die über dem MThw liegenden begrünten Marschflächen normalerweise nicht etwa einer Minderung des Meereseinflusses ihre Entstehung verdanken, sondern

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182



Aufn. DITTMANN, 1958

Abb. 11. Deutlich geschichteter Anwachs (a) mit Spuren starker Durchwurzelung unter der Warf Elisenhof. Entstehung vor 800 n. Chr. Geb. Oberflächenhöhe + 2,00 m NN. Das dunkle Band über (b) beschließt nach oben den gewachsenen Boden. Darüber künstl. Auftrag (c). Die Struktur des Anwachses ist durch eine dichte Folge übereinander liegender, jeweils begrünt gewesener Oberflächen entstanden (vgl. Abb. 10).

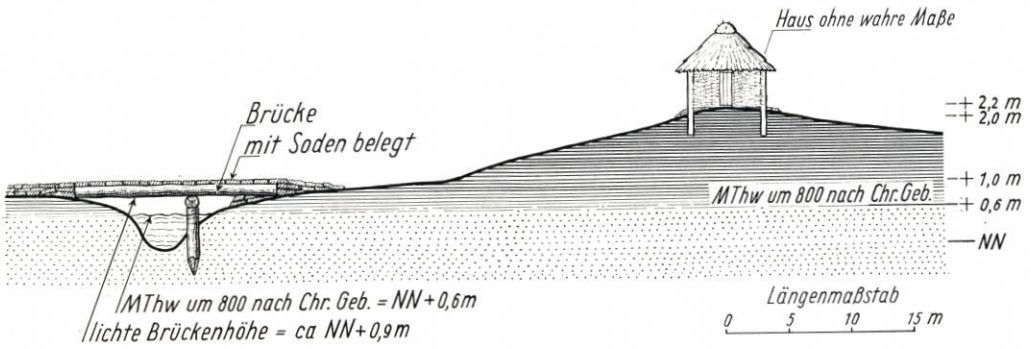


Abb. 12. Schnitt durch einen Uferwall der Eider mit dem ersten Stadium der wikingerzeitlichen Siedlung von Elisenhof bei Tönning

Die ältesten Häuser der Siedlung liegen auf einem Uferwall, dessen Oberfläche örtlich bis auf + 2,20 m NN ansteigt. Aus der Struktur des Sediments ist ersichtlich, daß das MThw zur Entstehungszeit des Marschlandes um + 0,60 m NN gelegen haben muß. Die Höhenlage von Brücken und Wegen über einen Marschenpriel zeigt, daß auch um 800 n. Chr. Geb. das MThw nicht wesentlich über dem genannten Horizont gelegen haben kann. Die Anhäufung von „Anwuchs" bis auf + 2,20 m NN, d. h. 1,60 m über das vermutete MThw, ist auf extrem günstige Sedimentationsverhältnisse bei Überflutungen in Ufernähe zurückzuführen.



Aufn. ROHDE, 1961

Abb. 13. Durch Flächengrabung freigelegte Marschoberfläche des 8. Jahrhunderts n. Chr. Geb. unter der Warf Elisenhof mit darauf liegenden Hausresten der Flachsiedlung. Der im Bilde sichtbare Teil der alten gewachsenen Marschoberfläche liegt zwischen + 1,80 m und + 2,10 m NN.

im Gegenteil gerade Überflutungen bei höheren Wasserständen. Die Menschen, die sich diese Flächen als Siedlungsgebiet aussuchten, mußten den übermächtigen Einfluß der Nordsee in Kauf nehmen oder sich nach besten Kräften davor schützen. Unsere Beobachtungen und Untersuchungsergebnisse haben gezeigt, daß man in der Tatsache einer Besiedlung in vor- und frühgeschichtlicher Zeit auf unbedeichter Marsch keinesfalls ohne weiteres einen Beweis für das Fehlen des beschriebenen Meereseinflusses erblicken darf, wie es SCHÜTTE, H. (1933) tat.

Die absolute Höhe des möglichen Wasserstaues bei auflandigen Winden ist, wie Arbeiten von Wasserbaufachleuten zeigen (SCHELLING, H. 1952, HUNDT, CL. 1954), abhängig von verschiedenen örtlichen Faktoren, insbesondere aber von der Höhe des MThw. Damit steht auch die Höhenlage der bei Sturmfluten auf begrüntem Land abgelagerten Sedimentdecken in einer gewissen Beziehung zur Höhe des örtlichen MThw. Nach unserer heutigen Kenntnis wird sandig-toniges Material an der schleswig-holsteinischen Westküste unter günstigen Verhältnissen bis (maximal) etwa 1,50 m über MThw zur Ablagerung gebracht. Größere Flächen der alluvialen Oberfläche wachsen jedoch durchschnittlich nicht viel höher als etwa 0,60 m über MThw auf (WOHLENBERG, E. 1931, BENNEMA, I. 1954).

Aus der Struktur der Sedimente ist unter günstigen Voraussetzungen erkennbar, ob es sich bei ihnen um Wattmaterial handelt, das unter MThw abgelagert wurde oder ob es als sogenannter „Anwachs" auf dem über MThw liegenden Marschland zwischen Pflanzenteilen abgesetzt wurde (Abb. 11).

Als Beispiel für die Auswertungsmöglichkeiten sind in Abbildung 12 die bei der Warfengrabung Elisenhof bei Tönning angetroffenen Verhältnisse dargestellt. Hier waren die ältesten Häuser im

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182



Aufn. ROHDE, 1963

Abb. 14. Reste einer Brücke aus dem 9. Jahrhundert n. Chr. Geb. unter der Warf Elisenhof aus der Zeit der Anfangsbesiedlung (Flachsiedlung); links das ehemalige Prielbett nach Entfernung der Dungmassen, mit denen das Bett im Laufe der Besiedlung angefüllt worden war.

8. Jahrhundert nach Chr. Geb. auf einer Marschoberfläche gebaut, die in ihren höchsten Teilen bis etwa + 2,20 m NN aufragte (Abb. 13). Der Übergang der gut ausgebildeten, stark durchwurzelten „Anwachs"-Schichten zu den darunterliegenden Wattsedimenten liegt auf ungefähr + 0,60 m NN. Aus dieser Schichtfolge kann einmal auf eine Höhenlage des MThw von etwa + 0,60 m NN zur Bildungszeit der Ablagerungen geschlossen werden, zum anderen verrät sie uns, daß darüber ein bis zu 1,60 m starkes Paket von Anwachsschichten aufwuchs.

Der aus der Struktur der Sedimente gezogene Schluß auf die Höhenlage des MThw konnte durch einen Grabungsbefund bestätigt werden. Unmittelbar südlich des hochaufgewachsenen, ufernahen Marschlandes befand sich ein Priellauf, der im Verlauf des 9. Jahrhunderts mit den Abfällen des wachsenden Dorfes ausgefüllt und später ebenso wie seine Umgebung völlig davon bedeckt wurde. Im Frühstadium der Siedlung jedoch wurde er durch Brücken und Stege überquert, von denen zwei in guterhaltenem Zustand ausgegraben werden konnten (Abb. 14). Bei der größeren der beiden Anlagen haben die Hölzer, die mit einer Länge von etwa 6 m quer über dem Priel lagen, mit ihren durch ein Joch gestützten Unterseiten auf etwa + 0,90 m NN, d. h. etwa 0,30 m über dem von uns auf Grund des Schichtaufbaus angenommenen örtlichen MThw des 8. Jahrhunderts gelegen.

Während die extrem hohe Marschoberfläche unter dem älteren Teil des Dorfes dazu verleiten könnte, höhere Wasserstände für ihre Bildung vorauszusetzen, verbieten es die zuletzt geschilderten Beobachtungen, hier wesentlich mehr als + 0,60 m NN als MThw-Stand anzunehmen, da sonst die Benutzbarkeit der Brücken durch allzu häufig stattfindende Überflutung in Frage gestellt worden wäre. Diese Schlußfolgerung wird gestützt durch weitere Beobachtungen. So befand sich beispielsweise

am Rande des gleichen Prieles Marschland, das im 8. Jahrhundert gepflügt worden war, in einer Oberflächenhöhe von etwa + 1,30 m NN. Dieses Pflugland, das Anzeichen von Sturmflutüberschwemmungen aufwies, dürfte wegen der durch Sommerüberflutungen drohenden Gefahren einige Dezimeter über dem damaligen MThw gelegen haben.

Auch die Möglichkeit, es handele sich bei dem hohen „Anwachs" um eine fossile Bildung, die unter ehemals höheren Wasserständen erfolgt sein könnte, ist auszuschließen, denn die prielnahen Flächen wurden auch während der ersten Besiedlung von zahlreichen Überschwemmungen heimgesucht. Hier lagen Reste von Gebrauchsgegenständen des 8. und beginnenden 9. Jahrhunderts eingebettet in Anwachsschichten, die nur Überflutungen ihre Entstehung verdanken können.

Die dargelegten Befunde, die noch durch weitere Beobachtungen gestützt wurden, vermitteln eindrucksvoll das Bild der Verhältnisse eines Uferbezirkes an einer Trichtermündung, in dem bei Sturmflutüberschwemmungen günstige Sedimentationsbedingungen herrschten. Ihnen ist es zuzuschreiben, daß die Marschoberfläche stellenweise bis auf 1,60 m über das damalige örtliche MThw aufwachsen konnte. Es sei ergänzend angeführt, daß das Material des Untergrundes dieser Gegend wenig zur Setzung neigt, so daß bei unseren Berechnungen keine Setzungsmaße berücksichtigt zu werden brauchten.

Das angeführte Beispiel zeigt, daß sich mit Hilfe der Kenntnis um die Vorgänge der Marschenbildung und der möglichen Sedimentationshöhen die ungefähre Höhe des MThw zur Entstehungszeit der Ablagerungen ermitteln läßt. Kann man diese Zeit, wie im vorliegenden Beispiel, einigermaßen feststellen, so gewinnt man Anhaltspunkte über den Stand des örtlichen MThw, nicht jedoch des MTnw und damit des Tidenhubs für weit zurückliegende Zeitabschnitte.

Da infolge nachträglich aufgetretener Veränderungen des Küstenverlaufs ein erheblicher Wandel im Ausmaß des Tidenhubs und damit der Höhe des MThw entstehen kann, ohne daß sich die Wasserstandshöhen der offenen See verändert zu haben brauchen, ist es gewagt, aus den Ergebnissen einzelner Untersuchungen (SCHÜTTE 1937) auf Meeresspiegelschwankungen zu schließen. Derartige Schlüsse sind nur statthaft, wenn durch eine größere Anzahl von räumlich weit auseinanderliegenden Untersuchungen gleichaltriger und gleichartiger Objekte die örtlich bedingten Faktoren erkannt und weitgehend ausgeschaltet werden können. Wir wollen uns daher im folgenden vorzugsweise auf die Aufdeckung dieser örtlich wirkenden Faktoren und ihrer Bedeutung für die Landschaftsgeschichte beschränken.

2. Einfluß der Vegetation und der raumbedingten Wasserstandsunterschiede auf die Formung der Oberflächengestalt des Alluviallandes

Naturgemäß sind bei Überschwemmungen des bereits begrünten Landes die Sedimentationsbedingungen in Ufernähe am günstigsten. Hier werden infolge der ansteigenden Landoberfläche die auflaufenden Wassermassen gebremst. Die Folge ist eine Verminderung der Transportkraft. Ein größerer Teil der mitgeführten Sinkstoffe kann zu Boden sinken, um dort zwischen den Halmen der Landpflanzen eingebettet zu werden. Nur ein kleiner Teil, insbesondere die feineren Sinkstoffe, werden vom Überflutungswasser weiter ins Hinterland geführt, wo sie dann sedimentiert werden.

Durch die geschilderten Vorgänge entstehen in Ufernähe flachböschige, langgestreckte Erhebungen, welche die uferferner liegenden Marschflächen um mehrere Dezimeter überragen können. In ihrer Sedimentstruktur zeichnen sich diese hochliegenden Gebiete durch den Anteil relativ gröberer Bestandteile gegenüber denen des Hinterlandes aus. Sie unterscheiden sich jedoch in ihrem Aufbau von den vorwiegend durch die Brandungswellen aufgeworfenen Strandwällen der offenen Küsten.

Das unter natürlichen Bedingungen aufgewachsene Marschland ist durch ein Netz von Rinnen zerrissen, die, wie aus ihrer Anordnung zu erkennen ist, vor allem dem Rücktransport des Wassers

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

nach Überflutungen ihre Entstehung verdanken (vgl. Abb. 15). Diese Rinnen, in Nordfriesland Priele, in Dithmarschen und dem Elbe-Weser-Gebiet auch Flethe genannt, werden durch die täglich zweimal ein- und ausfließenden Gezeitenströme offengehalten. Durch sie erfolgt auch in normalen Wetterlagen der Abzug des Niederschlagwassers. An den Ufern der größeren Priele und des Vorlandes sowohl wie an denen der Flüsse, welche den Marschengürtel durchqueren, entstehen gleichfalls die oben beschriebenen höher liegenden Uferwälle, da bei starken Westwindwetterlagen auch von hier aus die Überflutung des benachbarten Hinterlandes einsetzt.

Die Ausprägung der Höhenunterschiede im begrünten Alluvialland wird noch verstärkt durch die Tatsache, daß das Ausmaß des Tidenhubs sich beim Durchlaufen der Flüsse oder Marschpriele mit zunehmender Entfernung vom Küstensaum verkleinert, und das MThw in den meeresfernen Teilen der Alluvialgebiete wesentlich n i e d r i g e r liegen kann als in den Teilen, die an die See grenzen.

Ein gutes, obwohl auch nicht mehr unverfälschtes Beispiel findet man in den Verhältnissen, die im Eidergebiet v o r den umfangreichen Regulierungsarbeiten unseres Jahrhunderts vorlagen. Der Mittelwert des Tidehochwassers in den Jahren 1871—1900 betrug in Tönning + 1,18 m NN, in Rendsburg, also erheblich weiter flußaufwärts gelegen, dagegen nur + 0,85 m NN. Der Unterschied wird beim Fehlen jeglicher, den Strom einengenden Deichlinien und Dammbauten in weiter zurückliegenden Zeiträumen noch erheblich größer gewesen sein. Daraus ist theoretisch der Schluß zu ziehen, daß in dem einstmals östlich und nördlich der Eidermündung vorhandenen ausgedehnten Flachlandgebiete im Oberlauf der ausgedehnten Prielsysteme der Tidenhub fast ausklang, und die dort vorhandenen Wasserstände sich dem mittleren Meereswasserstand stark näherten. Zu diesem Problem äußert sich Weinnoldt in einem unveröffentlichten Bericht (Archiv Marschenbauamt Heide) nach einem Auszug in Fischer, O. (1955) wie folgt: „Bei dem zunehmenden Zusammendrängen der Eider in einen einheitlichen Mündungsarm wurde auch die in der Außeneider einlaufende Flutwelle zusammengefaßt. Die Folge war ein H ö h e r a u f l a u f e n der gewöhnlichen Tide, deren Grenze vor Beginn der Bedeichungsperiode etwa die Gegend von Stapelholm gewesen sein mag. Wie sich im einzelnen die Wasserstände im Verhältnis zur Höhenlage der Niederung geändert haben, läßt sich nicht sagen. Daß nach der Bedeichung der unteren Marschen und besonders der Absperrung aller Seitenarme und Zuflüsse die Grenze der Tide, vor allem der gewöhnlichen, sich fortschreitend flußaufwärts verlegte und der mittlere Hochwasserspiegel in dem ganzen Flußlauf oberhalb Tönning sich hob, ist aus der heutigen Erfahrung an den deutschen Tideflüssen als sicher anzusehen. Durch die vorstehend genannten Gründe ist es unter anderem zu erklären, daß sich im Mittellauf der Untereider, meistens in größerer Entfernung von dem eigentlichen Flußlauf, so ausgedehnte Flächen finden, die weit unter dem heutigen mittleren Hochwasserspiegel der Eider liegen." Das bedeutet, wenn man das oben genannte heutige Verhältnis der Tidewasserhöhen zugrunde legt, daß Oberflächen, die im meeresfernen Gebiet nur wenig über NN lagen, schon von Landpflanzen besiedelt werden könnten, während dieses, abgesehen vom Queller, im Eidermündungsgebiet bei Tönning erst vom damaligen MThw, also + 1,18 m NN, an möglich war. Da sicher ist, daß zum Landinnern hin der Salzgehalt im Überflutungswasser stark abnahm, konnten sich hier selbst unter dem örtlichen MThw gelegene Landflächen mit einer dichten Sumpfvegetation bedecken, ein Umstand, der die Spanne in der Höhenlage des möglichen Erstauftretens einer Vegetationsdecke noch größer werden ließ. Man ersieht hieraus, mit welch starken Unsicherheiten Schlußfolgerungen behaftet sind, die aus der Höhe fossiler Oberflächen auf diejenige des mittleren Meeresspiegels schließen.

Bei Sturmfluten scheint der räumlich bedingte Unterschied zwischen den heutigen und früheren Wasserstandsverhältnissen noch größer gewesen zu sein. Heute steigt bei stark auflandigen Winden der Wasserspiegel von der offenen See bis zur starren Linie der Seedeiche hin, um hier seinen höchsten Stand zu erreichen, da ein Ausweichen leewärts nicht stattfinden kann. Vor Anlage der Deiche staute sich das Wasser bei ähnlichen meteorologischen Bedingungen zwar gleichfalls am damaligen Meeresufer, jedoch wahrscheinlich nicht so stark wie heute, da ein größerer Teil des auflaufenden Wassers von dem Gewirr der Priele aufgenommen wurde. Infolge der stärkeren Reibung in den gekrümmten

und verästelten Prielbetten verwandelte sich die bis zum äußeren Küstensaum hin steigende Wasseroberfläche auf dem weiten Weg zum Landinnern in eine fallende.

Als Beleg für den angeführten Vorgang können wir gleichfalls einige besonders prägnante Beispiele aus dem Eidergebiet nehmen (FISCHER, O., Bd. 7, 1955, S. 162):

Sturmfluthöhen

5./6. 11. 1911 Tönning + 4,47 m NN und Rendsburg + 1,74 m NN
16./17. 2. 1916 Tönning + 4,65 m NN und Rendsburg + 1,18 m NN.

Das Ausmaß der Abschwächung landeinwärts ist eindrucksvoll, obwohl zur Zeit der Beobachtung bereits eine große Zahl von künstlichen Veränderungen im Eidergebiet vorhanden waren, welche die Flutwelle einengten und ihr Auflaufen begünstigten. Einschränkend muß jedoch erwähnt werden, daß noch in unserem Jahrhundert im Eidergebiet die Wasserstände, also auch die Sturmflutscheitellinien, durch Deichbrüche und Überflutungen der seitlichen Niederungen beeinflußt wurden.

Wir können aus den angeführten Beispielen für die Betrachtung vorzeitlicher Verhältnisse einmal entnehmen, daß bei starken auflandigen Winden der Stau im unmittelbaren Bereich des Meeresufers weniger stark war als heute am Fuß der Seedeiche, und daß er zum andern von diesem Bereich zum Inneren des Alluviallandes hin stark abnahm, sofern nicht höhere Oberwassermengen vorhanden waren. (Der Einfluß des Niederschlagswassers von der Geest auf Wasserstände und Vegetation in den meeresfernen Gebieten ist allgemein zu beachten.)

Auf den von uns behandelten Raum bezogen, ergibt sich aus diesen Überlegungen folgendes: Es ist auf Grund der Untersuchungsergebnisse anzunehmen, daß in der ersten Hälfte des 1. Jahrtausends nach Chr. Geb., etwa auf der Linie Ording-Hevermündung-Süderoog Sand-Norderoog Sand, ein Uferbezirk lag, der weite mit Sumpf und Moor bedeckte Niederungen vor dem unmittelbaren Einfluß des Meeres schützte. In dieser Uferregion werden die Gezeitenwelle und auch die Sturmflutwasserstände ihren höchsten Stand erreicht haben, um ostwärts im Bereich der Priele, die in weit geringerem Außmaße als in der Gegenwart das Gebiet zerschnitten haben werden, an Höhe zu verlieren. Heute, nach der geschichtlich bezeugten und auch durch geologisch-archäologische Untersuchungen nachweisbaren Zerstörung weiter Landflächen zwischen der Hevermündung im Westen und dem Geestrand im Osten, erreicht das MThw mit + 1,49 m NN in Husum seinen höchsten Stand, gegenüber von nur + 1,06 m NN am Pegel Süderoog. Der höchste Punkt der Gezeitenwelle hat sich also um viele Kilometer nach dem Osten verschoben, er liegt heute in einem Gebiet, in dem sich vor etwa 1200 Jahren der Einfluß der Gezeiten entweder gar nicht oder nur schwach bemerkbar gemacht haben wird. An die Stelle einer ehemals von West nach Ost f a l l e n d e n Tendenz der Hochwasserhöhen ist im genannten Bereich eine nach Ost s t e i g e n d e getreten. Die Höhenunterschiede zwischen einst und jetzt werden demnach um so größer, je weiter man sich vom ehemaligen Uferbereich entfernt.

Mögliche Höchstwasserstände bei Sturmfluten sollen nach SCHELLING, H. (1952) am Pegel Husum um 0,94 m höher auflaufen als am Pegel Süderoog. Der Anstieg ist demnach bei Sturmfluten noch ausgeprägter als bei normalen Wasserständen. Bei einem Vergleich mit unserem Beispiel aus dem Eidergebiet zwischen Tönning und Rendsburg, wo sich bei Sturmflutwetterlagen die nach Osten fallende Tendenz verstärkt, wird deutlich, daß auch in den ehemals weiter landeinwärts liegenden Gebieten der nordfriesischen Uthlande bei stark auflandigen Winden die Unterschiede in den Wasserstandshöhen und damit die Höhe möglicher Sedimentation zwischen einst und jetzt noch größer gewesen sein müssen als bei normalen meteorologischen Verhältnissen. In den älteren Veröffentlichungen über das Problem der „Küstensenkung" sind Faktoren dieser Art nicht oder in einem zu geringen Umfang berücksichtigt worden.

Infolge der erläuterten großen Unterschiede in den Sedimentationsbedingungen und der örtlich stark wechselnden Wasserstandshöhen besaßen die vor dem Zeitalter der Bedeichungen und der Landgewinnungsarbeiten ohne Zutun des Menschen aufgewachsenen Marschflächen in ihren Oberflächen-

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

formen eine wechselvolle Topographie, die die vorzeitlichen Besiedler dieser Gebiete in ihren Eigenarten sehr wohl kannten und auszunutzen wußten.

Noch abwechslungsreicher und abweichender von den heutigen Verhältnissen wird das Bild, wenn man mit Hilfe der in der Landschaft vorhandenen fossilen Reste versucht, die Vegetationsverhältnisse für die Zeit zu rekonstruieren, die vor der Periode der Bedeichung lag (Abb. 17 oben).

Heute umfaßt der Bewuchs der verhältnismäßig schmalen Säume der Außendeichsländereien, deren Oberfläche durch Landgewinnungsarbeiten beetartig gestaltet wird, im allgemeinen eine Salzwiesenvegetation. Deren artliche Zusammensetzung wechselt vor allem nach der Höhenlage, d. h. nach der Überflutungshäufigkeit.

Die bisher vorliegenden Untersuchungen des Pflanzeninhalts alter Marschensiedlungen aus küstennahen Gebieten, insbesondere von Elisenhof bei Tönning (BANTELMANN 1960), lassen vermuten, daß auch in der Vorzeit die Region der ufernahen Marsch, trotz ihrer verhältnismäßig hohen Lage zum damaligen MThw, in der Hauptsache von Salzwiesenpflanzen bestanden war. Daraus ist zu schließen, daß dieser Uferstreifen häufig genug vom Meerwasser überspült wurde, um den zur Ausbildung der genannten Vegetationsgesellschaft notwendigen Salzgehalt des Bodens zu liefern. Gleichzeitig findet man in den gleichen Warflagen aber große Mengen von Schilfrohr, das mit Vorliebe von den Warfbewohnern im grünen Zustand als Viehfutter verwandt wurde. Schilfrohr gedeiht jedoch nicht auf den reinen Salzwiesen der Küstenregion, wohl aber in Brackwassergebieten. In Elisenhof, wo Salzwiesenpflanzen unter den Futterresten dominierten, wurden Schilfhalme teilweise bündelweise gefunden; sie waren dann zuweilen untermischt mit Süßwasserschnecken und Sumpfpflanzen, die keineswegs eine häufige Salzwasserüberflutung vertragen. Man kann daraus schließen, daß der ursprüngliche Standort dieser Futterreste weiter entfernt von Elisenhof, ein Brackwasser- oder sogar Süßwassersumpf war.

Die genannten Funde, deren Alter zeitlich festzulegen ist, erfahren ihre Ergänzung in den natürlichen Ablagerungen des Alluvialgebietes der Umgebung der Siedlungen. Während in der alten äußeren Küstenregion ausschließlich sandig-tonige Watt- und Anwachssedimente angetroffen werden, ist die gleichaltrige Oberfläche im ehemals küstenferneren Gebiet häufig bedeckt mit Darg, Schilf, Bruchwald und sogar Hochmoortorf.

Versucht man diese Vegetationsreste und die räumlich morphologischen Verhältnisse, an die sie gebunden sind, für die Rekonstruktion des ursprünglichen Landschaftsbildes in dem von uns betrachteten Raum auszuwerten, so kommt man zu folgenden Ergebnissen: Dort, wo durch günstige Ablagerungsbedingungen weite Flächen feinsandig-toniger Sedimente ungefähr bis zur Höhe des MThw aufwuchsen, entstanden allmählich am Übergang zum tiefen Wasser höher gelegene Marschflächen mit deutlicher Anwachsschichtung. Nur an exponierten Stellen konnten Strandwälle aus sandig-steinigem Material entstehen, an deren Aufbau echte Brandungstätigkeit einen wesentlichen Anteil hatte. Die tief ins Hinterland vordringenden Priele waren gleichfalls von höher aufragenden Uferwällen begleitet.

Infolge geringerer Sedimentationsmöglichkeiten blieb der Aufwuchs der Oberflächen im küstenferneren Hinterland gegenüber dem des ufernahen Bereichs zurück. Da aber, wie oben ausgeführt, sowohl das MThw als auch die Sturmfluthöhen mit zunehmender Küstenferne gleichfalls abnahmen, verringerte sich der Anteil des Meerwassers gegenüber den Mengen des Niederschlagwassers, das wegen der tonigen Beschaffenheit und des hohen Grundwasserstandes der küstenfernen Gebiete nicht einsickern konnte. So ist die Erscheinung zu erklären, daß sich schon in verhältnismäßig geringer Entfernung von der äußeren Uferlinie Brackwassersümpfe entwickelten, in denen das Schilfrohr *(Phragmites communis)* die Charakterpflanze darstellte.

Die nach den Untersuchungsergebnissen vorhanden gewesenen weiten Schilfrohr-Dickichte, deren abgestorbene Stengel auch im Winter stehen blieben, wirkten bei Sturmflutüberschwemmungen wie ein Schwamm. Einerseits übernahmen sie einen Teil des herangeführten Wassers, andererseits aber übten die dichtstehenden Pflanzenhalme eine stark hemmende Wirkung auf das zwischen ihnen hindurch-

fließende Wasser aus. Bei Sturmfluten, die nicht allzu lange dauerten, mußte diese erhöhte Reibung ein verstärktes Gefälle des Wasserspiegels vom ufernahen zu den uferfernen Gebieten bewirken, so daß die Auswirkung der gewöhnlichen Sturmflutüberschwemmungen sich infolge des Bewuchses mit zunehmender Entfernung von der Uferregion noch mehr verringerte, als wir es heute auch in sonst vergleichbaren Gebieten beobachten können.

Das Dickicht des Röhrichts muß aber gleichzeitig eine selektierende Wirkung auf die vom Wasser mitgeführten Sinkstoffe ausgeübt haben; nur allerfeinste Bestandteile konnten tiefer durch das Halmgewirr mitgeführt und hier sedimentiert werden. Nur so kann auch außerhalb des Einflußbereiches von Flüssen die Ausbildung von Dargschichten erklärt werden, d. h. einer gemeinsamen Ablagerung von Schilfresten und feinsten tonigen Bestandteilen.

Eine starke Sedimentation gröberer anorganischer Stoffe, die etwa mit der Anwachsbildung im ufernahen Gebiet vergleichbar wäre, wurde durch die beschriebenen Verhältnisse verhindert. In küstenfernen Bereichen, in denen wegen geringer Oberflächenentwässerung sich Niederschläge und von der Geest kommendes Wasser stauten, konnte schließlich auch bei Ausbleiben der Zufuhr toniger Bestandteile, wie sie für den Darg charakteristisch sind, das Vegetationsniveau durch Entstehung von Schilftorf laufend erhöht werden.

Kam es durch die genannten günstigen Faktoren — dichter Schilfbewuchs als Hemmnis und Erhöhung der Oberfläche durch Ablagerung von Darg und Schilftorf — zu einem Ausschluß von Salzwasserüberschwemmungen, so faßten schließlich gegen Salzwasser empfindliche Pflanzen Fuß, und in günstig gelegenen Gebieten traten Bruchwälder und Hochmoore an die Stelle der Schilfsümpfe. Wenn die angeführten Voraussetzungen vorhanden waren, konnten sich die beschriebenen Vorgänge auch vollziehen, ohne daß ein Absinken des Meeresspiegels bzw. eine „Landhebung" angenommen zu werden braucht (Dittmer 1952).

Die weiten Alluvialgebiete, die im nordfriesischen Raum in vor- und frühgeschichtlicher Zeit dem Geestrand vorgelagert waren, zeigten demnach nicht das Aussehen der heutigen Außendeichsländereien. Sie waren nur im äußeren Küstenbereich mit einer Salzwiesenvegetation bewachsen. Weite Flächen des inneren uferfernen Bezirks sowie des Mittel- und Oberlaufs der Priele waren mit Schilfsümpfen bedeckt, die in besonders günstig gelegenen Bezirken sogar durch Bruchwälder und Hochmoore abgelöst wurden. Die höchsten, aus leichtem Klei aufgebauten Gebiete, die für eine Besiedlung in alter Zeit die günstigsten Voraussetzungen boten, lagen in unmittelbarer Nähe der Priel-, Fluß- oder Meeresufer. Die riesigen Flächen der küstenferneren Gebiete waren Unland, die den bäuerlichen Siedlern in vor- und frühgeschichtlicher Zeit für eine Niederlassung wenig Anreiz boten und höchstens zur Gewinnung von Viehfutter (Schilfsümpfe) oder Bauholz (Bruchwälder) genutzt worden sein dürften.

Die Höhendifferenzen der Geländeoberfläche innerhalb der breiten unbedeichten vorzeitlichen alluvialen Landflächen unserer Westküste waren erheblich größer als in dem heute unter Einwirkung menschlicher Tätigkeit aufgewachsenen Neuland. Als Hauptursachen für das Entstehen dieser Niveauunterschiede erkannten wir das starke Absinken des Tidenhubs und der Sturmflutwasserstände landeinwärts sowie die großen Unterschiede in der Transportkraft und dem Sinkstoffgehalt des Überflutungswassers in meeresnahen und meeresferneren Bereichen. Wir wollen, um ein konkretes Beispiel für die unter natürlichen Verhältnissen möglichen Höhenunterschiede anzuführen, nochmals die bei Elisenhof gewonnenen Ergebnisse betrachten. Hierbei gehen wir, gestützt auf die Ergebnisse niederländischer Arbeiten (Bennema, I. 1954, Fig. 13), von der Annahme aus, daß der von uns festgestellte Anstieg des MThw von ungefähr 0,70 m dem Anstieg des Meeresspiegels seit der Zeit um 800 n. Chr. Geb. entspricht. Wie festgestellt (S. 27), ist die Marschoberfläche unter dem Siedlungsrest aus dem 8. Jahrhundert bis auf + 2,20 m NN oder 1,60 m über dem damaligen MThw von + 0,60 m NN aufgewachsen. Diese Höhenlage zum örtlichen MThw scheint ein Maximum darzustellen (vgl. S. 26), das nur von günstigen Uferlagen bekannt ist. In den ausgedehnten Niederungen des Hinterlandes, die sich damals nicht nur nach Osten, in den Raum der Eider und Treene erstreckten, sondern auch das nördlich gelegene nordfriesische Gebiet einnahmen, wird die Gezeitenwelle allmählich ausgelaufen sein.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

Die Sedimentationshöhe könnte sich dort, wenn man die Anhäufung von organischem Material außer acht läßt, wegen der abnehmenden Wirkung der Tide und der Sedimentarmut des Überflutungswassers der Höhe des damaligen mittleren Meeresspiegels von —0,70 m NN stark genähert haben. Somit können wir bei den unserem Beispiel zugrunde liegenden Verhältnissen mit einem maximalen Höhenunterschied der begrünten Marschoberflächen von 2,90 m (als Annäherungswert) rechnen. Unter Berücksichtigung der Durchschnittshöhe des ufernahen Marschlandes von 0,60 m über dem örtlichen MThw würde sich der Unterschied auf 1,90 m belaufen, bei höherem Tidenhub in den Außenbezirken größer, bei geringerem kleiner werden.

Eine Verlagerung des Uferbezirks landeinwärts kann demnach auch bei gleichbleibendem Niveau des mittleren Meeresspiegels ein erhebliches Ansteigen der örtlichen Sedimentationshöhen und damit einen Aufwuchs der Oberflächen zur Folge haben (Abb. 17). Dieser Anstieg wird um so höher sein, je weiter die Küstenzone in den Bereich mit ehemals stark abgeschwächtem Gezeiteneinfluß zurückverlegt wurde. Da im Verlauf dieses Vorgangs Ablagerungen bedeckt werden, die aus älterer Zeit stammen, vermehrt sich die Höhendifferenz um den Betrag des säkularen Meeresspiegelanstiegs in der zwischen beiden Sedimentationsperioden liegenden Zeit. Im Untersuchungsgebiet waren diese alten Oberflächen, wie bereits mehrfach erwähnt, von Darg und Torfschichten wechselnder Mächtigkeit überlagert, die bei einer Bedeckung mit marinen Sedimenten starken Setzungen unterworfen waren.

In dem von uns betrachteten nordfriesischen Raum hat zumindest innerhalb des letzten Jahrtausends eine Verlagerung der äußeren Küstenzone stattgefunden. Die heute feststellbare, von der alten Uferregion zu den ehemals küstenferner liegenden Gebieten stark zunehmende Höhendifferenz zwischen alten und neugebildeten Marschoberflächen (Abb. 9), kann zu einem wesentlichen Teil durch die aufgeführten Faktoren erklärt werden. In den folgenden Abschnitten soll den möglichen Ursachen einer solchen Verlagerung der Uferzonen nachgegangen werden.

3. Veränderungen des Landschaftsbildes bei Anstieg des Meeresspiegels und günstiger Sinkstoffzufuhr

Ein langsam verlaufendes Ansteigen des Meereswasserspiegels, wie es auch noch nach Ausgang der jüngeren Steinzeit ohne Zweifel erfolgt ist (Dittmer 1952; man vergleiche hierzu Schott, C. 1950, Bennema, I. 1954), mußte sich zwangsläufig sowohl in einer Hebung der täglichen Wasserstände als auch in der Erhöhung der Sturmflut auswirken.

Wenn man eine günstige Sinkstoffzufuhr in den Außenbezirken voraussetzt, braucht ein derartiger Vorgang nicht, wie vielfach angenommen wurde, katastrophale Folgen gehabt zu haben. In den höher liegenden, ufernahen Marschgebieten führten die häufiger stattfindenden Überflutungen zu verstärkter Sedimentation, d. h. zu einer Beschleunigung des Höhenwuchses der begrünten Oberflächen; unter besonders günstigen Bedingungen konnten sich sogar — wie innerhalb des nordfriesischen Raumes im Südteil von Eiderstedt — vor dem alten Ufersaum neue Marschflächen bilden. Ihre Oberflächen wuchsen infolge der säkular steigenden Wasserstände und der räumlich bedingten, besonders günstigen Sedimentationsverhältnisse höher auf als die der älteren Bildungen nördlich der Eiderstedter Strandwälle. Die zur Ablagerung gelangten Sinkstoffe entstammen vermutlich Abrasionsgebieten an der Westflanke des nordfriesischen Raumes (Abb. 16). Diese hochliegenden Anwachsstreifen boten dem sich nordostwärts ausdehnenden Hinterland einen zusätzlichen Schutz gegen einen unmittelbaren Einfluß der See von Süden her.

Da derart günstige Bedingungen nicht an allen Teilen der Uferregion vorhanden gewesen sein werden, kann man beim Ansteigen der Meereswasserstände im allgemeinen für die tiefer gelegenen



Aufn. Luftwaffe der Bundeswehr, 1965. Freigegeben: F.H. 268-96

Abb. 15. Luftbild der „Kuhfenne" auf Hallig Gröde

Trotz vieler Anzeichen menschlicher Tätigkeit vermittelt die Aufnahme dieses seit Jahrhunderten als Weide genutzten Marschlandes einen Eindruck von der starken Zerschneidung der im Naturzustand verbliebenen Marschflächen. Am oberen Bildrand die letzten Siedlungsplätze der einst viel größeren Hallig: Knutswarf und Kirchwarf.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

Flächen des Inneren mit einem Vordringen des Salzwassereinflusses rechnen. Diese Versalzung wird sich in einer Verlagerung der Grenzen zwischen den einzelnen Vegetationsgebieten bemerkbar gemacht haben. Das Vordringen wird jedoch mehr oder minder stark durch den auch weiterhin möglich gewesenen Aufwuchs organogenen Ursprungs in den oben beschriebenen Brackwassersümpfen und Mooren abgeschwächt worden sein. Die Bewältigung des Abflusses der höher und häufiger auflaufenden Massen des Überflutungswassers wird allerdings zu einer Verdichtung des Prielnetzes sowie einer Vergrößerung der Prielquerschnitte, also zu einer stärkeren Zerschneidung des Landes geführt haben.

Unter den geschilderten Umständen braucht aber keineswegs, wenn man kein sprunghaftes Steigen des Meeresspiegels annehmen will, ein vorher begrüntes Alluvialland unmittelbar in ein Wattgebiet verwandelt zu werden.

4. Die Auswirkungen eines veränderten Sedimenthaushalts in den Uferbezirken auf die Landschaftsentwicklung

Es wurde eingangs (S. 14) erwähnt, daß die älteren marinen, später vermoorten Ablagerungen, welche im Untersuchungsgebiet die Talsandflächen bedecken, von außerhalb herantransportiert wurden, wahrscheinlich aus Bereichen, die westlich des heutigen Wattgebiets zu suchen sind. Dagegen entstammen die Sedimentmassen, die sich heute an begünstigten Stellen unseres Untersuchungsbezirkes, insbesondere an der Festlandküste absetzen, nach den Ergebnissen der bisher vorliegenden Untersuchungen wahrscheinlich größtenteils dem von uns betrachteten Raum selbst (Dechend 1950, Petersen, M. 1941, Gry, H. 1942, Wohlenberg 1954), d. h. die Neulandflächen verdanken letzten Endes einem Abbauprozeß ihre Entstehung, der sich innerhalb des noch im Mittelalter vorhandenen „Landes" vollzieht. Es hat demnach in dem Zeitraum, der zwischen der Entstehung des breiten Gürtels von altem Alluvialland und den Vorgängen der Gegenwart liegt, eine grundlegende Veränderung in der Sedimentzufuhr stattgefunden. Sie hat sich zunächst im Gebiet des alten Küstensaumes westlich der Linie Süderoog—Pellworm—Hooge bemerkbar gemacht. Das Aufhören der Sedimentzufuhren kann in diesem gegenüber den Nachbargebieten einst weit seewärts vorspringenden Raum sehr wohl mit einem im Laufe der Zeit nach Osten fortschreitenden Abbau von Material im Übergangsbereich zur offenen See (vgl. S. 15) zusammenhängen, in dessen Verlauf die Zone mit vorwiegender Abrasion in eine bis dahin leewärts gelegene Zone vordrang, in der einst (im Neolithikum) die Anhäufung von Material überwog.

Eine derartige Veränderung der Verhältnisse im Transport und der Ablagerung von Sinkstoffen im Flachwasser- und Sandriffgebiet vor der Küste kann, vielleicht verstärkt durch großräumig wirkende Erscheinungen wie dem Anstieg des Meeresspiegels, eine wesentliche Änderung im Ablauf des Geschehens verursacht haben. Gewinnt im Uferbereich die Abrasion und der Abtransport der Sedimente das Übergewicht, so hat dieses eine Ausräumung und Verstärkung der Seegangswirkung zur Folge. Das jetzt weniger geschützte Land wird durch Abbruch des Ufers und Fortführung der anfallenden Sedimente verkleinert (Abb. 17).

Erfolgt dieser Flächenschwund infolge starker Erosion am Ufersaum schneller als die Erhöhung durch Sturmflutsedimentation in den leeseitigen Teilen des hochliegenden Marschlandes, dann wird der schützende Gürtel, der zumeist noch aus sehr widerstandsfähigem, durchwurzeltem Material besteht, im Laufe der Zeit durchbrochen, und der Küstensaum verlagert sich verhältnismäßig schnell in ein Gebiet, das sich vordem durch niedriger auflaufendes Hochwasser auszeichnete, in dem ferner das Ausmaß der Sedimentation und damit die Höhenlage der Oberfläche zum MThw geringer war als in den ehemals vorgelagerten, jetzt zerstörten Flächen (Abb. 18). Die geschilderten Vorgänge werden

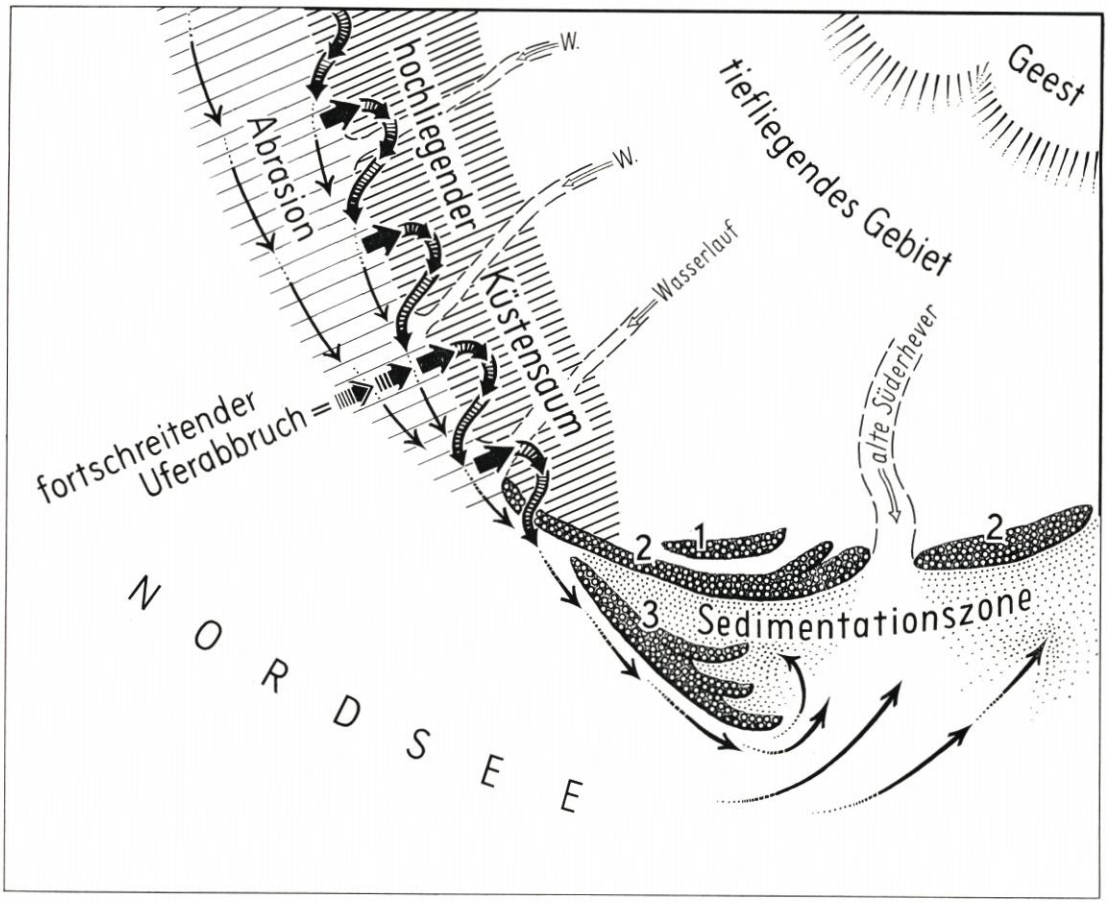


Abb. 16. Der gleichzeitige Vorgang von Landverlust und Neulandbildung bei Ansteigen des Meereswasserspiegels

Während auf der Westseite des nordfriesischen Küstenbereichs landzerstörende Kräfte überwogen, wuchsen an der Südflanke (im Eiderstedter Raum) neue Landflächen auf. Archäologische Funde zeigen an, daß die Strandwall- und Nehrungsbildungen (1—3 auf der Abbildung) nacheinander zwischen der jüngeren Steinzeit und dem frühen Mittelalter bzw. der Neuzeit gebildet wurden. Die Oberfläche der südlich der Strandwall- und Dünenkette 2 aufgewachsenen Marsch ist unvermoort und liegt höher als die der alten Marsch nördlich davon. Günstige räumliche Bedingungen und ansteigende Meereswasserstände hatten hier eine Erhöhung der Sedimentationshorizonte zur Folge.

bewirken, daß der Meereseinfluß nach Zerstörung des ufernahen, hochliegenden Landes im niedriger gelegenen Hinterland beschleunigt vordringt und den Landschaftscharakter durchgreifend verändert.

Die Beschleunigung wird u. a. schon dadurch hervorgerufen, daß sich infolge der niedrigen Lage des ehemals küstenferneren, jetzt aber seines Schutzes gegen unmittelbaren Meereseinfluß beraubten Landes die Häufigkeit der Überschwemmungen bei auflandigen Winden stark vermehrt. Dieser Vorgang wird in einem viel stärkeren Maße, als es bei dem im vorigen Abschnitt behandelten einfachen Ansteigen des Meereswasserspiegels mit unveränderter guter Sedimentzufuhr von außerhalb der Fall war, eine Verdichtung und Ausdehnung des Prielsystems zur Folge haben. Die Querschnitte insbesondere der Hauptläufe dieses Gewässernetzes werden in einem Ausmaß vergrößert, das der Häufigkeitszunahme der Überflutungen und der Masse des bei ihnen ein- und ausströmenden Wassers entspricht.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

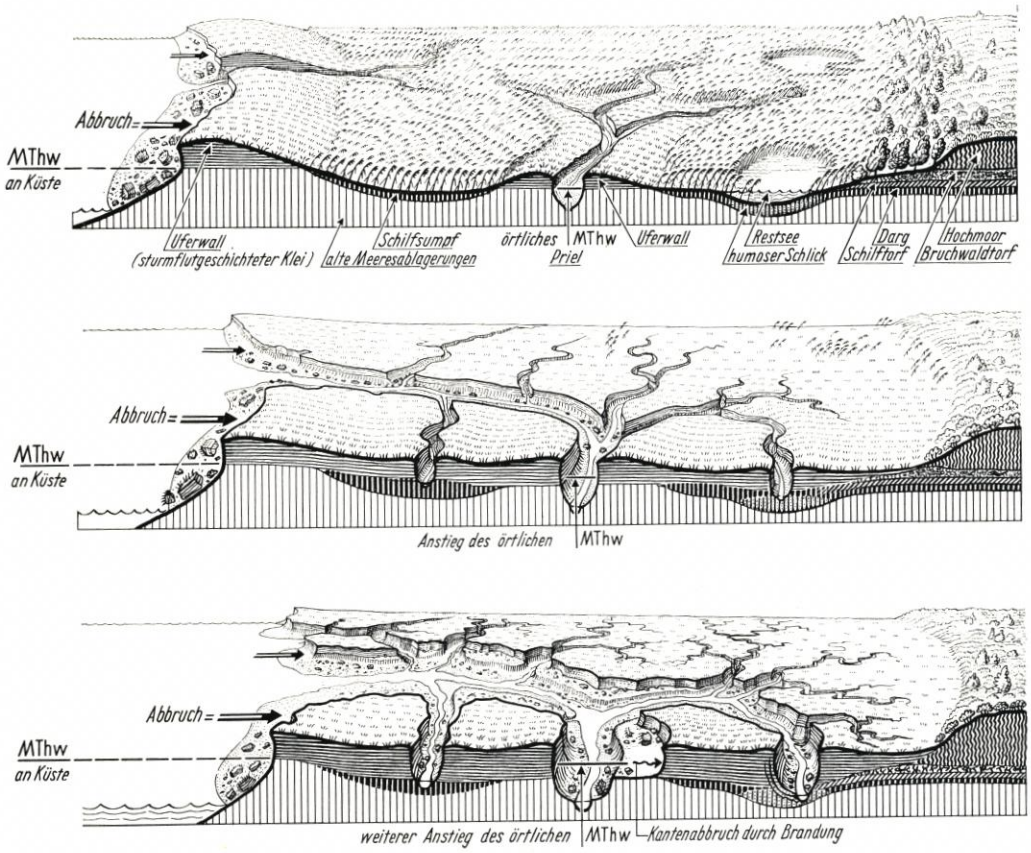


Abb. 17. Die Auswirkungen von Zerstörungsvorgängen im äußeren Küstensaum auf tiefliegendes vermoortes Hinterland

Oben: Das Hinterland ist durch einen stabilen Küstenstreifen der unmittelbaren Einwirkung des Meeres zunächst entzogen. In seinem Schutze sind Schilfsümpfe, Bruchwälder und Hochmoore über Meeresablagerungen des Mittelholozäns aufgewachsen, nur entlang der Wasserläufe findet eine Ablagerung anorganogener Sedimente statt. Die Höhe des MThw sowie der Sturmflutwasserstände fällt vom äußeren Küstenbereich zum Landinnern ab.
Mitte: Bei Zerstörung des schützenden Küstenstreifens vergrößern sich Überschwemmungshäufigkeit und -höhe im tiefliegenden Hinterland. Die Folge ist eine Verdichtung und Ausdehnung des Prielnetzes. Die Torfbildungen werden bei Sturmflutüberschwemmungen mit marinen Sedimenten bedeckt, Salzwiesenpflanzen treten an die Stelle der Sumpf- und Moorvegetation.
Unten: Bei weiterem Vordringen des Meereseinflusses erweitern sich die Priele und an ihren Ufern findet zusätzlich ein Kantenabbruch durch Brandungseinwirkung statt, der die Landflächen zugunsten des Meeres zunehmend verkleinert. Ferner steigt die Höhe des MThw und der Sturmflutwasserstände nunmehr (umgekehrt zu der ältesten Phase [oben]) von der Außenküste zu den stark erweiterten Teilen der Gezeitenrinnen an (Buchteneffekt); der bisher in der Sinkstoffversorgung „vernachlässigte" Sedimentationshorizont wird dadurch erhöht. Auf den verbleibenden Landflächen nimmt daher die Mächtigkeit der abgelagerten Sinkstoffe ständig zu. Diesem Vorgang stehen uneinheitliche Setzungserscheinungen im Bereich der überlagerten Torfschichten entgegen.

Die Vergrößerung der Prielbettquerschnitte hat einerseits ein Vordringen des Salzwassereinflusses und andererseits, auch bei gleichbleibender Höhe des Meeresspiegels, ein Anwachsen des Tidenhubs landeinwärts zur Folge. Letzterer wirkt sich landschaftgestaltend, vor allem durch die größere Räum-

kraft (und damit einer zusätzlichen Vergrößerung der Zerschneidungstendenz) in den Prielläufen aus. Während der geschilderte Vorgang das Verhältnis der Höhenlage der Landoberfläche zu den Hochwasserständen noch weiter absinken läßt, bewirkt das Vordringen des Salzwassereinflusses, insbesondere bei Überschwemmungen, eine durchgreifende Änderung des Bewuchses. So verlieren Schilfsümpfe und sogar Moore, die wegen ihrer niedrigen Lage zu den sich neu einspielenden Wasserstands-

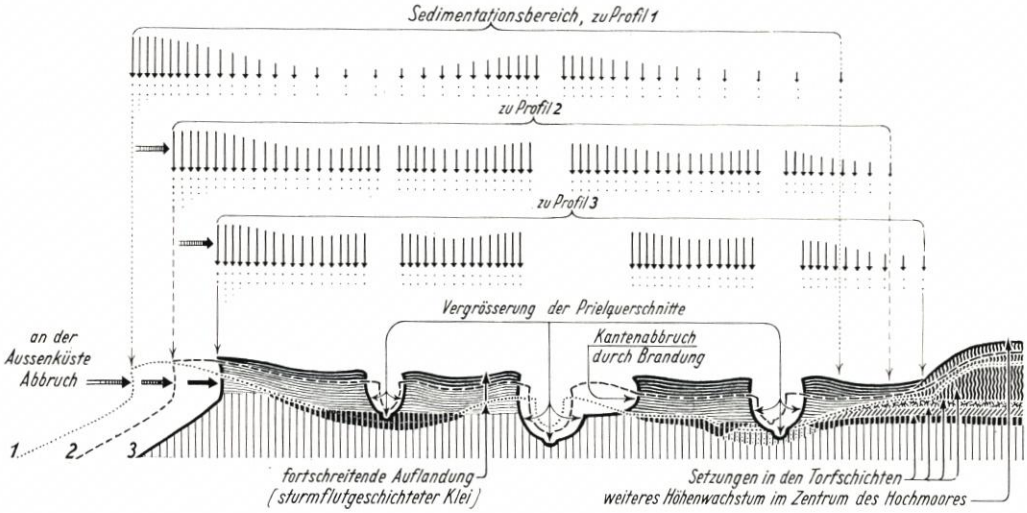


Abb. 18. Verschiebung der Sedimentationszonen beim erneuten Vordringen des Meereseinflusses in ein vermoortes Marschland. (Phasen 1—3 entsprechen den auf Abb. 17 sichtbaren Phasen)

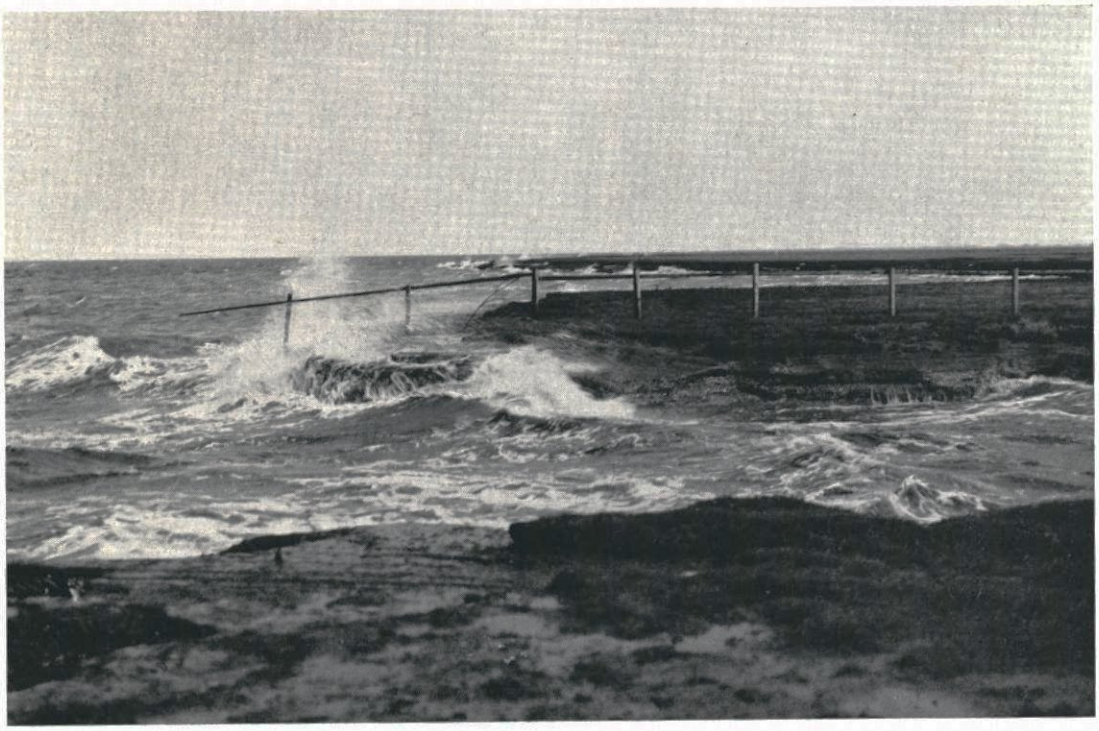
Durch Zerstörungsvorgänge an der Außenküste, vorwiegend aber durch fortschreitende Zerschneidung des ehemals geschützten Hinterlandes, werden in zunehmendem Maße Sedimente frei. Gleichzeitig wird infolge Vergrößerung der Wasserflächen (Wellenbewegung und Erhöhung des Tidenhubs (größere Geschwindigkeit der Gezeitenströmung) die Transportkraft des Wassers verstärkt. Die genannten Veränderungen haben einmal eine Verschiebung des Sedimentationsbereiches bei Sturmflutüberschwemmungen landeinwärts zur Folge, zum anderen aber eine Zunahme des Sinkstoffgehalts des Überflutungswassers, der durch Länge und Dichte der Pfeile dargestellt ist. Ebenso wie das Wachstum der Wasserflächen auf Kosten des Landes nimmt die Ausdehnung der Anwachsbildungen mit ihrer Decke von Salzwiesenpflanzen auf Kosten der Moor- und Sumpfbildungen ständig zu. Das Höhenwachstum des Anwachses ist in Ufernähe infolge der hier sehr günstigen Sedimentationsverhältnisse am stärksten. Nur dort, wo die Oberfläche der Hochmoore auch über dem höchsten Überflutungsniveau lag, konnte sich der vordringende Meereseinfluß noch nicht bemerkbar machen.
Man beachte das geringe Höhenwachstum des Sedimentationshorizontes der Anwachsbildungen an der Außenküste (links) im Verhältnis zu den ehemals küstenferneren Flächen.

höhen in den Bereich von Salzwasserüberflutungen bei stark auflandigen Winden geraten, ihre ursprüngliche Pflanzendecke und bedecken sich, wenn ihre Oberfläche noch über dem neuen MThw liegt, in kürzester Zeit mit einer Salzwiesenvegetation. Mit diesem Wechsel der Pflanzendecke ist in den uns bekannten Fällen eine Überlagerung des Torfes mit sandig-tonigen Anwachsschichten verbunden. Im nordfriesischen Bereich ist der schnelle Wechsel der Vegetationsformen, bedingt durch Sturmflutüberschwemmungen, noch in historischer Zeit auf dem „Wüsten Moor" im Kerngebiet Alt-Nordstrands erfolgt und der Vorgang durch Augenzeugenberichte belegt. Dieses Moorgebiet wurde durch die Folgen der Großen Flut von 1634 in eine mit Anwachs bedeckte Hallig, das heutige Nordstrandischmoor, verwandelt. (Näheres hierüber s. S. 57.)

Mit der Vergrößerung der Prielbettquerschnitte und der damit verbundenen Zunahme des Anteils der Wasserflächen setzt ein weiterer Prozeß ein, der im nordfriesischen Raum bis in die Gegenwart

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

dazu beitrug, die Ausdehnung der verbleibenden Landflächen weiter zu verringern. Die Erweiterung der Wasserflächen begünstigt die Ausbildung von Wellen, die bald kräftig genug sind, die Ufer der Gezeitenrinnen durch Kantenerosion weiter zurückzuverlegen und somit die auch bei gewöhnlichen Windverhältnissen mit Wasser bedeckten Flächen zu vergrößern. Gleichzeitig wird sich in diesen



Aufn. TH. MÖLLER

Abb. 19. Brandung am Ufer der Hallig Hooge

Uferabbruch durch Brandung und Strömung verringerte vor dem Einsetzen wirksamer Schutzmaßnahmen die Landflächen der Halligen Nordfrieslands. So wurde z. B. das Westufer der Hallig Gröde noch seit dem Jahre 1804 um mehr als 2000 Meter zurückverlegt.

ehemals küstenfernen Gebieten, in denen die Flächen begrünten Landes als Hindernisse für die ein- und auslaufenden Wassermassen ständig verkleinert wurden, der Höchststand des MThw innerhalb des Bereichs der Tiefs und der Priele von den ehemaligen Küstenbezirken aus immer weiter landeinwärts verlagern (Buchteneffekt). Damit wird sich das MThw im Landinnern erhöhen. Die Transportkraft des Wassers, insbesondere bei stark auflandigen Winden, wird gleichfalls zunehmen. Die genannten Faktoren begünstigen gemeinsam eine laufende Verstärkung des Pakets von Anwachsschichten über den Moor- oder Dargablagerungen des ehemals vermoorten Sietlandes. Die nunmehr unter den jüngeren Ablagerungen begrabenen, ehemals lockeren organogenen Bildungen unterliegen einer starken Setzung. Sie läßt die Oberfläche des begrünten Landes weiter absinken, ein Vorgang, der die Überschwemmungshäufigkeit wieder vergrößert und dadurch einer erhöhten Sedimentablagerung Vorschub leistet. Diese Setzungsvorgänge verstärken somit das Ausmaß der Mächtigkeit jüngerer Schichten über der alten vermoorten Oberfläche.

Gleichzeitig mit der Verstärkung dieser Anwachsbildungen wird ihre flächenhafte Ausdehnung jedoch durch Uferabbruch laufend verkleinert (Abb. 19). Ein Vorgang, der im nordfriesischen Gebiet

durch Vergleich genauer Kartenunterlagen verschiedenen Alters in Einzelheiten gut zu belegen ist und von uns am Beispiel Habel demonstriert wird.

Trotz des schnellen Ablaufs, dem die geschilderten Vorgänge unterliegen können, wurden nach den bisherigen Beobachtungen im nordfriesischen Raum nur wenige Gebiete der ehemals meeresfernen vermoorten Flächen beim Vordringen des Meereseinflusses unmittelbar in Watten verwandelt. Das geschah wahrscheinlich nur dort, wo die Oberfläche auch schon im Ausgangsstadium der von uns geschilderten Entwicklung durch eine außerordentlich tiefe Lage ausgezeichnet und vielleicht durch verlandende Restseen inmitten von Schilfsümpfen gekennzeichnet war (z. B. Aventofter See). Diese Entwicklung wird aber auch überall dort möglich gewesen sein, wo die transgredierenden Wassermassen so arm an Sinkstoffen waren, daß das Ansteigen der Wasserstände nicht durch eine entsprechend starke Sedimentation ausgeglichen werden konnte.

Ein Wachsen des Meereseinflusses, ähnlich wie oben geschildert, hatte im Gebiet der nordfriesischen Uthlande wahrscheinlich schon eingesetzt, als friesische Siedler zu Beginn unseres Jahrtausends begannen, die damals noch vorhandenen ausgedehnten Teile der Sumpf- und Moorgebiete in Kulturland umzuwandeln. Unserer Fragestellung gemäß ist es wissenswert zu erfahren, in welcher Form Umwandlungen des Landschaftscharakters in dem von uns untersuchten Gebiet durch Menschenhand vorgenommen wurden und welchen Einfluß sie möglicherweise auf den Verlauf der oben geschilderten Vorgänge hatte.

5. Der Einfluß menschlicher Tätigkeit auf die Umgestaltung der landschaftlichen Verhältnisse

a. Verlauf und Eigenarten der bäuerlichen Besiedlung

Eine Umwandlung von ausgedehnten Sumpf- und Moorländereien in nutzbares Land durch Kulturmaßnahmen ist während der vor- und frühgeschichtlichen Zeiten in unserem Raum offenbar nicht vorgenommen worden. Die eingangs erwähnten bäuerlichen Besiedler der Marsch aus dem Beginn unserer Zeitrechnung wählten stets sorgfältig die günstigsten Stellen des Landes als Platz für ihre Niederlassungen, nämlich einen besonders hochliegenden Teil der küstennahen Marsch oder eines Uferwalls an einem der vielen Priele oder Flüsse.

Wie bereits in den einleitenden Erörterungen über die Landschafts- und Besiedlungsgeschichte geschildert, scheint es zum Charakteristikum dieser alten Siedlungsplätze gehört zu haben, daß für den Ackerbau nur die hochgelegenen Flächen in der Umgebung der Häuser genutzt wurden, denn hier war eine gute natürliche Entwässerung gewährleistet. Eine zusätzliche Entwässerung großer Flächen durch Grabensysteme mit Vorflut ist bisher bei keiner Untersuchung dieses Siedlungstyps aufgedeckt worden.

Das weniger von der Natur begünstigte Land der Umgebung scheint, abgesehen von der extensiven Nutzung als Viehweide bzw. durch Gewinnung von Winterfutter, weitgehend im Urzustand geblieben zu sein. Die Wasserläufe oder Wasserflächen, an deren Rand die Siedlungen lagen, sind die Hauptverkehrswege der Bewohner gewesen, auf die sie schon wegen der Unwegsamkeit des Hinterlandes angewiesen waren.

Die Lage an den günstigsten Stellen der ufernahen Marsch als kleine Kulturinseln inmitten der Weite der nur wenig durch den Einfluß menschlicher Tätigkeit veränderten Flächen des Alluviallandes zeichnet auch noch die Siedlungen des frühen Mittelalters am Südrand der nordfriesischen Marschen aus. Es konnte festgestellt werden, daß hier im 8. Jahrhundert Niederlassungen gegründet wurden, deren Lage in der Landschaft sich im Prinzip nicht von den kaiserzeitlichen Siedlungen unterschied. Auch die Eigentümlichkeit der Siedlungsgründung auf flacher Marsch und die langsame künstliche Erhöhung der Siedlungsfläche ist beiden Typen gemeinsam. Nach den bisher vorliegenden Unter-

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

suchungsergebnissen haben demnach bis zum Ende des 1. Jahrtausends nach Chr. Geb. keine einschneidenden Veränderungen der im Raum herrschenden natürlichen Verhältnisse durch Maßnahmen seiner menschlichen Bewohner stattgefunden.

Erst zu Beginn unseres Jahrtausends, in Nordfriesland wahrscheinlich nicht vor der zweiten Hälfte des 11. Jahrhunderts nach Chr. Geb., scheint sich eine Neuerung in der Besiedlungsweise unserer Marschländer durchzusetzen. Das wesentliche Merkmal dieser Neuerungen ist die großangelegte Planung, mit der in dieser Phase der Besiedlung vorgegangen wird. Man begnügt sich nun nicht mehr mit den räumlich verhältnismäßig beschränkten, günstig gelegenen ufernahen Bezirken, deren Oberflächen besonders hoch liegen, sondern zieht auch das schlecht entwässerte, tieferliegende Hinterland, das zudem teilweise noch mit Schilfsümpfen und Mooren bedeckt war, in den Kreis seiner Tätigkeit ein.

Durch ein sorgfältig geplantes dichtes Netz von künstlich gezogenen gradlinigen Gräben, deren Verlauf und Dichte den natürlichen Verhältnissen angepaßt war, wurde jetzt auch vorher nur ungenügend entwässertes, wenig wertvolles Land der landwirtschaftlichen Nutzung zugeführt. Durch Abdämmung der Ausflüsse und den Einbau von sinnreich konstruierten Durchlässen wie Klappsielen und Schleusen konnte nicht nur das lästige Meerwasser ferngehalten werden, sondern bei guter Vorflut der Binnenwasserspiegel — günstige Witterungsverhältnisse vorausgesetzt — bis fast auf das Niveau des örtlichen Tideniedrigwassers herabgedrückt werden. Durch diese Neuerungen konnten somit auch Bezirke mit sehr tiefliegender Oberfläche in den Bereich der Planungen einbezogen werden.

Um diese neu erschlossenen Ländereien auch vor unerwünschten stärkeren Überflutungen, zumindest während der Vegetationszeit zu schützen, wurden sie erstmalig mit Deichen umgeben. Diese hatten zunächst nur bescheidene Abmessungen. Beide Maßnahmen, der Schutz gegen Hochwasser durch Bedeichung und die Senkung des natürlichen Binnenwasserstandes durch ein Grabennetz mit Sielen und Schleusen, gehören untrennbar zusammen. Wird eine von ihnen vernachlässigt oder zerstört, so wird die andere unwirksam.

Trotz des Fleißes der Siedler scheinen die Verhältnisse in den neu erschlossenen, tiefer liegenden Landflächen keineswegs sehr günstig gewesen zu sein, wie folgende Aussage des dänischen Chronisten Saxo Grammaticus aus dem ausgehenden 12. Jahrhundert über die Zustände im bedeichten Gebiet verrät: *„Im Winter liegt das Land unter beständiger Flut verdeckt; die Felder sehen aus wie ein stehendes Gewässer."* (Saxo Grammaticus 1839 u. 1858).

Selbst bei einem winterlichen Besuch der unbedeichten Halligen gewinnt man heute diesen durch Saxo wiedergegebenen Eindruck nicht. Auch die Siedlungsinseln auf den höchsten Stellen der unbedeichten Marsch in vorgeschichtlicher Zeit könnten zu einer derartigen Schilderung kaum Anlaß gegeben haben, da hier das Wasser nach gelegentlicher Überflutung sehr schnell wieder abgelaufen sein wird. Trotzdem scheint die Schilderung Saxos glaubhaft, denn im Verhältnis zu den Flächen des neu erschlossenen bedeichten Landes werden die Siele, durch welche allein die Wassermassen abfließen konnten, die durch gelegentliche Überflutung, vor allem wohl durch anhaltende Niederschläge sich angesammelt hatten, nur bescheidene Abmessungen besessen haben. Sie konnten den Abfluß daher nur langsam bewältigen. (Man vergleiche hiermit die bei Südfall vorgefundenen Entwässerungseinrichtungen des 14. Jahrhunderts [Busch 1963].)

Entsprechend der ufernahen Lage der besser nutzbaren Landflächen scheinen die ältest-bedeichten Gebiete im nordfriesischen Bereich inselhaft gelegen zu haben, d. h. sie lehnten sich nicht an die Festlandsgeest an. Dort, wo die altbesiedelten küstennahen Gebiete bis heute erhalten geblieben sind, wie im südlichen Eiderstedt, zeigt sich, daß sie zum Teil gemeinsam mit damals küstenferner liegenden Flächen, die vermoort waren, durch Deiche geschützt wurden. Die tiefliegenden, zu Beginn unseres Jahrtausends stark vermoorten Flächen in unmittelbarer Nähe des Geestrandes haben jedoch zunächst noch keinen Anreiz für das mühselige Werk der Entwässerung und Bedeichung geboten.

Ohne hier auf Einzelheiten der Organisation dieser ersten Bedeichungsmaßnahmen einzugehen, sei erwähnt, daß sie Ländereien von stark wechselnder Größe umfaßt zu haben scheinen. In manchen

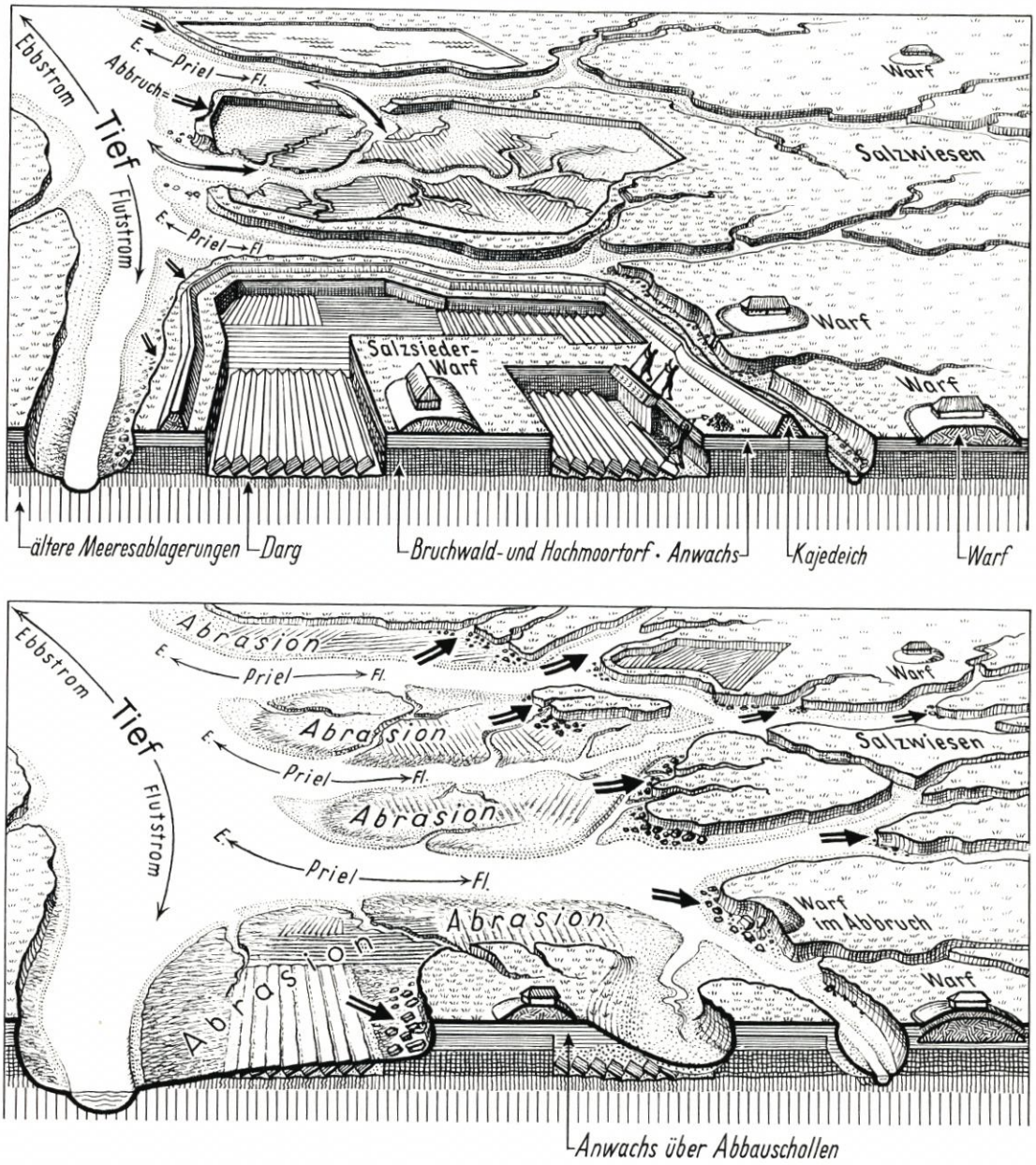


Abb. 20. Die Auswirkungen des Salztorfabbaus unter begrüntem Anwachs auf die Landschaftsentwicklung (vgl. hierzu Abb. 48 und 49)

Oben: Im Mittelalter wurden im Untersuchungsgebiet Torflager, die von begrüntem Anwachs bedeckt waren, zum Zwecke der Salzgewinnung abgebaut. Man schützte die Abbauflächen teilweise durch Kajedeiche, um die störenden Einflüsse von Überflutungen zu vermeiden. Der Salztorfgewinnung fielen große Landflächen zum Opfer.

Unten: Das Vordringen des Meereseinflusses wurde durch die Auswirkungen der Abbautätigkeit örtlich in stärkstem Maße begünstigt: Durch die Entfernung der Torfschichten gerieten beträchtliche Teile der Oberfläche unter das Niveau des MThw. Kajedeiche und stehengebliebene Landstreifen brachen bei Sturmflutüberschwemmungen zusammen, und die Abbaugebiete verwandelten sich in Wattflächen. Diese durch menschliche Tätigkeit

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

Gebieten, so z. B. im südlichen Eiderstedt und im Kerngebiet des alten „Strandes", scheinen große Flächen auf einmal erfaßt worden zu sein; die Bewältigung der Aufgabe erforderte demgemäß eine entsprechend große Anzahl von Siedlern. Hier ist eine zum Teil jüngere Untergliederung durch Anlage von Mitteldeichen, den sogenannten Sietwenden, erkennbar, auf denen die Kirchspiels- und stellenweise auch die Hardengrenzen verlaufen. An Stelle dieser Sietwenden konnten, wie im Ostteil des alten „Strandes", auch die noch nicht unter Kultur genommenen Hochmoorgebiete mit hochliegender Oberfläche treten.

In der Wiedingharde, deren Hauptteil um 1436 eine umfassende Bedeichung erhielt, müssen vorher, wie die erhaltenen Reste zeigen, im Bereich einzelner Kirchspiele größere Flächen unter Deichschutz gelegen haben, die jedoch in keinem Falle die Gesamtfläche des Nutzlandes umfaßt haben werden.

Im Raume der nördlichen Halligen sind vielleicht schon im Zuge des gleichen Kolonisationsvorganges im hohen Mittelalter lediglich Bedeichungen kleineren Umfanges durchgeführt worden. Vermutungen über die Gründe dieses verschiedenartigen Vorgehens in der Erschließung des Landes wurden bereits in der einführenden Schilderung der Landschafts- und Besiedlungsgeschichte (vgl. S. 90) geäußert.

Der Inhalt der ältesten erhaltenen Urkunden, welche den Zustand des ausgehenden 12. Jahrhunderts beleuchten, deutet darauf hin, daß das Anwachsen des Meereseinflusses in Teilen des besprochenen Gebietes schon damals den Bewohnern nicht unerhebliche Schwierigkeiten bereitete (Hasse, P. 1886). Hieraus und aus geologisch-archäologischen Beobachtungen, insbesondere im Gebiet der nördlichen Halligen, kann gefolgert werden, daß die planmäßige Erschließung der ehemals meeresferner gelegenen Teile der nordfriesischen Uthlande, die nach Aussage der datierbaren Funde nicht vor dem 11. Jahrhundert erfolgt sein kann, in einer Zeit in Angriff genommen wurde, in welcher der Meereseinfluß in diesem Gebiet bereits im Vordringen begriffen war. Dieser Vorgang, dessen mögliche Ursachen und mutmaßlicher Verlauf in den vorhergehenden Abschnitten beschrieben wurde, scheint also nicht durch menschliche Tätigkeit ausgelöst worden zu sein, wurde aber, wie wir sehen werden, in seiner weiteren Entwicklung durch die Auswirkungen menschlicher Eingriffe wesentlich beeinflußt.

b. Eingriffe des Menschen im Gebiet der nördlichen Halligen

Als „nördliche Halligen" werden in diesem Aufsatz die nördlich der ehemaligen Insel Alt-Nordstrand gelegenen Halligen Hooge, Langeneß-Nordmarsch-Butwehl, Gröde-Appelland, Oland und Habel sowie das völlig zerstörte Hingsteneß bezeichnet. Untersuchungen in diesem Raum (Bantelmann, A. 1939, 46 ff.), deren Ergebnisse im folgenden Hauptabschnitt eingehend behandelt werden, haben gezeigt, daß hier im ersten Jahrtausend nach Chr. Geb. weite Moorflächen die alten Meeresablagerungen bedeckten. Reste dieser Moore sind in Form einer Torfschicht von örtlich wechselnder Mächtigkeit erhalten geblieben. Da die Anzeichen einstiger Vermoorung überall dort nachgewiesen werden können, wo nicht ein flächenhafter Abtrag in jüngerer Zeit ihre Spuren vollkommen zerstört hat, darf angenommen werden, daß zur Entstehungszeit dieser Moore eine nur geringfügige Zerschneidung des Gebietes durch die auch damals vorhandenen Entwässerungspriele erfolgt war.

Aus der Struktur der Ablagerungen, die heute die Torfschichten bedecken, können wir schließen, daß große Teile der Mooroberflächen, deren Pflanzendecke keinen Salzwassereinfluß vertrugen, unmittelbar und ohne Übergang in den Bereich von Überflutungen durch Meerwasser bei

---

verursachte Vergrößerung der bei Flut vom Wasser bedeckten Gebiete hatte u. a. einen verstärkten Uferabbruch durch ungehemmte Brandungseinwirkung zur Folge (Pfeile). Nur an geschützten Stellen wuchs neues Halligland über den Abbauflächen auf (vgl. Profil in Bildmitte und Abb. 50). Durch Überflutungssedimentation hat sich die Oberfläche des erhaltenen Halliglandes seit der Zeit des Torfabbaus beträchtlich erhöht (heutige Hallig).

außergewöhnlich hohen Wasserständen (Sturmfluten) gerieten. Schon durch die ersten Überflutungen wurde dreierlei hervorgerufen: 1. Das Absterben der bisherigen Pflanzendecke der Moore; 2. die Ablagerung einer zunächst sehr dünnen Schicht anorganischer mariner Sedimente und 3. die Ansiedlung einer Salzwiesenflora, von der insbesondere die erhaltenen Reste von Meerstranddreizack in den ältesten dieser Anwachsschichten auch makroskopisch gut nachweisbar sind. Auch sie liegen unmittelbar über den Resten abgestorbener Hochmoorpflanzen. Eine Beeinflussung der umwälzenden Vorgänge durch Eingriffe des Menschen konnte in diesem Anfangsstadium nicht nachgewiesen werden; sie ist auch nicht wahrscheinlich.

Der unmittelbare Übergang vom Moor zur Salzwiese zeigt deutlich, daß die Mooroberflächen bei den ersten Überflutungen über dem örtlichen MThw des vordringenden Meeres gelegen haben. Das Aufwachsen der Torfschichten über den alten Meeresablagerungen im Laufe von Jahrhunderten hatte vordem offenbar genügt, um das im Küstengebiet der Nordsee auch nach dem Ende der jüngeren Steinzeit allgemein feststellbare Ansteigen der Wasserstände mindestens auszugleichen.

Der weitere Verlauf der Entwicklung im Raum der nördlichen Halligen ist gekennzeichnet durch eine ständige Wiederholung der Überschwemmungen bei hohen Wasserständen und einer damit verbundenen Zunahme der Schichtmächtigkeit der mit einer Salzwiesenflora bedeckten sandig-tonigen Anwachssedimente. Durch diesen Vorgang konnten Setzungsvorgänge, die in den immer stärker belasteten Torfschichten sicher eine nicht geringe Rolle spielten, ausgeglichen werden.

Zu dieser Zeit griff der Mensch durch den Abbau des von sandig-tonigen Anwachsschichten bedeckten Torfes entscheidend in den vorher von ihm hier wenig oder gar nicht beeinflußten Ablauf der Veränderungen ein. Durch den Abbau des unter der Kleidecke liegenden Torfes zum Zwecke der Salzgewinnung (Wegner 1931, Andresen 1937, Bantelmann 1939) wurde die Höhenlage des Landes so stark vermindert, daß die Abbaugebiete, die nachweisbar Flächen von mehreren Quadratkilometern einnahmen, unter das Niveau des damaligen Tidehochwassers gerieten und Wattcharakter annahmen (Abb. 20). Immerhin waren die Sedimentationsbedingungen an den heute der Beobachtung noch zugänglichen Stellen derart günstig, daß sich über großen Teilen der alten, durch den Menschen zerstörten Flächen, zunächst Wattsedimenente bilden konnten, über denen dann nach anschließender Verlandung neue Salzwiesenflächen aufwuchsen. Die Entstehung von Halligflächen erfolgte hier also innerhalb einer kurzen Zeitspanne, wenn auch unter veränderten Umständen zum zweiten Male (vgl. S. 86). Ob sich der gleiche Vorgang einer erneuten Verlandung an randlichen, der zerstörenden Wirkung des bewegten Wassers ausgesetzten Stellen ebenfalls abspielte, muß bezweifelt werden. Auf jeden Fall tritt im genannten Gebiet menschliche Tätigkeit in der Form des Salztorfabbaus deutlich als landzerstörender Faktor in Erscheinung. Die im gleichen Raum nachgewiesenen Teilbedeichungen (S. 76) scheinen jedoch keine nachhaltige Bedeutung gehabt zu haben.

c. Eingriffe des Menschen im Bereich des ehemaligen „Strandes"

Im mittelalterlichen Kerngebiet der nordfriesischen Uthlande, dem alten „Strand", wirkte sich dagegen der Einfluß menschlicher Aktivität im Prozeß der Umgestaltung der Naturlandschaft völlig anders aus. Zwar waren auch hier, wie Untersuchungsergebnisse gezeigt haben, die alten, vorwiegend im Mittelholozän entstandenen Meeresablagerungen von Mooren, Bruchwäldern und Sümpfen bedeckt, ihre Oberfläche lag jedoch durchgehend höher als in vielen Gebieten der nördlicher liegenden Halligen. Die Struktur der Sedimente dieser alten sandig-tonigen Ablagerungen zeigt in Oberflächennähe vielerorts deutlich, daß wir Reste eines echten Marschlandes vor uns haben, dessen Oberfläche über dem MThw seiner Entstehungszeit gelegen haben muß, während die Struktur der alten Sedimente unter den nördlich gelegenen Halligen, insbesondere unter Teilen von Hallig Gröde und unter Hallig Habel, verrät, daß hier stellenweise nur eine recht unvollkommene Verlandung ein-

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

getreten war, bevor durch das Anwachsen organogener Massen vom Darg über Schilftorf und Bruchwaldtorf zum Hochmoortorf diese Unterschiede in der Höhenlage der Oberflächen jedenfalls teilweise ausgeglichen wurden. Man vergleiche die Unterschiede der auf den Abbildungen 28 und 49 unten erkennbaren Sedimentstrukturen.

Bei der höheren Oberflächenlage der alten Kleiablagerungen im Gebiet des ehemaligen „Strandes" dürfte für die Beurteilung der Nutzungsmöglichkeiten durch den Menschen als günstiger Faktor der Umstand hinzu kommen, daß weite Flächen, insbesondere im Westen des Gebietes, nur eine geringmächtige Torfdecke getragen zu haben scheinen. Beide Faktoren zusammen spielten sicher für die mittelalterlichen Siedler eine Rolle, als sie sich entschieden, gerade hier in großem Umfang durch künstliche Entwässerung und Bedeichung Moore und Sümpfe in Kulturland zu verwandeln.

Den bereits genannten Bemühungen friesischer Bauern scheint es im Verlauf einer verhältnismäßig kurzen Zeitspanne zu Beginn unseres Jahrtausends gelungen zu sein, im zentralen Teil des heutigen nordfriesischen Wattenmeeres vermoortes und versumpftes Land, das von der eisenzeitlichen Marschbevölkerung gemieden worden war, in fruchtbares Kulturland zu verwandeln (Abb. 21). Untersuchungsergebnisse an örtlich erhaltenen Kulturspuren zeigen, daß diese Pioniertat in großen Teilen des Gebietes vollzogen worden sein muß, bevor der vordringende Meereseinfluß sich hier durch Ablagerung jüngerer Sedimente bemerkbar machte. Die ersten Siedler fanden also im Gebiet des alten „Strandes" tatsächlich ein mit Sümpfen, Hochmooren und Bruchwäldern bedecktes Land vor. Auch die Ortsnamen Osterwold und Westerwold im Gebiete des alten „Strandes" weisen darauf hin.

Aber schon die ersten Kulturmaßnahmen, die Entwässerung der vertorften Oberflächenschichten, leiteten einen Vorgang ein, der sich später als folgenschwer erweisen sollte. Durch die systematisch betriebene Oberflächenentwässerung mit Hilfe des Grabennetzes, von dem das Land alsbald durchzogen war, trat eine verstärkte Setzung der organogenen Ablagerungen ein, welche das Land bedeckten, und bewirkten eine Verminderung der ursprünglichen Höhenlage. Dazu kam noch, wie aufgefundene Reste deutlich zeigen, daß die Bewohner sich auf verschiedene Art der landwirtschaftlich unfruchtbaren Torfdecke entledigen wollten, um den unter ihr liegenden fruchtbaren Klei nutzen zu können. Einige Forscher nehmen eine mehr oder minder vollständig durchgeführte Verfehnung der Torfmassen an (Wegner, Th. 1931, Dittmer, E. 1952). Nach eigenen Beobachtungen des Verfassers scheint es sich jedoch beim Schwinden der ursprünglich vorhandenen Torfdecke um einen sehr komplexen Vorgang zu handeln, bei dem das systematische Abtorfen örtlich ohne Zweifel eine Rolle gespielt hat, jedoch nur eine Form der Oberflächenreduzierung darstellt. Beispielsweise scheint auch das Meer, dessen Einfluß sich trotz der Bedeichung sehr bald im Gebiet durch Sturmflutüberschwemmungen bemerkbar machte, beim genannten Vorgang mitgewirkt zu haben, indem das überströmende Wasser die durch den Pflug aufgelockerten Teile der moorigen bzw. anmoorigen und daher sehr leichten Ackerkrume mit sich fortgeführt hat. Einen derartigen Vorgang beschreibt Matthias Boetius in seinem Bericht über die Zerstörung der Orte Stintebüll und Brunock auf Alt-Nordstrand im Jahre 1615 sehr anschaulich mit folgenden Worten:

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

Für unsere Betrachtungen ist im Grunde von geringer Bedeutung, welche der beschriebenen Maßnahmen oder Vorgänge die Hauptursache des Schwindens der Torfdecke darstellen; wesentlich allein ist die Tatsache, daß sie durch Kulturmaßnahmen oder deren Folgen zerstört wurde, und daß damit ein Höhenverlust der Oberfläche verbunden war. Die Oberfläche des mittelalterlichen Kulturlandes lag schließlich in weiten Teilen des bedeichten Landes auf alten Meeresablagerungen, dem „härteren Boden" des Boetius, deren Entstehungszeit vor der Bildung der sie später verdeckenden

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

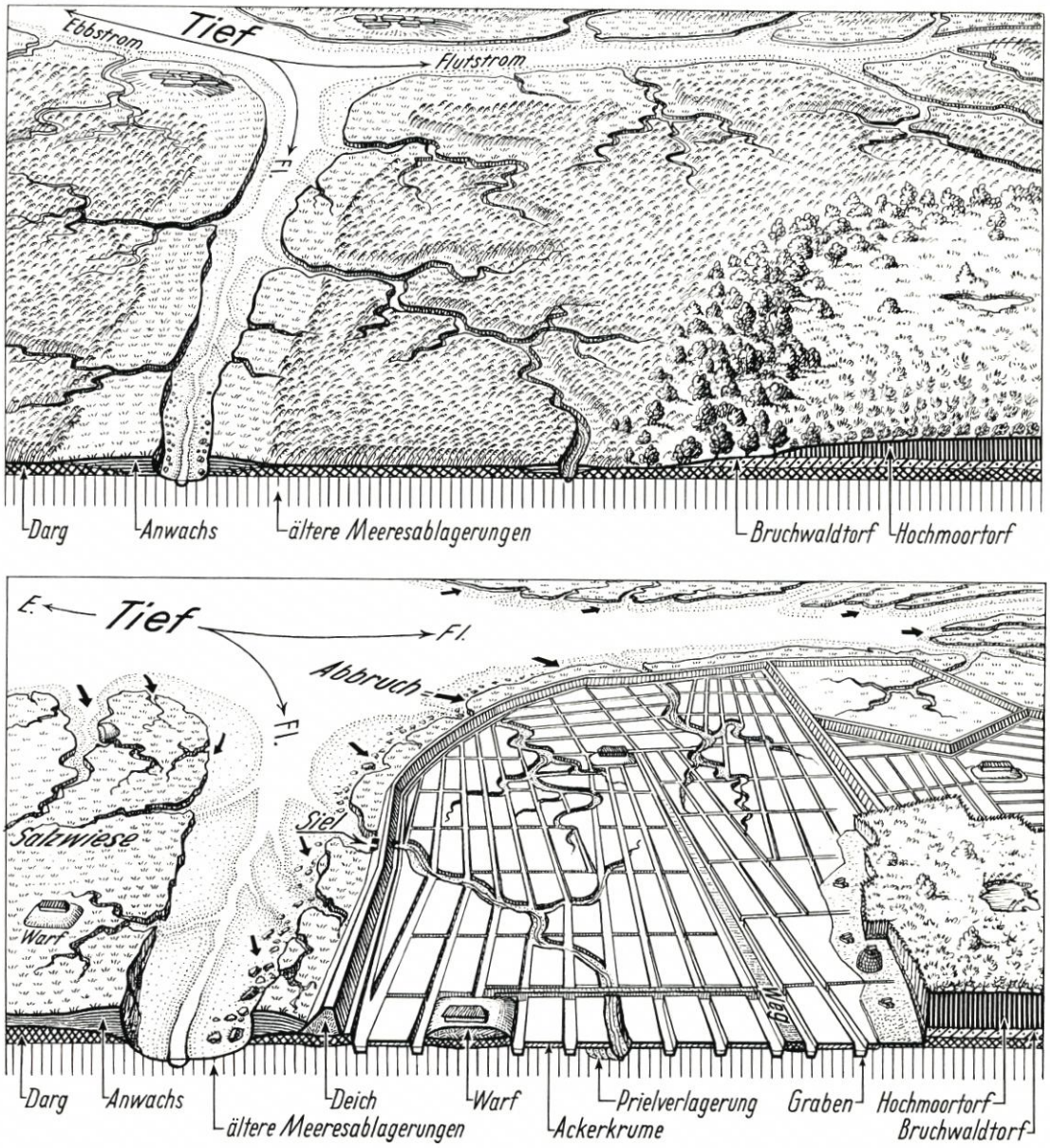


Abb. 21. Kulturmaßnahmen im Mittelalter unter Deichschutz auf alter vermoorter Marsch

Oben: Vor der Bedeichung: Noch um 1000 n. Chr. Geb. waren große Teile des heutigen nordfriesischen Wattenmeeres mit siedlungsfeindlichen Schilfsümpfen, Bruchwäldern und Hochmooren bedeckt. Die Anhäufung organischen Materials über den älteren Meeresablagerungen führte hier zur Bildung von Darg- und Torfschichten wechselnder Mächtigkeit. Unvermoortes, höher liegendes Marschland fand sich lediglich an der Außenküste und den Uferzonen der Prielläufe. Auf diesen höherliegenden Streifen befanden sich die ältesten Siedlungen des Gebietes (links oben).

Unten: Nach der Bedeichung: Der Kolonisationsvorgang zu Beginn unseres Jahrtausends führte zu einer erheblichen Ausdehnung des Siedlungsraumes. Große Teile der versumpften und vermoorten Gebiete wurden bedeicht, der Binnenwasserspiegel durch ein Grabennetz mit Schleusen und Sielen gesenkt und die Flächen

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

Moore lag, also auf fossiler Marsch, die unter völlig anderen Wasserstandsverhältnissen und Sedimentationsbedingungen aufwuchs, als sie im Mittelalter hier anzutreffen waren. Für eine Berechnung von Wasserstandshöhen innerhalb unseres Jahrtausends ist dieser Horizont völlig ungeeignet (DITTMER 1952, 1960).

Die Zerstörung der Torfschichten scheint im Gesamtgebiet der früh bedeichten Teile des alten „Strandes" mit Ausnahme des „Wüsten Moores" vor sich gegangen zu sein. Nach zeitgenössischen Berichten hat sich im letztgenannten Gebiet bis in das 17. Jahrhundert hinein ein letzter Rest der Moorbedeckung gehalten. Es war zu der Zeit ein verheidetes Hochmoor mit einzelnen Süßwassertümpeln. Seine Oberfläche lag so hoch, daß einige der schon erwähnten Mitteldeiche oder Sietwenden



Abb. 22.
Ehemalige Landoberfläche als Untergrund des vernichteten Deiches.
Aufn. A. BUSCH

nur bis an seine Randgebiete zu reichen brauchten, in den zentralen Teilen bot das Moor selbst genug Schutz gegen Überflutungen. Für die randlichen Bezirke dieses Moores ist die oben angeführte Verfehnung bezeugt, da ausdrücklich erwähnt wird, daß nach Abbau von Torf zum Zwecke der Brennstoffgewinnung die abgetorften Gebiete als Ackerland genutzt werden konnten.

Die Nutzung der ihrer alten Torfdecke beraubten, unter Deichschutz liegenden Kulturländereien war auch dann noch möglich, als die Oberfläche durch den Schicht- und Höhenschwund binnendeichs und die Verstärkung des Tidenhubs, verbunden mit einem säkularen Anstieg der Wasserstände außendeichs, auf Strecken größeren Ausmaßes allmählich unter das Niveau des MThw geriet. Für die Nutzbarkeit war bei normalen Wetterverhältnissen lediglich eine ausreichende Höhe über dem MTnw sowie ein gut funktionierendes Entwässerungssystem durch Klappsiele oder Schleusen, verbunden mit einer ausreichenden Vorflut, erforderlich.

---

landwirtschaftlich nutzbar gemacht. Durch Kultivierungsmaßnahmen und ihre Folgen, örtlich auch durch Abbau von Brenntorf, erfolgte ein Schwund der Torfdecke, die nur im „Wüsten Moor" (rechts unten) und unter Warfen und Deichen in Resten erhalten blieb (vgl. Abb. 22). Durch diese Eingriffe wurde die Landoberfläche tiefer gelegt. Gleichzeitig erfolgte außendeichs eine Verstärkung des Meereseinflusses, die örtlich mit einer Zunahme des Tidenhubs und mit der Erhöhung des MThw sowie der Sturmflutwasserstände verbunden war.
Als das bedeichte Kulturland durch diese Kulturmaßnahmen unter den Stand des MThw geriet, war zwar eine Entwässerung durch Siele und Schleusen bei normalen Witterungsverhältnissen noch möglich; wenn aber bei Sturmflutkatastrophen die Deiche zerstört wurden, bedeckte das Wasser auch nach Aufhören des Windstaus bei jeder Fluttide das Land. Auf diese Weise wurden unter intensiver Kultur liegende Flächen ohne Übergang in ein Watt verwandelt (vgl. S. 45 und Abb. 26 bis 28).

Ernst dagegen wurde die Situation bei einer Höhenlage der Oberfläche des Kulturlandes unter MThw nach Sturmflutüberschwemmungen großen Ausmaßes. An Deichbruchstellen wurden vielfach durch die Gewalt des einströmenden Wassers tiefe Löcher in den Untergrund gerissen (in Nordfriesland „Wehlen" genannt). Wo bei einer Höhenlage des Kulturlandes über MThw dieses nach Aufhören der Sturmflutwetterlage sehr bald trocken fiel, konnten Deichlücken im Bereich derartiger Wehlen durch einen Umfassungsdeich geschlossen und damit die unmittelbare Gefahr gebannt werden. Anders gestalteten sich jedoch die Verhältnisse, wenn die Oberfläche des bedeichten Landes unter dem MThw lagen. Dann strömten auch nach Aufhören des unruhigen Wetters bei jeder normalen Tide die Wassermassen durch die Deichlücken ein und aus, um bei genügender Größe der Deichlücken das tiefliegende Land zweimal am Tag, etwa bis zur Höhe des MThw-Spiegels, zu bedecken. An den Deichbruchstellen herrschte also fast ununterbrochen ein starker Strom, welcher die Lücken vertiefte und erweiterte. Die Erfahrungen, die in unsern Tagen bei der Schließung der Deichbruchstellen auf den holländischen Rheinmündungsinseln im Anschluß an die Katastrophe des Jahres 1953 gemacht wurden, haben gezeigt, daß das Schließen von Durchbrüchen bei tiefliegenden Landoberflächen auch heute noch, trotz aller Errungenschaften der Technik, nur unter großen Schwierigkeiten zu vollbringen ist. Es ist daher verständlich, daß die mittelalterlichen Marschenbewohner mit ihren einfachen Mitteln nach großen Sturmflutkatastrophen dieser Aufgabe nicht gewachsen waren. Das vordem fruchtbare Kulturland wurde in einer kurzen Übergangszeit, in der eine weitere Zerstörung der noch vorhandenen Deichstrecken und die schnelle Ausbildung eines Netzes neuer Gezeitenrinnen erfolgte, in ein Wattgebiet verwandelt. Es wurde zweimal täglich mit Wasser bedeckt und damit der menschlichen Nutzung entzogen.

Auf die beschriebene Art sind schon durch die Auswirkungen der Sturmfluten des Mittelalters, insbesondere der Katastrophe des Jahres 1362, große Teile des bedeichten Landes im nordfriesischen Raum verlorengegangen, ohne daß Beschreibungen von Augenzeugen über die Einzelheiten der Zerstörungsvorgänge auf uns gekommen sind. Gut dagegen sind durch zeitgenössische Berichte die Vorgänge dargestellt, die sich nach Deichbrüchen in einzelnen Teilen des alten „Strandes" in den Jahren vor der großen Flut von 1634, vor allem aber während und nach dieser Katastrophe, abspielten, durch deren Folgen die alte Marschinsel bis auf geringe Reste endgültig dem Meere zum Opfer fiel.

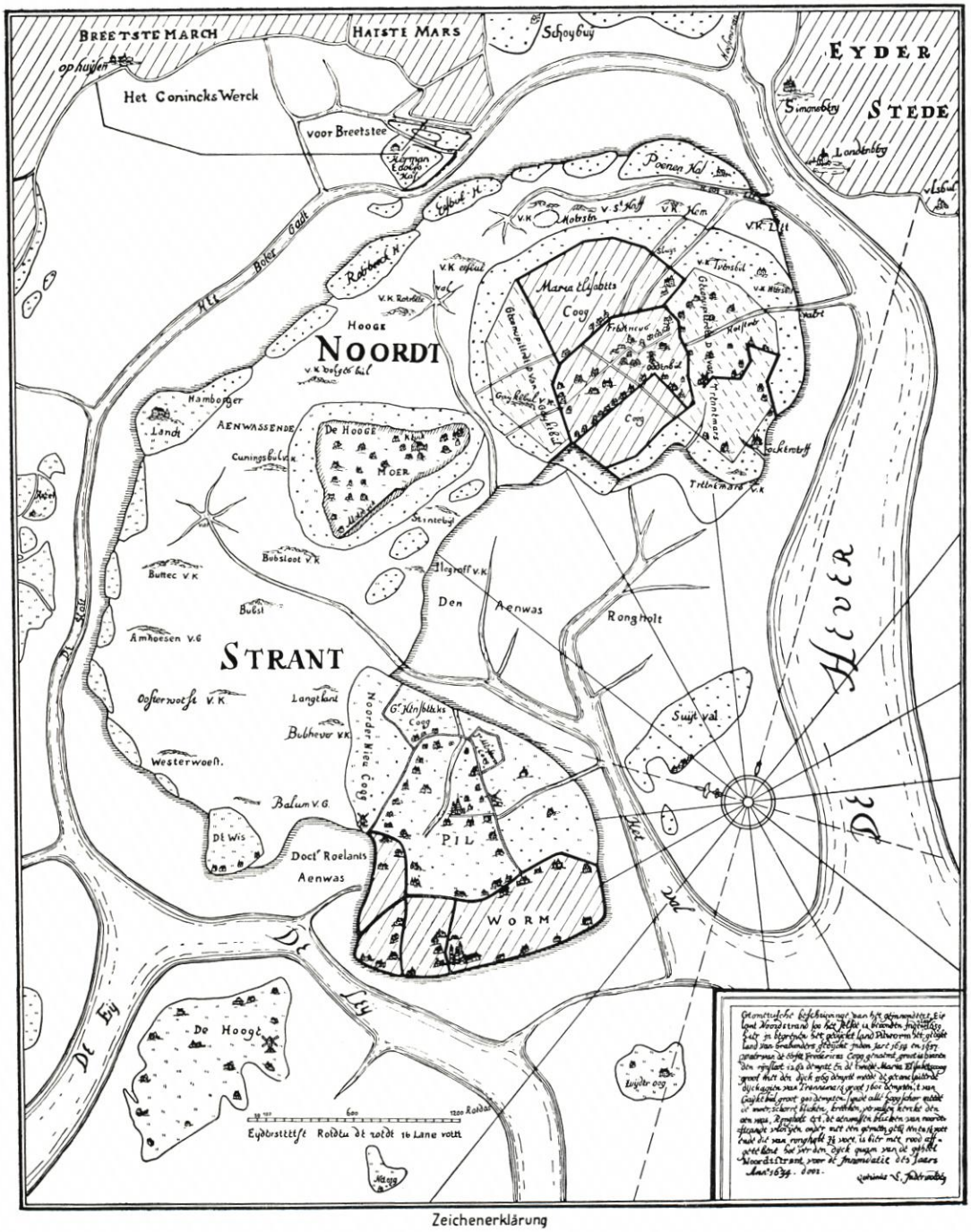
In vielen dieser Schilderungen ist ausdrücklich erwähnt, daß nach Aufhören der unruhigen Wetterlage zur Flutzeit das Wasser durch die Deichlücke drang und große Teile des Landes bedeckte. Wir besitzen hier also eine klare zeitgenössische Bestätigung (Boetius 1932) für unsere Annahme, daß diese Flächen schon damals unter dem örtlichen MThw lagen. Trotzdem bestehen Anzeichen dafür, daß nach der Katastrophe von 1634 nicht sofort alles Land völlig unbenutzbar wurde, denn aus Nachrichten der unmittelbar folgenden Zeit geht hervor, daß an einzelnen Stellen der überschwemmten Teile Alt-Nordstrands noch Überlebende auf ihren Warfen wohnten, die gegenüber dem Landesherrn Anspruch auf das unmittelbar an ihre Behausungen angrenzende Land erhoben. Sehr bald jedoch hört man nichts mehr von diesen Restbewohnern; das Land, außerhalb der wieder bedeichten Teile des Kirchspiels Pellworm und des heutigen Nordstrands, scheint bis auf geringe Ausnahmen, über die weiter unten berichtet wird, in ein Wattgebiet verwandelt worden zu sein, wie es bereits durch die Flut von 1362 schon einmal erfolgte.

Das Verstummen der Nachrichten und die daraus zu schließende Verschlechterung der Lage können wahrscheinlich auf die fortschreitende Erweiterung der Deichbruchstellen und die zunehmende

---

Die Karte zeigt die Verhältnisse 25 Jahre nach der Großen Flut (1634). Von den altbedeichten Gebieten konnten nur Teile von Pellworm verhältnismäßig schnell wieder bedeicht werden. Im Bereich der heutigen Insel Nordstrand waren inzwischen Teile durch kapitalkräftige holländische Einwanderer wiedergewonnen. Die übrigen Bereiche des alten Kulturlandes waren in Wattflächen verwandelt worden, aus denen neben dem Hohen Moor die ehemals außerhalb der Deichlinie verbliebenen oder jungbedeichten Vorländer infolge ihrer hochliegenden Oberfläche als Kette inselförmigen Halliglandes emporragten.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182



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

Abb. 23. Karte des zerstörten Alt-Nordstrand aus dem Jahre 1659 von INDERVELDEN

Zerschneidung des hinter ihnen liegenden Landes durch das unaufhörlich ein- und ausströmende Wasser zurückgeführt werden. Während der ersten Zeit, in der die Deichlücken noch verhältnismäßig klein und die Zerschneidung gering waren, infolgedessen bei normalen Witterungsverhältnissen in einer Fluttide nicht genug Wasser einströmen konnte, um binnendeichs den vollen Stand des Thw hinter den Deichlücken zu erreichen, glichen sich diese Wasserstandsunterschiede mit fortlaufender Anpassung der Prielsysteme an die Be- und Entwässerung der in Wattflächen verwandelten Gebiete des ehemalig weiträumigen Insellandes und fortschreitender Zerstörung der Deiche aus. Es wird demnach ein örtlich bedingter schneller Anstieg des Thw innerhalb des ehemals bedeichten Gebietes erfolgt sein (HUNDT, CL. 1954).

Aus INDERVELDENS Karte des zerstörten Nordstrands von 1659 (Abb. 23) geht deutlich hervor, daß 25 Jahre nach der „Großen Flut" außer Teilen der heutigen Inseln Nordstrand und Pellworm von Alt-Nordstrand nur folgende Teile vorhanden waren: einmal das Gebiet des „Wüsten Moores", das bis 1634 unbesiedelt im zentralen Teil der Insel lag und zum anderen eine Kette von Landstücken, die sich vor allem an der ehemaligen Nord- und Ostküste der alten Insel entlangzog. Ein Vergleich der Lage der letztgenannten Ländereien mit einer der älteren Karten des unzerstörten Alt-Nordstrands zeigt, daß einst an ihrer Stelle entweder begrünte Vorländer — in zeitgenössischen Berichten „Halligen" genannt — oder derzeitig jungbedeichte Köge am Rande des altbesiedelten Kulturlandes der Insel lagen. Die Oberflächen dieser jungen Ländereien waren, entsprechend den zu ihrer Entstehungszeit vorhandenen örtlichen Wasserständen, hoch aufgewachsen und lagen bei Eintritt der Katastrophe über dem damaligen MThw; sie fielen nach der Sturmflut wieder trocken und verwandelten sich, da sie ihres Anschlusses an das Kernland im Süden bzw. Westen beraubt waren, in selbständige Inseln bzw. Halligen.

Überblickt man die weitere Entwicklung der in Wattflächen verwandelten altbedeichten Teile der Insel, so fallen zwei wichtige Erscheinungen auf. Als bedeutsamste ist das bis in die Gegenwart andauernde starke Fortschreiten der Zerschneidung, also ein Abtragungsprozeß, zu nennen. Dieser Faktor ist besonders deutlich an der Entwicklung der Norderhever und des zu ihr gehörenden Rinnensystems erkennbar (DELFF 1934, BANTELMANN 1939). Die Norderhever war zu Beginn des 17. Jahrhunderts ein nicht sehr bedeutender Wattstrom, der seine Entstehung weitgehend den Folgen der Sturmfluten des 14. Jahrhunderts und der damit verbundenen Bildung der Südbucht des später hufeisenförmig gestalteten alten Nordstrands zu verdanken scheint. Ausgehend von einer Deichbruchstelle bei Ilgrov, ist die Norderhever nach der Katastrophe des Jahres 1634 wiederum weit in den Raum des ehemaligen Kulturlandes vorgedrungen. Es wurde somit ein Prozeß fortgesetzt, der im Anschluß an die Fluten des 14. Jahrhunderts bereits in den damals untergegangenen Teilen der Insel eingeleitet worden war. Heute hat das Tief seinen Einflußbereich bis in den der Süderaue ausgedehnt. Die Querschnittdimensionen seines Hauptbettes haben sich, der Zunahme des Einzugsgebietes entsprechend, ungewöhnlich stark vergrößert.

Während die im unmittelbaren Bereich der genannten Zerschneidung liegenden Teile der Oberfläche des alten Landes der zunehmenden Eintiefung zum Opfer fielen, wurden die außerhalb der Rinnen verbliebenen Flächen mit jüngeren Wattablagerungen bedeckt. Die Ausbreitung dieser schützenden Decke muß sehr schnell vor sich gegangen sein, denn an den meisten Stellen ist sogar die Ackerkrume des alten Kulturlandes erhalten geblieben (vgl. Abb. 25 und 27). Die seit dem Untergang über der alten Oberfläche abgelagerten Sedimente erreichen nördlich der heutigen Insel Pellworm, im Bereich des „Hohen Sandes", örtlich eine Maximalmächtigkeit von etwa 0,80 m. Da, wie schon angeführt, nach den Untersuchungsergebnissen vermutlich keine Sinkstoffe mehr von außerhalb in den Bereich des nordfriesischen Wattenmeeres transportiert werden, entstammt das abgelagerte Material wahrscheinlich überwiegend den sich schnell vergrößernden Abtragungsgebieten im Raume selbst. Zur erneuten Bildung begrünten Landes über dem alten, d. h. zum Aufwuchs der jüngeren Ablagerungen über den Stand des MThw hinaus, kam es im Zuge dieses sehr schnell verlaufenden Sedimentationsvorganges jedoch nur an wenigen Stellen, insbesondere in Anlehnung an die erhalten gebliebenen Teile

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

der alten Insel. In allen übrigen Gebieten erreichte die Anhäufung der Sedimente nicht die Grenze des örtlichen MThw, die Oberflächen blieben bis heute unverlandetes Watt (Abb. 24).

IV. Beispiele landschaftlicher Veränderungen in Teilgebieten des Untersuchungsbereiches

In den bisherigen Ausführungen wurde versucht, den allgemeinen Verlauf der landschaftlichen Veränderungen und deren Ursachen darzulegen, und die im Raume umgestaltend wirkenden Faktoren unter Einbeziehung der menschlichen Tätigkeit aufzuspüren. Ausgehend von den bei diesen Betrachtungen gewonnenen Erkenntnissen soll im nun folgenden Abschnitt die Entwicklung in einzelnen Teilgebieten behandelt werden. Bei der Auswahl dieser Einzeldarstellungen muß auf eine absolute Vollständigkeit verzichtet werden. Es handelt sich vielmehr um Beispiele, die das bisher Gesagte durch Darbietung konkreter Einzelheiten ergänzen und, wenn möglich, auch begründen sollen. In ihnen wird außerdem die Vielartigkeit der Methoden deutlich, mit der die Forschungsarbeiten durchgeführt werden müssen.

1. Veränderungen im Gebiet der ehemaligen Insel Alt-Nordstrand („Strand")

a. Kulturspuren am Rummelloch

Ausgehend von einer Deichbruchstelle in der Balumer Bucht, ist seit dem Jahre 1634 das Rummelloch weit in das Gebiet des ehemaligen Kulturlandes vorgedrungen. Es ist heute unmittelbar mit dem seit dem genannten Jahre gleichfalls schnell vordringenden Prielsystem der Norderhever verbunden (vgl. Abb. 24).

Auf Abrasionsflächen zu beiden Seiten dieses im Verlauf der letzten drei Jahrhunderte eingeschnittenen Rinnensystems tritt die Oberfläche des alten Kulturlandes an verschiedenen Stellen zutage. Lage und Ausdehnung des freigespülten Landes wechseln stark von Jahr zu Jahr, so daß eine jährlich sich wiederholende Begehung zur Erlangung günstiger Beobachtungsunterlagen notwendig ist. Durch dieses Verfahren konnte an der leichter zugänglichen Südseite des Rummelloches, in einer Längserstreckung von mehreren Kilometern und einer stark wechselnden Breite von maximal etwa 400 m, die Oberfläche des untergegangenen Landes in allen Einzelheiten kartiert werden. Abbildung 25 gibt einen Teilausschnitt der bisherigen Kartierungsarbeiten wieder. Der Ausschnitt wurde so gewählt, daß möglichst viele charakteristische Züge gezeigt werden. Er liegt etwa zwei Kilometer nördlich der Deichlinie des Bupheverkooges. Das Gebiet gehörte zum 1634 untergegangenen Kirchspiel Buphever.

Die Oberfläche des Abrasionsgebietes ist hier von einem Netz geradlinig verlaufender Gräben durchzogen, die das ehemalige Kulturland in lange, SSW-NNE gerichtete beetartige Flächen aufteilen (Abb. 29). Das gleiche Bild zeigt sich auch überall dort, wo im Gesamtverlauf des Rummellochs Abrasionsflächen mit Kulturspuren auftauchen. Diese Einheitlichkeit in der Richtung läßt auf eine großräumige Planung bei der Anlage des Entwässerungssystems schließen.

Deutlich sind zwei Arten von Gräben zu unterscheiden: größere Zuggräben, die ein grobmaschiges Netz bilden, mit einer oberen Breite von 2—3 m und zwischen ihnen liegend kleinere, nur bis zu 1,50 m Breite, die meistens nur an einem Ende in einen der großen Gräben münden. Am anderen Ende sind sie nicht ganz an den nächsten Zuggraben herangeführt, hier war Platz genug vorhanden, mit Fahrzeugen oder Ackergerät von Beet zu Beet zu gelangen.

Ergänzt wird das Bild durch Wegereste, die, von breiten Gräben begrenzt, gleichfalls geradlinig das ehemalige Land durchziehen. An der Abzweigung eines Seitenweges stehen noch die Stümpfe

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

zweier Pfosten als Zeichen dafür, daß der Weg durch ein Heck oder einen einfachen Balken — wahrscheinlich um Vieh fernzuhalten — gesperrt werden konnte.

Die Höhenverhältnisse sind durch Abrasionsvorgänge in der jüngsten Vergangenheit stark verändert. Während die Oberfläche ursprünglich nahezu waagerecht lag, fällt sie heute im gezeigten Ausschnitt vom Süden, dem hohen Watt, nach Norden zum Prielbett um mehr als 1 m ein: Der Abtrag hat hier eine neue Fläche geschaffen und nur in ihren prielfernen Teilen, dort wo sie an die unversehrte Decke der jüngeren Wattablagerungen grenzt, ist die alte Kulturlandoberfläche mit Spuren der Bodenbearbeitung (Pflugspuren) erhalten. Weiter nördlich hat die hier zunehmende Austiefung alles bis auf Graben- und Grubenreste zerstört. In der Nähe des Rummelloches verschwinden schließlich auch die Spuren der kleineren Gräben, weil die Austiefung über ihre Sohlentiefe hinausging, und im Ebbebett des Prieles selbst sind auch die letzten Reste der großen Gräben zerstört. Hier hat das zerstörende Werk der Zerschneidung auch die letzten Spuren menschlicher Tätigkeit ausgelöscht.

Im Untersuchungsgebiet wurden zwei Grabensysteme verschiedenen Alters festgestellt. Ihre Hauptrichtungen (SSW-NNE) stimmten jedoch miteinander überein. Dieses Nebeneinander ist vor allem auf der rechten Seite unserer Abbildung 25 zu sehen, wo Gräben in ganz geringer Entfernung voneinander verlaufen (vgl. auch Abb. 26). Die beiden Systeme sind deutlich an dem unterschiedlichen Grabeninhalt zu erkennen. Die Füllung der von uns als jünger erkannten Gräben besteht im unteren Teil aus schwärzlichem tonigem Schlamm, im oberen aus eingespülten Wattsedimenten. An ihren Rändern sind Wurzeln und Rhizome der ehemaligen Vegetation, insbesondere von *Phragmites com-*

Erläuterungen zu Abbildung 24a

Sicher nachweisbar ist das Ausmaß der Veränderungen im Gebiet von Alt-Nordstrand seit der Flut von 1634, im Gebiet der nördlich davon gelegenen Halligen dagegen erst seit der ersten genauen Vermessung von 1802/04. Nutzland unbekannter Ausdehnung, das bereits früher dem Meer zum Opfer fiel, ist schraffiert dargestellt. Für seine Existenz in den durch Ziffern bezeichneten Bereichen sprechen folgende Argumente:

1. Befunde im Watt westlich Pellworms weisen auf Vermoorung dieses Gebietes bei Beginn der mittelalterlichen Besiedlung hin. Die Küstenlinie muß zu diesem Zeitpunkt hier weiter im Westen gelegen haben.
2. Im Bereich der Balumer Bucht haben wahrscheinlich im 14. Jahrhundert untergegangene Teile der Kirchspiele Walthusum und Balum gelegen.
3. Im Außendeichsgebiet von Westerwold lag die „Oßlichshalg", die nach Berichten von Petreus am Ende des 16. Jahrhunderts zur Wirichsharde gehörte (Camerers Nachr. II, S. 757), während das angrenzende bedeichte Land ein Teil der Beltringharde war. Vermutlich hat in diesem Raum das im 14. Jahrhundert untergegangene Godmersbüll gelegen. Dieses Kirchspiel wird in der Brun'schen Liste unter der Pellwormharde geführt, in Akten über einen Klagefall um einen Kelch und Kirchenschrein „to behoff der Kerken Godmersbul" aus dem Jahre 1411 jedoch, wird das damals schon untergegangene Kirchspiel der Wirichsharde zugeschrieben.
P. Sax verlegt in den gleichen Raum folgende untergegangene Kirchspiele der Wirichsharde: Tinnenbull, Fumbull, Ivenbull und Südermarsch (vgl. hierzu Müller, I, Abb. 61).
4. Auf Grund der exponierten Lage ist anzunehmen, daß in der Gabelung zwischen Norder- und Süderau seit Beginn unseres Jahrtausends erhebliche Landflächen verlorengingen. Vielleicht lag hier, als westliche Begrenzung der Wirichsharde, das 1231 erwähnte „Gästänacka" des Waldemar'schen Erdbuches (vgl. R. Hansen 1891, S. 48 ff.).
5. Nördlich und südlich der Halligen Nordmarsch, Langeneß und Butwehl erstrecken sich die Kulturspuren bis an den heutigen Rand der Gezeitenrinnen. Weitere Flächen von unbekannter Ausdehnung werden der zunehmenden Vertiefung des Gebietes durch Abtrag zum Opfer gefallen sein.
6. Da Butwehl ursprünglich kirchlich und verwaltungsmäßig zu Gröde gehörte, und nicht etwa zu den nahegelegenen Kirchspielen Nordmarsch oder Langeneß, wird einst nur eine unbedeutende Gezeitenrinne beide Gebiete getrennt haben. Die Küstenentwicklung innerhalb des letzten Jahrhunderts bestätigt diese Vermutung. Auch südwestlich von Gröde müssen noch erhebliche Landflächen dem Meer zum Opfer gefallen sein (vgl. hierzu den Küstenverlauf auf einer Karte von Berends v. 1634 bzw. 1637 in Müller, I, Abb. 52).
7. Nach Angaben von Müller (I, S. 250) sollen im Raume Hingsteneß auf der Linie Gröder Kirche—Deezbüll bei tiefer Ebbe einige Feldsteine gesichtet sein. Es könnte sich möglicherweise um Reste eines Bauwerks handeln.
8. Im Raume zwischen den heutigen Inseln Pellworm und Nordstrand sind durch die Fluten des 14. Jahrhunderts etwa 7 Kirchspiele verlorengegangen. (R. Hansen in Johs. Petreus Schriften über Nordstrand, Quellensammlungen der Ges. S.H. Gesch., Bd. 5, S. 1.)

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

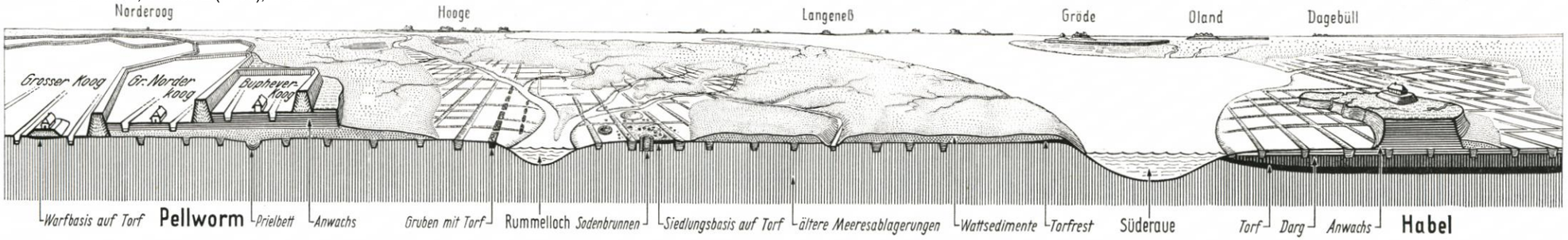


Abb. 24b. Schnitt zur Verdeutlichung der heutigen Schichtenfolge zwischen der Hallig Habel und dem Großen Koog auf Pellworm, verbunden mit einer Übersicht über den nordwestlichen Teil des Untersuchungsgebietes bei Niedrigwasser

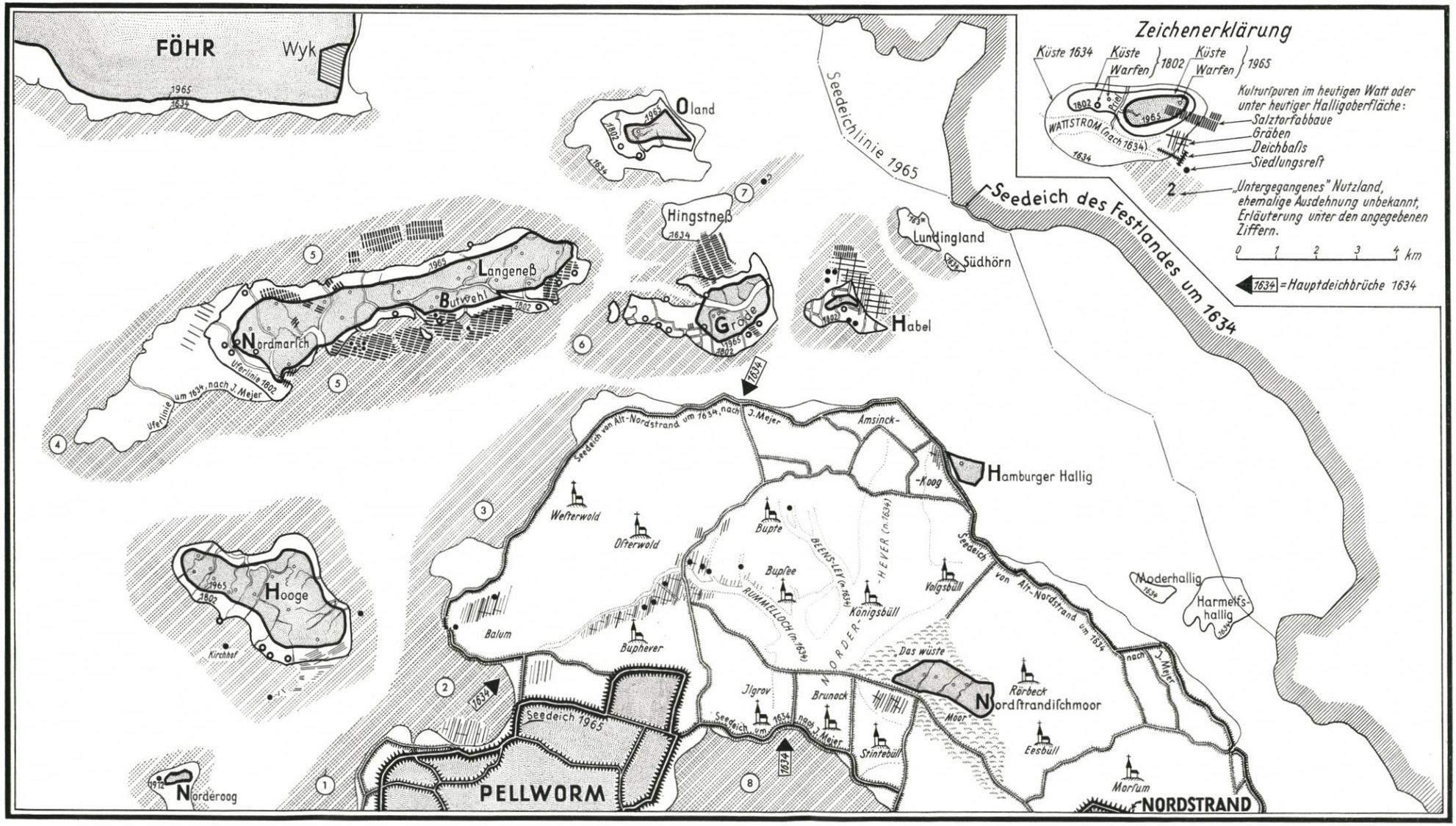


Abb. 24a. Veränderungen der Küstengestalt in historischer Zeit, dargestellt unter Verwendung von Kartenunterlagen verschiedenen Alters, schriftlichen Quellen und im Gelände erhaltenen Kulturspuren

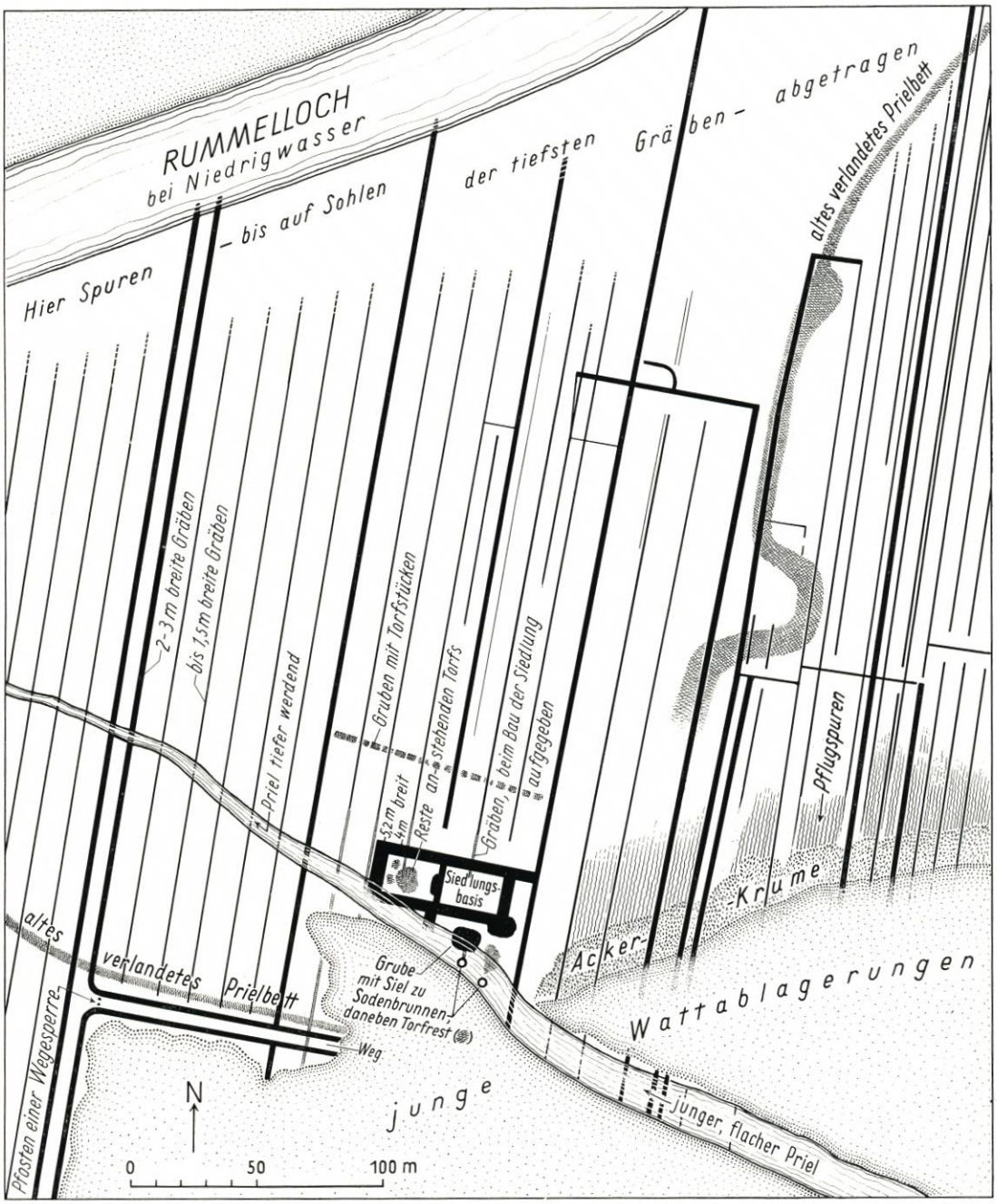


Abb. 25. Abrasionsfläche am Rummelloch mit Kulturspuren

Am Rummelloch, einer Gezeitenrinne nördlich Pellworm, wurden durch Abrasionsvorgänge Teile des 1634 untergegangenen Kulturlandes von schützenden Wattablagerungen befreit. Die ehemalige Oberfläche ist nur im Südostteil am Rande der jüngeren Wattablagerung erhalten, in nordwestlicher Richtung fällt das Gelände heute bis zur Niedrigwassergrenze des Rummelloches ab, die oberflächennahen Schichten sind hier der weiter fortgeschrittenen Ausräumung zum Opfer gefallen. Das Netz von Entwässerungsgräben und Wohnplatzspuren läßt ein deutliches Bild der einstigen Wirtschaftsweise entstehen. Torfreste und alte, verlandete Prielläufe erlauben Schlüsse auf das Landschaftsbild vor der Besiedlung. Das Vorhandensein zweier verschiedenaltriger Grabensysteme (rechts) deuten auf Umwandlungen in der Flureinteilung.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182



Aufn. A. Bantelmann, 1956

Abb. 26. Gräben als Reste ehemaligen Kulturlandes im Wattenmeer nördlich der Insel Pellworm. Der rechte, teilweise mit Torfgrus gefüllte Graben ist älter als der linke, an dessen Rändern Spuren des alten Bewuchses erkennbar sind. (Vgl. auch Luftbild Abb. 29 und Plan 25.)

munis und *Scirpus maritimus* meistens gut erhalten. Bei den älteren Gräben fehlen guterhaltene Reste des ehemaligen Bewuchses, ihr Inhalt besitzt eine bräunliche Färbung und enthält, stellenweise deutlich erkennbar, eingeschwemmten Torfgrus und sogar Torfstücke. Das relative Alter der Gräben ist bei Überschneidungen festzustellen. Immer werden die Gräben mit bräunlichem Inhalt von den erstgenannten geschnitten. Außerdem verschwinden die Spuren der älteren Gräben dort, wo noch die Ackerkrume die Oberfläche bedeckt. Sie waren demnach als Eintiefungen schon nicht mehr vorhanden, als das jüngere Entwässerungssystem in Funktion war.

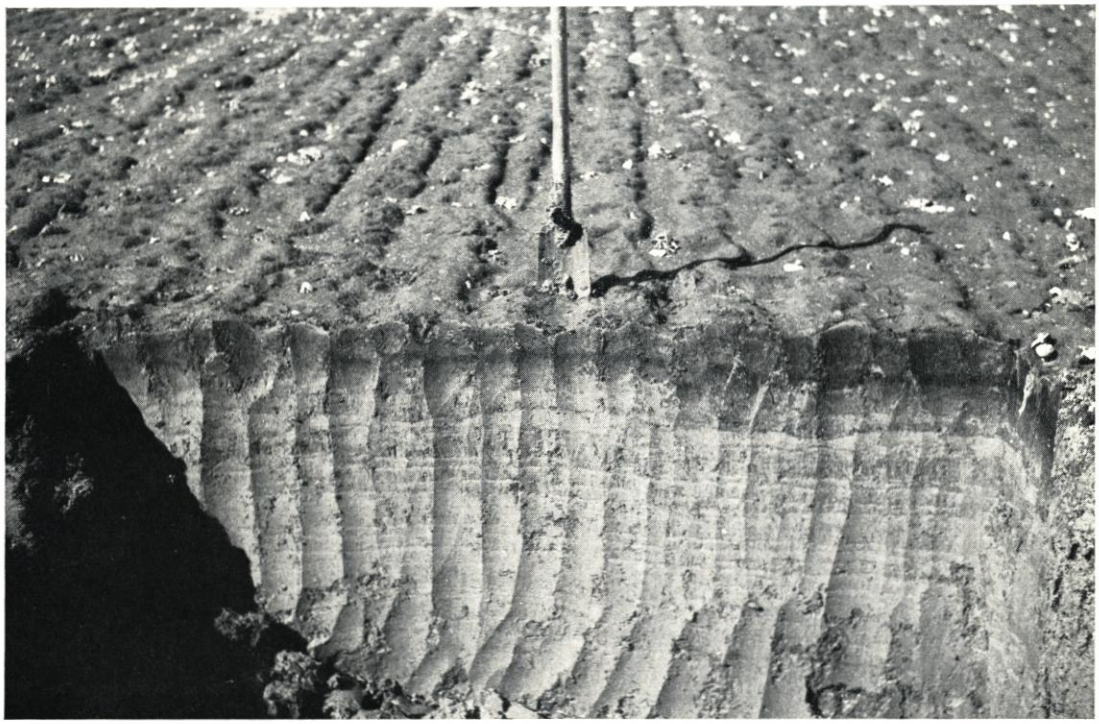
Landschaftsgeschichtlich kann dieser Befund von erheblicher Bedeutung sein. Die Torfreste weisen darauf hin, daß bei Anlage des älteren Entwässerungssystems die Landoberfläche vermoort war. Weitere Anzeichen für das Vorhandensein einer Torfdecke ist in unmittelbarer Nachbarschaft unseres Planausschnittes auf einer Fläche gefunden, auf der in reihenförmig angelegten Gruben Darg und Torfstücke der alten Oberfläche liegen (Bantelmann, A. 1939, Abb. 39 u. 40). Ungestörte Reste dieser Vermoorung findet man nur noch dort, wo sie unter den ehemals darüberliegenden Siedlungen den Kultivierungsmaßnahmen nicht zum Opfer fielen (Dittmer 1954), und an Stellen, an denen alte Rinnen in die Oberfläche eingetieft waren. Zwei solcher Rinnen sind auf unserem Plan erfaßt. Auch sie sind in den Bereichen unsichtbar, in denen die Ackerkrume erhalten ist; ein Zeichen dafür, daß sie schon vor Beginn der Kultivierungsmaßnahmen völlig verlandet und umgepflügt waren. Es sei jedoch erwähnt, daß in der näheren Umgebung auch Rinnen angetroffen wurden, in deren Füllungen von Schilftorf Gebrauchsgegenstände und sogar Ziegelsteine eingebettet waren; ein Beweis dafür, daß von Schilfrohr gesäumte Marschenpriele als letzte Reste einer natürlichen Entwässerung noch vorhanden waren.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182



Aufn. A. Bantelmann, 1939

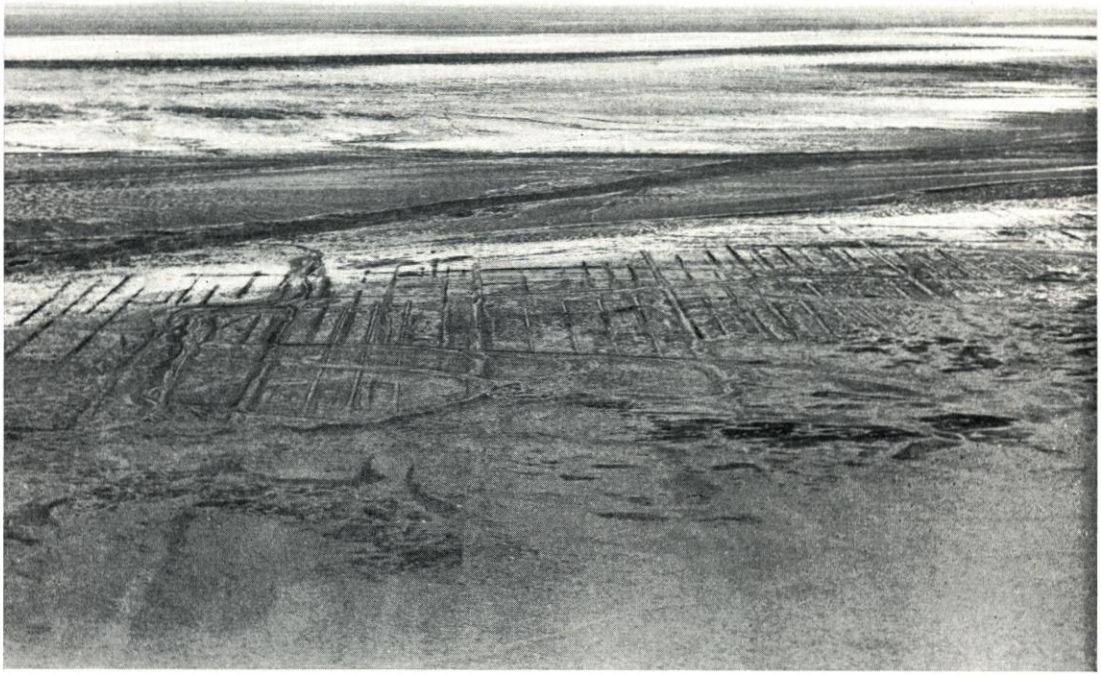
Abb. 27. Ackerland im Wattenmeer östlich von Hooge. Die Spuren liegen im Bereich des 1634 untergegangenen Dorfes Balum. Oberflächenhöhe etwa ± 0,0 m NN.



Aufn. A. Bantelmann, 1939

Abb. 28. Schnitt durch das auf Abb. 27 sichtbare Ackerland des untergegangenen Dorfes Balum. Die deutlich erkennbare Anwachsschichtung zeigt an, daß zur Zeit ihrer Entstehung — wahrscheinlich noch während des Mittelholozäns — ein Verlandung bis auf mehrere Dezimeter über den Stand des damaligen MThw erfolgte. Spuren einer späteren Vermoorung sind in unmittelbarer Nachbarschaft erhalten, auf den Ackerflächen jedoch infolge von Kultivierungsmaßnahmen verschwunden.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182



Aufn. D. König. Freigegeben: SH — 250 — 168

Abb. 29. Luftaufnahme von Kulturspuren am Rummelloch bei Niedrigwasser, Blick nach Norden (vgl. hierzu Abb. 25 und 26)

Auf dem Bild sind Teile des Grabensystems vom 1634 untergegangenen Kirchspiel Buphever auf Alt-Nordstrand sichtbar, die am Südrand des Rummelloches (dunkles Band auf der Bildmitte) freigespült wurden. Im Vordergrund ist der Verlauf der hier von jüngeren Wattablagerungen bedeckten Gräben noch schwach erkennbar. Auch unter der nördlich des Rummellochs sichtbaren hellen Oberfläche des „Hohen Sandes" ist das Kulturland der ehemaligen Kirchspiele Bupte, Osterwold und Westerwold weitgehend erhalten.

Die Frage nach der Ursache des Nebeneinanders eines alten und neuen Grabensystems läßt verschiedene Deutungen zu. Einmal können antropogen-soziologische Gründe vorgelegen haben, d. h. aus einer uns nicht bekannten Ursache kann eine Umgestaltung der vorhandenen Flureinteilung notwendig geworden sein, zum andern aber können landschaftbedingte Ursachen eine Rolle gespielt haben. Der Inhalt der älteren Gräben scheint zur Hauptsache eingeschwemmtes Material zu sein, das von einer anmoorigen Oberflächenschicht stammt. Es ist daher durchaus möglich, daß wir hier die Anzeichen einer Überflutungsphase vor uns haben, in der das Land zeitweilig ohne genügenden Deichschutz lag. Als nach erfolgter Wiederbedeichung das Entwässerungsnetz überholt wurde, kann durchaus ein teilweise neues Grabennetz gezogen worden sein, da die älteren Gräben ohnehin weitgehend aufgefüllt und außer Funktion gesetzt worden waren.

Durch Sodenringe ehemaliger Zisternen zeichnet sich im unteren Teil unseres Planes ein Siedlungsrest ab. Auf ihm ist eine ungefähr 16 m mal 50 m große rechteckige Fläche von einem über 5 m breiten Graben umgeben. Es handelt sich wahrscheinlich um einen ehemals erhöhten Hausplatz, für dessen Anlage das Erdreich aus dem „Graft" genannten Umfassungsgraben entnommen wurde. Die

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

Befunde zeigen, daß dieser Hausplatz — wahrscheinlich im Zusammenhang mit der Anlage des jüngeren Entwässerungssystems — über älteren Gräben und damit über älterem Kulturland errichtet wurde.

Die durch jüngste Abrasionsvorgänge unzerstörten Teile der alten Landoberfläche liegen in den von uns vermessenen Gebieten nördlich von Pellworm zwischen ±0,0 m NN und —0,17 m NN, es steht also heute zur Hochwasserzeit mehr als 1 m Wasser über ihnen. Diese alte Oberfläche ist unmittelbar überlagert von Wattsedimenten, die, wie der gute Erhaltungszustand der verschütteten Oberfläche zeigt, unmittelbar nach der Katastrophe abgelagert sein müssen. Die fast übergangslose Verwandlung des Kulturlandes in ein Wattgebiet zeigt deutlich, daß seine Oberfläche schon zur Zeit der Katastrophe im 17. Jahrhundert unter dem damals außendeichs auflaufenden MThw gelegen haben muß.

Schon diese summarische Schilderung macht deutlich, daß sich durch die genaue Betrachtung der im Watt auftauchenden Kulturspuren nicht nur ein Bild der Topographie des einst bedeichten Landes für die Zeit unmittelbar vor seinem Untergang gewinnen läßt, sondern darüber hinaus fast überall Anhaltspunkte vorliegen, die wichtige Schlüsse über das Aussehen der natürlichen Landschaft vor Einwirken der umgestaltenden Tätigkeit des Menschen, die Folgen dieses Einflusses sowie die Vorgänge während und nach der Zerstörung des Landes und deren Ursachen zulassen.

b. Hallig Nordstrandischmoor

Wie aus einer Eingabe der „nachlebenden Eigner" an den Herzog vom Jahre 1637 hervorgeht (Müller, Fr., Fischer, O. 1938, Nordstrand, S. 13), war das Gebiet des „Wüsten Moores", welches in seinem Kern vom Torfabbau und von Kultivierungsmaßnahmen durch die Bewohner der alten Insel verschont geblieben war und seinen Hochmoorcharakter bewahrt hatte, *„bei der unerhörten hohen Wassersfluth (des Jahres 1634) nicht gentzlich innundiert gewesen, welches daher zu ersehen, weil noch frisch wasser, frische Fische, als Hechte und Barsen, wie auch Hasen des orts verblieben"*. Diese Bemerkung ist ein Zeugnis dafür, daß innerhalb der Deichlinien der alten Insel zunächst selbst Wasserstände wie die der Großen Flut des Jahres 1634 nicht ausreichten, um dieses Hochmoor völlig zu bedecken. Wegen seiner hochgelegenen Oberfläche flüchteten sich eine Anzahl von Überlebenden aus der Umgebung auf das Moor, um von hier aus die verbliebenen Reste ihrer Ländereien zu nutzen.

Anton Heimreich (Nordfriesische Chronik II, 1819, S. 155 f.), gebürtiger Nordstrander und — wahrscheinlich seit dem Jahr 1652 — Prediger auf dem „Moor", gibt als Zeitgenosse u. a. folgende Schilderung von den Zuständen nach der Flut und von der Lage der überlebenden Bewohner, die ihrer Heimat treu geblieben waren:

> *„Es seyn aber gleichwohl ein Theil der übrig gebliebenen Leute annoch in ihren nachstehenden Häusern bewohnen geblieben, und haben dieselben bestermaßen durch Aufführung der Werfte, darauf sie wohnen, vor dem Wasser beschützet. Ein Theil aber derselben hat sich auf dem hohen Moor (darauf vomals niemand gewohnet, und welches auch vomals weder Gras noch Korn getragen) niedergelassen, und haben sie sich an den beiden Örtern von dem herrlichen Fischsegen, welcher der grundgütige Gott nach ergangener Fluth zum Unterhalt der armen Leute mildiglich bescheret, und den salzen Gräsungen in kümmerlichen Zeiten erhalten, worüber die Einwohner auf dem Moor ihre Nahrung mit Torfgraben gesuchet, auch ein wenig Land, so viel sie mit dem Spaten haben auf der wüsten Heide zu Baufeld zugerichtet umwenden können."*

Kurze Zeit später aber, und das ist wieder ein Anzeichen für das außerordentlich schnelle, vorwiegend örtlich bedingte Ansteigen der Wasserstände nach der Großen Flut im ehemals bedeichten Gebiet, muß die Mooroberfläche bei Sturmflutwetterlagen vom Salzwasser überspült und eine zunächst nur dünne Kleidecke über dem Torf abgelagert worden sein, die sich dann bei nachfolgenden Fluten ständig verstärkte. Gleichzeitig mit diesem Vorgang ging die Verdrängung der Moorvegetation durch Salzwiesenpflanzen vor sich. Der gleiche Ablauf, den wir für weiter zurückliegende Zeiträume

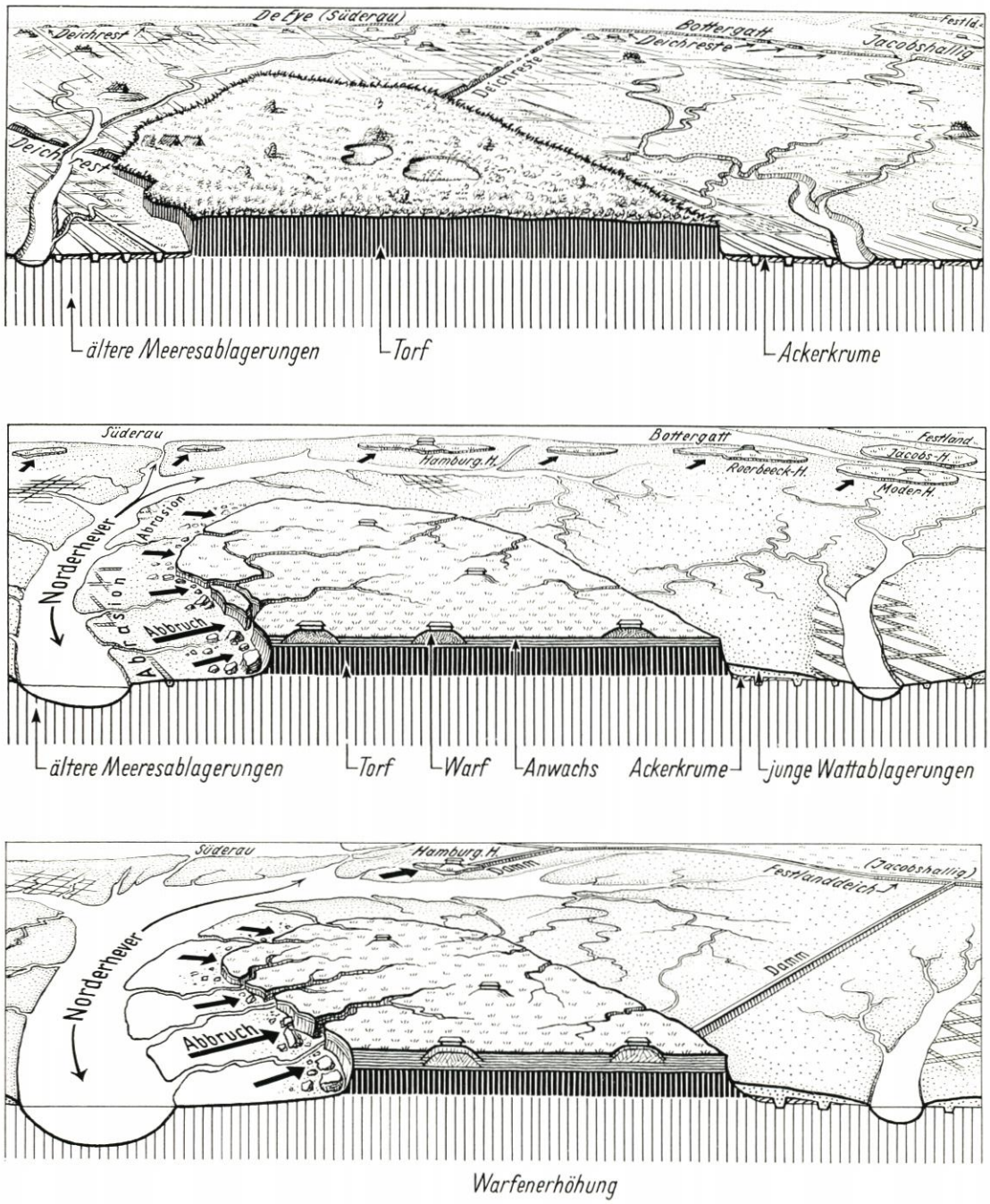


Abb. 30. Enstehung und Entwicklung der Hallig Nordstrandischmoor

Oben: Bis zum 17. Jahrhundert lag inmitten der Insel Alt-Nordstrand als einziger nichtkultivierter Teil ein Hochmoor, das „Wüste Moor" genannt. Als die Insel der Sturmflutkatastrophe des Jahres 1634 zum Opfer fiel, wurde das Moor nicht völlig überschwemmt. Flüchtlinge aus der Umgebung bauten ihre Notunterkünfte auf das hochgelegene Moorland.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

im Gebiet der nördlich von Alt-Nordstrand liegenden Halligen rekonstruieren konnten (vgl. Seite 70), erfolgte hier also, nunmehr durch zeitgenössische Berichte belegt, noch in der Neuzeit (nach 1634): Aus einem Hochmoorgebiet wurde in kurzer Zeit eine Hallig, deren Fläche sich, wie Augenzeugen mehrfach eingehend schilderten, in der Folgezeit durch Uferabbruch ständig verkleinerte (Abb. 30).

Auch die Lage der Wohnstätten mußte der schnellen Steigerung des Meereseinflusses angepaßt werden. Während die ersten behelfsmäßigen Behausungen wohl unmittelbar auf der Oberfläche des Moores, also als Flachsiedlungen, angelegt wurden, war man bald zum Aufwarfen gezwungen. In einem Bericht des Halliglehrers Christiansen (MÜLLER, FR. 1917, II, 334) aus den Jahren 1862/63, in dem er über Beobachtungen an Warfen schreibt, die im Bereich der Abbruchzone der Hallig lagen, heißt es u. a.:

> *„Die alten Werfte sind nur 6—8—10 Fuß senkrecht hoch gewesen, selbige sind in den zwei Jahrhunderten seit ihrer Aufbringung wohl gar von 4 Fuß an, was bei den alten Leken (Sodenbelag der alten Warfoberflächen) zu sehen, bis zur jetzigen Höhe seit 1825 gestiegen, welche 12 Fuß und darüber ist.“*

Das Ergebnis der Veränderungen seit 1634 ist die heutige Hallig Nordstrandischmoor, deren Bewohner in kürzester Frist von ackerbautreibenden Marschbauern zu Moorkolonisten und schließlich zu Halligleuten geworden waren (vgl. Abb. 30).

c. Hamburger Hallig (Abb. 31 und 32)

Anders war das Schicksal der am Außenrand der alten Insel „Strand“ (Abb. 21) gelegenen Vorländer und derzeitig jung bedeichten Köge mit hochliegender Oberfläche nach der Katastrophe. Ihres Anschlusses an das alte Kernland beraubt, lagen sie als eine Reihe von selbständigen Inseln im Wattenmeer (vgl. Abb. 23). Der größte Teil von ihnen fiel der ständig fortschreitenden Flächenverkleinerung durch Uferabbruch zum Opfer und verschwand im Laufe der Zeit vollkommen. Nur zwei haben sich bis in die Gegenwart halten können, die heutige Hamburger Hallig und die Pohnshallig, letztere seit 1923 ein Bestandteil der bedeichten Insel Nordstrand. Im Rahmen unserer Betrachtungen erscheint uns das Schicksal der Hamburger Hallig während der letzten 300 Jahre so aufschlußreich, daß wir ihre Geschichte kurz darlegen wollen.

Im Jahre 1624 wurde für ein vor den Kirchspielen Volgsbüll und Königsbüll an der Nordostküste von Alt-Nordstrand gelegenes Vorland vom König an G. von Hensebeck und J. Tickmaker die Bedeichungskonzession erteilt. Schon seit dem Jahre 1570 waren hier von Eingesessenen der Kirchspiele Bedeichungsmaßnahmen eingeleitet worden, die aber zugunsten einer Beseitigung der sich stark häufenden Sturmflutschäden an den alten Seedeichen der Insel eingestellt werden mußten. Es handelte sich demnach um Vorländer von beträchtlichem Alter und Reife und einer dementsprechend hochgelegenen Oberfläche.

Die genannten Inhaber der Konzession traten ihre Rechte an die Hamburger Kaufleute Rudolph und Arnold Amsinck ab, die schon im Jahre 1625 eine große Warf und ein ihren Ansprüchen genü-

---

Mitte: Da nach der großen Flut sowohl das MThw als auch die Sturmflutwasserstände in den zu Watt gewordenen Teilen der alten Insel schnell anstiegen, wurde auch die Oberfläche des Moores bei ungünstiger Wetterlage überflutet. Das bis dahin lebende Hochmoor starb ab, und über dem Torf erfolgte die Bildung von Anwachs; eine Salzwiesenvegetation trat an die Stelle der Moorpflanzen. Die erhöhte Überflutungsgefahr erforderte die Errichtung von Warfen. Die Neusiedler, einst Bauern einer bedeichten Insel, mußten sich auf die Wirtschaftsform der Halligen umstellen.

Unten: Im weiteren Verlauf der Entwicklung gleicht das Schicksal dieser jungen Hallig dem der älteren Halligen der Nachbarschaft: Mit einer Setzung der Torfschichten unter gleichzeitiger Zunahme der Anwachsschichten geht eine ständige Verkleinerung der Halligflächen einher. Die Bewohner sind genötigt, Setzungserscheinungen und Anstieg der Wasserstände durch Erhöhung ihrer Warfen auszugleichen. Die in Watt verwandelten Flächen des alten Kulturlandes der Umgebung waren einer fortschreitenden Zerschneidung ausgesetzt.

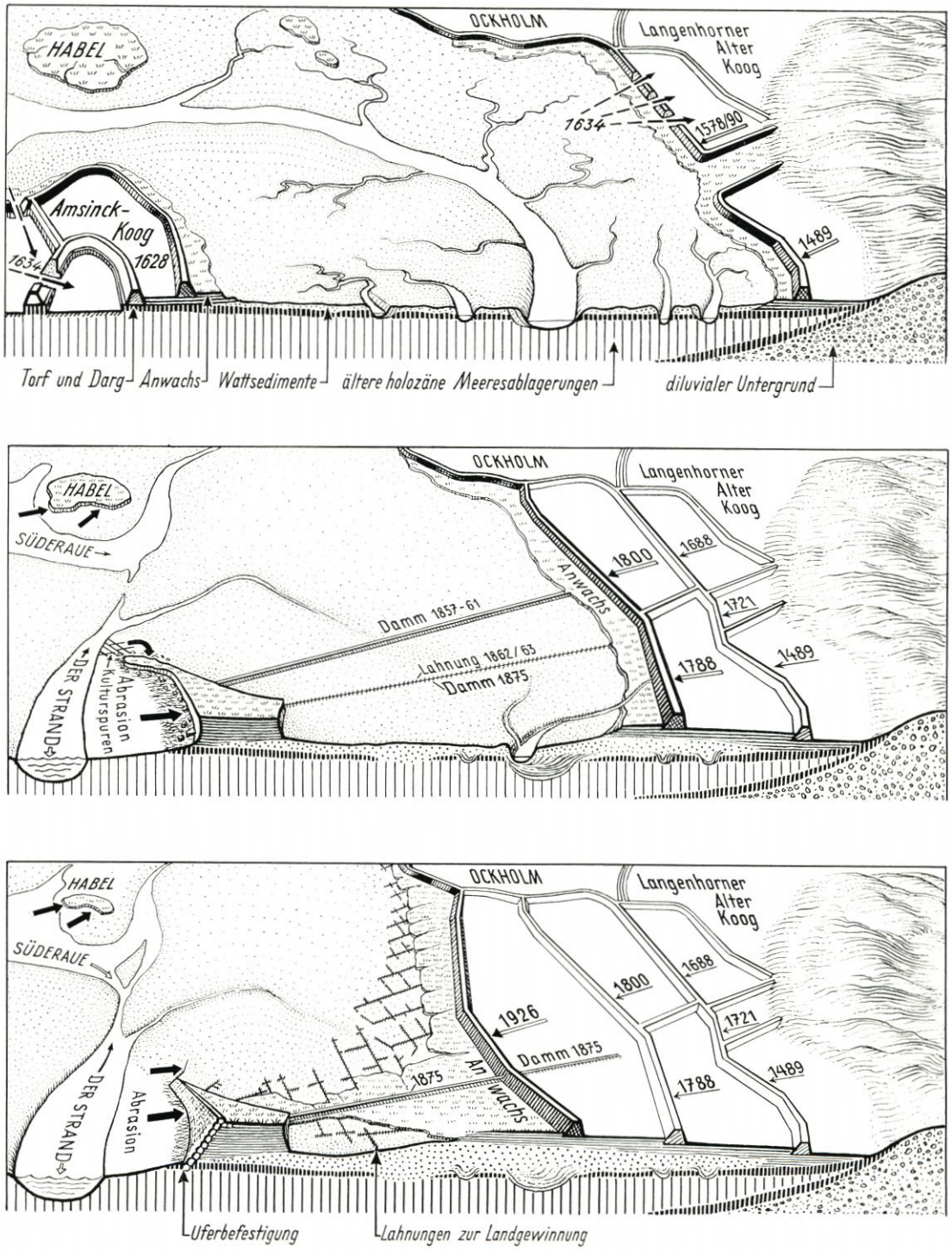


Abb. 31. Veränderungen im Raum der Hamburger Hallig während der letzten drei Jahrhunderte

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

gendes Haus auf dem damals — nach der Endsilbe der Namen der benachbarten Kirchspiele — „Bullingland" genannten Vorland errichten ließen. Die Bedeichung des Gebietes wurde 1628 abgeschlossen.

Im Katastrophenjahr 1634 scheint der Koog verhältnismäßig wenig gelitten zu haben. Arnold Amsinck blieb auch nach der Flut in seinem Hause wohnen und beteiligte sich an Wiederbedeichungsversuchen der unmittelbar angrenzenden Köge. Aus dem Inhalt eines Briefes an den Herzog geht hervor, daß noch im Jahre 1638 die Deiche des eigentlichen „Amsinck-Kooges", wie er jetzt genannt wurde, in gutem Zustand gehalten wurden. Inzwischen aber hatte sich das westlich angrenzende Gebiet des altbesiedelten Landes („Strand", vgl. Abb. 31) schon weitgehend in Watt verwandelt.

Aus Äußerungen Heimreichs (II. 1819, S. 104 f.) geht hervor, daß die Amsincks

> *„noch etliche Jahre mit Deichen angehalten, bis sie endlich nach erschöpftem Vorrat (maßen darin über die 200 000 Rthl. seyn sitzen geblieben, wie H. A. Amsinck mir den 24. Jun. A. 1655 selber hat erzählet) dessen müde geworden".*

Schon vor dem Tode A. Amsincks — er starb 1658 auf seinem Besitz — wird demnach auch hier der Prozeß der endgültigen Zerstörung der Deiche begonnen haben. Infolge der hohen Oberflächenlage ging jedoch das Land nicht unter, sondern verwandelte sich in eine Hallig, die noch im Jahre 1705 „Ambsinger Hallig" genannt wurde. Das große Haus auf der Warf wurde schon drei Jahre nach dem Tod Amsincks durch ein kleineres ersetzt, an diesem hielt sich im Namen „Hamburger Hus" die Erinnerung an die Heimatstadt der ersten Besitzer. Erst später wurde die Bezeichnung auf das Halligland übertragen.

Diese Hallig, die im Westen ihres Schutzes beraubt und im Osten durch breite Gezeitenrinnen und weite Wattflächen vom Festland getrennt war, erlitt zunächst das noch mehrfach zu erwähnende Schicksal aller übrigen Halligen. Sie wurde durch Abbruch, insbesondere an den Luvseiten, flächenmäßig laufend verkleinert und, vermutlich infolge Ausweitung eines größeren Grabens zu einem Priel, sogar in zwei Teile zerrissen. Gleichzeitig aber wurde die begrünte Oberfläche durch Sturmflutsedimentation ständig höher gelegt.

Allmählich aber änderten sich die Verhältnisse an der gegenüberliegenden Festlandsküste. Bis 1634 waren hier die Sedimentationsbedingungen für die Bildung neuen Landes in Lee der alten Insel außerordentlich ungünstig gewesen. Der Bredstedter Geest war nur ein schmaler Marschsaum vorgelagert, vor dessen Deichfuß sich trotz der günstigen Gestalt der Festlandsküste und trotz der vor ihr liegenden hohen Watten aus Mangel an Sedimentzufuhr kaum Anwachs zeigen wollte. Versuche,

---

Oben: Im Jahre 1628 wurde ein über älteren Meeresablagerungen aufgewachsenes Vorland am Nordostufer der Insel Alt-Nordstrand durch die Hamburger Familie Amsinck bedeicht. Vom damals nur schmalen Marschsaum des Festlandes war der Amsinck-Koog durch einen breiten, von Prielen zerschnittenen Wattgürtel getrennt. Durch die Flut von 1634 wurden die altbedeichten Teile Alt-Nordstrands in Wattgebiete verwandelt. Seines Schutzes im Westen beraubt, konnte der junge Koog noch einige Jahre als kleine bedeichte Insel gehalten werden.
Mitte: Nach Verlust des Deichschutzes verwandelte sich der ehemalige Amsinck-Koog dank seiner hochliegenden Oberfläche in eine Hallig. Westlich davon macht im Gebiet der untergegangenen Teile der ehemaligen Insel Alt-Nordstrand die Zerschneidung infolge der größeren Tiefenlage schnelle Fortschritte. Die Folge war ein raumbedingtes schnelles Ansteigen des MThw und eine verstärkte Abrasion verbunden mit einer Verfrachtung von Sinkstoffen (im Schnitt punktiert) in den Raum östlich der „Hamburger Hallig". Neulandbildungen ließen die Festlandküste so weit westwärts wachsen, daß in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts zur weiteren Unterstützung der Verlandung Verbindungsdämme und -lahnungen zur Hallig gebaut werden konnten.
Unten: Heute ist die Anwachszone des Festlandes dank erneuter Vorverlegung der Deichlinien und planmäßiger Landgewinnungsmaßnahmen bis an die Ostseite der Hallig vorgedrungen. Die Hallig, die von ihrem Ursprungsgebiet, dem Amsinck-Koog, durch Abbruch im Westen und Verlandung an der Ostseite langsam ostwärts gewandert ist, bildet die Spitze einer Halbinsel des Schleswiger Festlandes. Die Wasserstände sind weiter angestiegen, die Sedimentationshorizonte haben sich entsprechend erhöht. Infolge fortgesetzter Zerschneidung der untergegangenen Flächen der Insel Alt-Nordstrand hat die Norderhever, in ihrem nördlichsten Teil „Strand" genannt, inzwischen westlich der Hallig die Wattscheide zur Süderau durchbrochen.

die gesamte Wattbucht zwischen dem Hattstedter Neuen Koog im Süden und Ockholm bzw. dem Sterdebüller Neuen Koog im Norden insgesamt einzudeichen, ohne ihre Verlandung abzuwarten, wurden vom Beginn des 17. Jahrhunderts an zweimal unternommen, ohne zu einem Erfolg zu führen (FISCHER, O. 1955, Bd. 2, S. 203 ff.).

In der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts zeigte sich auch vor den Geestrandkögen eine Anwachsbildung, die sich sehr bald so günstig gestaltete, daß in der flachen Bucht vor Bredstedt zwischen den Jahren 1742 und 1800 in schneller Aufeinanderfolge die vier Reußischen Köge mit etwa 3500 Demat Nutzfläche bedeicht werden konnten.

Es ist offensichtlich, daß diese Entwicklung ursächlich mit der Vernichtung Alt-Nordstrands zusammenhängt. Vor 1634 verband im Gebiet zwischen Festland und Insel ein ausgesprochener Ringstrom, in seinem mittleren Teil „Bottergatt" genannt, das Prielsystem der Hever im Süden mit dem der Süderaue im Norden. Dieser Stromverlauf parallel zur Küste, dazu noch in Lee der großen Insel, wirkte sich auf die Anwachsbildung wenig günstig aus.

Nach der Zerstörung Alt-Nordstrands und der nachfolgenden Zerschneidung der ehemaligen Inselflächen wurden nicht nur große Sedimentmassen in Bewegung gesetzt, es traten außerdem allmählich grundlegende Veränderungen im Bild der einzelnen Prielsysteme und Ausdehnungsbereiche ein. So wurde das erwähnte Bottergatt seines Charakters als Ringstrom beraubt. Vom Südwesten her drang das System der heutigen Norderhever quer durch das ehemalige Inselgebiet bis in Festlandsnähe vor. Die Entwicklung führte einmal dazu, daß das Gebiet der Hamburger Hallig nun nicht mehr wie vor 1634 durch ein Tief vom Festland getrennt war und zum anderen, daß die bei den Veränderungen aufgearbeiteten Sedimente durch das nunmehr nach Nordost gerichtete Rinnensystem ungehindert bis zur Festlandsküste transportiert werden konnten.

Diese langsam verlaufende Änderung der Verhältnisse hatte für die Hamburger Hallig vom 18. Jahrhundert an günstige Auswirkungen. In einem Bericht der Stallerschaft Nordstrand an den König, aus dem Jahre 1825, über die Auswirkungen der Februarflut des gleichen Jahres heißt es u. a.

> *„daß die Hamburger Hallig bei dem Abnehmen der übrigen Halligen an Ausdehnung gewinnt und, wenn nicht besondere Umstände eintreten, sich ihre Vergrößerung und die allmähliche Anschließung an die eingedeichten Köge sich eher als das gänzliche Verschwinden derselben denken läßt".* (MÜLLER, FR., 1917, II, S. 233.)

Da an einem ständigen Uferabbruch im Westen nicht zu zweifeln ist, kann in diesem Satz nur die Andeutung einer Anlandung an der Ostseite der Hallig gesehen werden. Bestätigt wird die Vermutung eines fortlaufenden Abbruchs im Westen durch eine im gleichen Schreiben gemachte Bemerkung, nach der die alte Warf vor wenigen Jahren aufgegeben und eine neue an einer Stelle errichtet worden war, von der sie *„nach Jahren nicht wieder auf einen anderen Platz verlegt zu werden braucht"*. Die Halligfläche wanderte somit langsam ostwärts. Während noch im Jahre 1836 auf der Hallig *„Rudera des angefangenen Deiches"* (MÜLLER, FR. 1917, II, S. 230) — gemeint ist der unter den Gebr. Amsinck aufgeworfene Seedeich — zu sehen gewesen sein sollen, liegt alles heutige Halligland schon östlich dieser Deichlinie.

Die Höhenlage von Ackerspuren und Grabenresten, die L. MEYN 1870 vor und unter der heute völlig zerstörten Nordwestspitze der Hallig antraf, beweist, daß im Laufe der letzten Jahrhunderte nicht nur eine seitliche Verlagerung des Landes stattgefunden hat, sondern daß seine Oberfläche, ebenso wie die der übrigen unbedeichten Flächen im Untersuchungsgebiet, durch Aufwuchs infolge Sturmflutsedimentation beträchtlich an Höhe gewann.

Ermutigt durch den günstigen Stand der Landgewinnung wurde im Jahre 1850 der Entwurf zum Bau einer Verbindungslahnung vom Vorland des Luisen-Reußen-Kooges nach der Hamburger Hallig eingebracht. Ausschließlicher Zweck der Maßnahme war, wie sich aus den schriftlichen Unterlagen ergibt, die Festlandsküste mit der vorgelagerten Insel wegen der günstigen Beeinflussung der Anwachsbildung durch Kunstbauten zu verbinden (MÜLLER, FR. 1917, II, S. 235).

Obwohl die nach der Anregung durch den Entwurf zunächst vom Festland und später auch von

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182



Aufn. Vermessungsbüro Rüpke, Hamburg. Freigegeben: L.A.H. 700 077

Abb. 32. Luftbild des Raumes um die Hamburger Hallig

Das Gebiet der Hamburger Hallig hat seit dem 17. Jahrhundert eine wechselvolle Entwicklung durchlaufen, die auf Abb. 31 dargestellt ist.

Auf dem Luftbild ist rechts ein Teil des 1926 eingedeichten Sönke-Nissen-Kooges sichtbar, davor, halbinselförmig nach Westen vorstoßend, durch Lahnungen und Grüppel der Landgewinnungsmaßnahmen gekennzeichnetes Vorland, an dessen Westspitze der Halligkörper liegt. Westlich der Hallig sind Wattflächen an die Stelle des einst hier liegenden Kulturlandes getreten. Die links oben im Bild sichtbare Gezeitenrinne, „Strand" genannt, ist der Teil der im ehemaligen Inselbereich schnell vordringenden Norderhever, durch den im Verlauf des letzten Jahrhunderts ein sich stark erweiternder Durchbruch zum Rinnensystem der Süderaue erfolgte. Dem Bild entspricht die jüngste der auf Abb. 31 dargestellten Phasen.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

der Hallig aus vorgetriebenen Lahnungen infolge dauernder Brüche im Mittelfeld nicht ganz vereinigt wurden, zeigte sich bald ihr großer Nutzen für die Landgewinnung. Nachdem eine leicht gebaute Verbindung unter günstigeren Verhältnissen weiter südlich vom ersten Bauvorhaben hergestellt werden konnte, wurde die Hallig schließlich in den Jahren 1874/75 durch einen soliden Damm, dessen Erdkern beiderseits durch Buschlagen gesichert war, mit dem Festland verbunden.

In der Folgezeit gestalteten sich die Anlandungsverhältnisse weiterhin günstig. Die Linie der Außendeiche des Festlandes rückte durch Gewinnung des Cäcilienkooges (1905) und des Sönke-Nissen-Kooges (1926) nochmals erheblich näher. Schließlich wuchsen beiderseits des Verbindungsdammes zwischen der Hallig und dem Festland breite Streifen grünen Vorlandes an, so daß die Hallig — seit 1883 an ihrer Seeseite durch eine Steindossierung vor weiterem Abbruch geschützt — heute als Spitze einer nach Westen vorspringenden Halbinsel ein Bestandteil des Festlandes ist (Abb. 32).

Wir können demnach für den Raum der heutigen Hamburger Hallig vier völlig voneinander abweichende Entwicklungsphasen unterscheiden:

1. Phase: Unbedeichtes Vorland an der Ostseite einer großen, heute nicht mehr vorhandenen Insel („Strand").
2. Phase: Durch Seedeich geschützter Koog, zum Deichverband der alten Insel „Strand" gehörend.
3. Phase: Völlig isoliert liegende kleine unbedeichte Insel mit Halligcharakter.
4. Phase: Als Westspitze einer Halbinsel Bestandteil des einst weit entfernt liegenden Festlandes.

Diese mehrfache Verwandlung, von der die drei letzten Phasen auf Abbildung 31 dargestellt sind, zeigt besonders eindrucksvoll die Dynamik des Geschehens im Untersuchungsgebiet und die innige Verquickung der in ihm landschaftgestaltend wirkenden Faktoren, der Naturgewalten einerseits und des tätigen Menschen andererseits.

d. Hallig Südfall (Abb. 33—35)

Innerhalb der Bucht, um die sich hufeisenförmig das alte Nordstrand von vor 1634 legte, müssen nach den vorliegenden Berichten etwa sieben Kirchspiele, die damals ebenfalls den bedeichten Teilen der Insel „Strand" angehörten, den Sturmfluten des 14. Jahrhunderts, insbesondere der des Jahres 1362, zum Opfer gefallen sein (Hansen, R. 1891, S. 1 f.). Das bekannteste dieser Kirchspiele ist das sagenumwobene Rungholt.

Reste untergegangenen Landes sind im Bereich der ehemaligen Bucht an verschiedenen Stellen festgestellt worden. Insbesondere die Kulturspuren im Wattgebiet um die Hallig Südfall gehören dank der unermüdlichen Tätigkeit des Nordstrander Bauern Andreas Busch zu den bestbekannten des gesamten nordfriesischen Raumes. Die von Busch geschriebenen, von nüchterner Beobachtung zeugenden Berichte sollen im folgenden für unsere Fragestellung nach dem Ablauf der Veränderungen in diesem Gebiet und ihren mutmaßlichen Ursachen als Unterlage dienen. (Die wichtigsten Arbeiten von A. Busch sind im Literaturverzeichnis aufgeführt.)

Die Hallig Südfall — eine jüngere Bildung über altem Kulturland — erlitt das Schicksal des übrigen von uns erwähnten Halliglandes: eine fortlaufende Verkleinerung ihrer Fläche durch Uferabbruch, den auch ein geringer Landanwachs an der Ostseite nicht auszugleichen vermochte. Besonders kennzeichnend für diese Entwicklung ist das Schicksal der Hallig und ihrer Bewohner im 19. Jahrhundert. Im Jahre 1804, zur Zeit der genauen Vermessung durch Harcksen, waren noch drei Warften vorhanden. Von ihnen trugen die Norder- und Osterwarft insgesamt sieben Wohnstätten, während die Süderwarft zu der Zeit bereits unbewohnt in der Abbruchkante lag. Während der Sturmflut des Jahres 1825 ertranken sämtliche auf der Hallig anwesenden Bewohner. Lediglich der Halligbauer Peter Christiansen mit seiner Familie entging diesem Schicksal, der bereits im November 1824 in seinem Boot ans Festland flüchten mußte, da während eines Sturmes sein Haus auf einer kurz vorher

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

von ihm neu errichteten Warf zusammengebrochen war. Während des Winters hatte er dann auf Pellworm Unterschlupf gefunden. Es ist bezeichnend für die Haltung der Halligleute, daß er bereits wenige Jahre nach der Katastrophe des Jahres 1825 und trotz der nach Südwest — der Hauptwindrichtung — außerordentlich exponierten Lage der Hallig zwischen Heverstrom und Norderhever

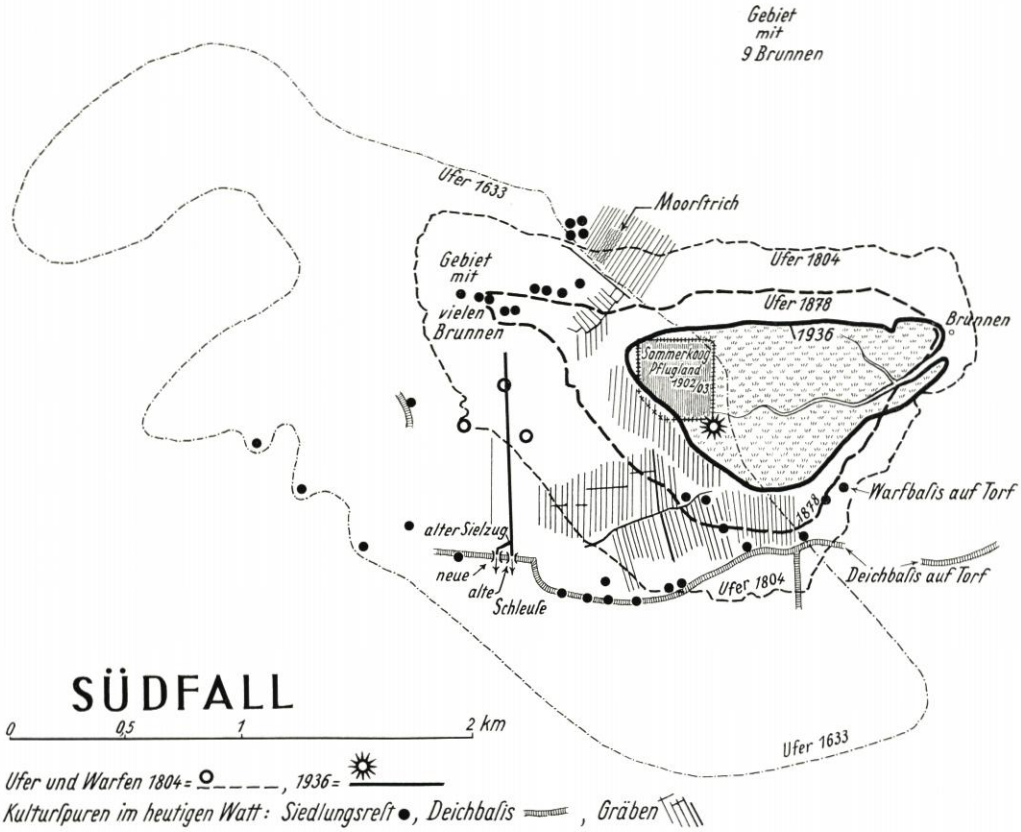


Abb. 33. Entwicklung der Hallig Südfall (nach A. Busch 1963)

Die heutige Hallig ist eine junge Bildung, die über dem durch die große Flut von 1362 vernichteten Kulturland aufwuchs. Sie lag als schützende Decke über den Spuren der alten Besiedlung. Die ständige Flächenverringerung durch Uferabbruch, verbunden mit einer Ostverlagerung infolge Anwachsbildung an der Ostseite, ließ die Zeugnisse alter Besiedlung wieder sichtbar werden.

als allein übriggebliebener Bewohner auf seine von ihm inzwischen erhöhte neue Warf zurückkehrte. Die drei älteren Warften aber wurden nicht wieder bebaut und sind heute längst der Zerstörung zum Opfer gefallen.

Die von A. Busch (1952 u. 1963) dargestellten vier Phasen der Ausdehnung des Halliglandes in den Jahren 1633, 1804, 1878 und 1936 (Abb. 33) zeigen anschaulich das Ausmaß der Flächenverkleinerung in den letzten 300 Jahren. Wesentlich jedoch für die Vorgänge der Landschaftsentwicklung in weiter zurückliegenden Zeiträumen sind die im Wattgebiet um Südfall gemachten Beobachtungen. Während die Halligoberfläche in der Nähe des Westufers heute etwa auf + 2,00 m NN liegt, zeigen sich auf Abrasionsflächen in der Umgebung die Reste eines alten Kulturlandes in einer Höhe von etwa — 0,85 m NN (Abb. 33). Dieses alte Land ist von einem planmäßig angelegten Netz

geradlinig verlaufender Entwässerungsgräben durchzogen, die Pflug- und Wiesenlandflächen begrenzen. Neben den Resten zahlreicher Siedlungsstätten wurden auch die Spuren ehemaliger Deiche und sogar solche von Entwässerungsschleusen durch BUSCH festgestellt. Während in der Zeit unmittelbar vor der Vernichtung humoser Klei die Krume des eigentlichen Kulturlandes bildete, die nach unten in einen festen bläulichen Klei überging, zeigen sich auf den Flächen, die ehemals durch Deich- oder Warfaufschüttungen bedeckt gewesen waren, die Reste einer Torfschicht (Abb. 22). Dieses Vorhandensein von anstehendem Torf zeigt deutlich, daß die ersten Siedler in diesem Gebiet eine mit Niederungsmooren bedeckte Landschaft vorfanden. Im Verlaufe der Besiedlung wurde der Torfhorizont auf landwirtschaftlich genutztem Land hier ebenso wie in weiten Teilen des übrigen Strandes durch Kulturmaßnahmen vernichtet. Durch diesen Vorgang wurde die Oberfläche des hier unter Deichschutz liegenden Landes um den Betrag erniedrigt, welcher der örtlich wechselnden Mächtigkeit des Torfhorizonts entspricht. Im Raume Südfall haben die Kultivierungsmaßnahmen begonnen, bevor die Torfschicht infolge des vordringenden Meereseinflusses bei Sturmfluten mit einer Anwachsschicht von nennenswertem Ausmaß bedeckt wurde. Dieser Befund ist typisch für einen großen Teil des innerhalb der umfassenden Bedeichung des alten Strandes liegenden Gebiets. Er steht im Gegensatz zu den im Bereich der nördlichen Halligen angetroffenen Verhältnissen, wo der Torfhorizont mehr oder minder gut erhalten ist und die Besiedlung in einem Stadium erfolgte, als hier bereits der mit einer Salzwiese bestandene Anwachs die Torfschichten bedeckte (vgl. S. 73 u. 88). Unmittelbar über dem alten Kulturland liegen nach den Beobachtungen von A. BUSCH (1963) jüngere Wattsedimente, in denen die Schalen der Pfeffermuschel in Lebendstellung stecken. Ein sicherer Beweis dafür, daß diese Sedimente unter dem MThw abgelagert wurden. BUSCH schätzt die Mächtigkeit dieses Sediments auf 41 cm, es wird im Bereich der heutigen Hallig von einer mehr als 2 m mächtigen Anwachsschicht überlagert. Aus diesem Befund ist abzuleiten, daß sich das alte Kulturland nach der Zerstörung der schützenden Deiche (BUSCH 1960) unmittelbar in ein Wattgebiet verwandelte und täglich zweimal vom Salzwasser der Nordsee bedeckt wurde. Die Landoberfläche hat also zu diesem Zeitpunkt bereits unter dem damaligen örtlichen MThw gelegen.

Erst nachdem die schützende Decke der Wattablagerungen, welche, nach dem ausgezeichneten Erhaltungszustand der Kulturreste zu urteilen, sich hier sehr schnell ausgebreitet haben muß, über die Höhe der täglichen Flut aufgewachsen war, entstand wiederum begrüntes Land. Diese neu gebildeten Flächen hatten wegen des fehlenden Deichschutzes nunmehr jedoch Halligcharakter. Die Wiederverlandung geschah nach der Meinung von BUSCH wahrscheinlich im Schutze hoch gelegener und daher nicht mit untergegangener Außendeichsländereien der alten Insel.

Aus den bisher geschilderten Befunden ist auf ein starkes Ansteigen des örtlichen MThw — nach BUSCH etwa 1,80 m in 600 Jahren — zu schließen, wie es uns mehr oder weniger stark auch in den übrigen von uns behandelten Teilen des nordfriesischen Wattenmeeres begegnete. Während wir jedoch bisher nicht imstande waren, den Anteil verschiedener möglicher Faktoren zu bestimmen, die diesen Anstieg verursacht haben könnten, wie das weltweite Ansteigen der Meereswasserstände, die Vergrößerung des Tidenhubs infolge Veränderung der Küstengestalt und endlich die vielerorts sicher beträchtliche Setzung der Torf-, Darg- und Gyttjaschichten, so besitzen wir dank der Tätigkeit von ANDREAS BUSCH aus dem Raum von Südfall Beobachtungen, die uns möglicherweise Anhaltspunkte auch über die Höhenlage des MTnw während der mittelalterlichen Besiedlung des alten Kulturlandes und damit über die mutmaßliche Größe des Tidenhubs zu dieser Zeit geben können.

BUSCH entdeckte im Jahre 1921 in der Basis eines wahrscheinlich bereits im 14. Jahrhundert zerstörten Deiches (Abb. 34) die Überreste zweier Entwässerungsschleusen, von denen inzwischen genaue Vermessungsergebnisse vorliegen. Aus den Befunden geht hervor, daß die ältere der beiden außer Funktion gesetzt wurde, nachdem eine zweite von größeren Ausmaßen gebaut worden war (WOHLENBERG 1961, BUSCH, A. 1963). Der Kammerboden der älteren Schleuse liegt mit — 1,30 m NN nur 0,45 m unter der Oberfläche des durch sie entwässerten alten Kulturlandes (Höhenlage — 0,85 m NN). Der Nutzen des dieser Schleuse angeschlossenen Entwässerungssystems kann demnach nur verhältnis-

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

mäßig gering und — gleiche Höhenlagen der alten Kulturlandoberfläche auch in größerer Entfernung vorausgesetzt — lediglich auf einen räumlich ziemlich eng begrenzten Bezirk beschränkt gewesen sein.

Für unsere Betrachtung ist von größter Wichtigkeit, daß der Kammerboden dieses vermutlich über 600 Jahre alten Bauwerkes noch etwa 0,30 m über dem Stand des heutigen MTnw liegt (Abb. 34 und 34a). Wenn das von BUSCH errechnete Ansteigen des MThw von 1,80 m in sechs Jahrhunderten

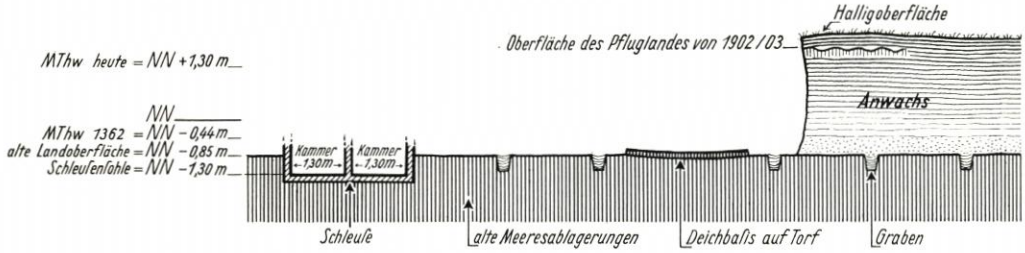
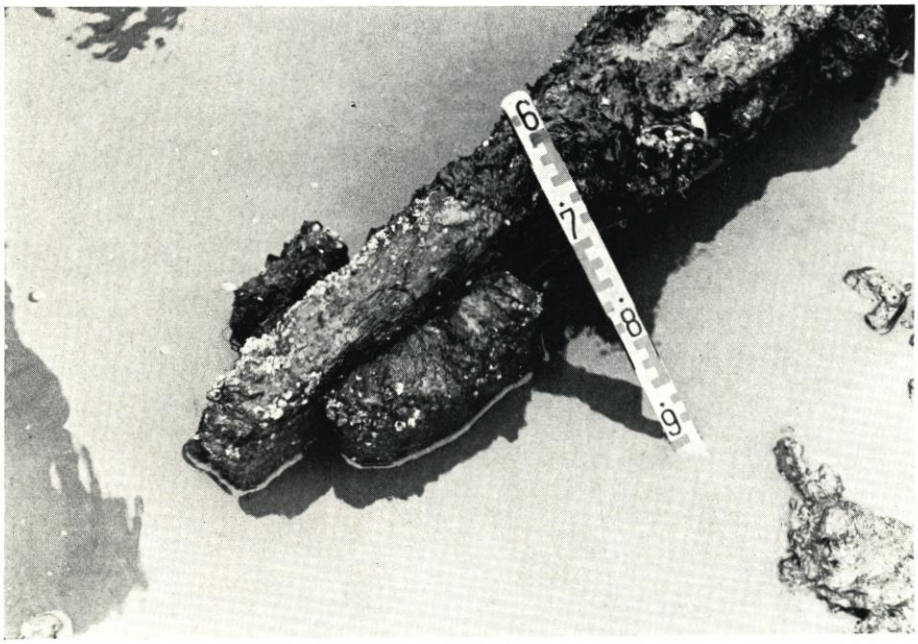


Abb. 34. Schematischer Schnitt durch das Südfallgebiet nach den Angaben von A. BUSCH (1963)

Der Schnitt zeigt den Höhenunterschied zwischen den Oberflächen des mittelalterlichen Kulturlandes und der heutigen Hallig, bedingt durch das links dargestellte Ansteigen des MThw in den letzten 600 Jahren. Im Text ist die hohe Lage der alten Schleusensohle kritisch beleuchtet.



Aufn. E. WOHLENBERG

Abb. 34a. Der Hauptbalken vom Kammerboden der jüngeren „Rungholt"-Schleuse, nach 600 Jahren noch an Ort und Stelle im gezimmerten Verband (aus WOHLENBERG 1961).

auf einen gleich starken allgemeinen Anstieg des Meeresspiegels zurückzuführen wäre, d. h. der örtliche Tidenhub (gegenwärtig etwa 2,85 m) sich nicht verändert hätte, so müßte auch das MTnw um den gleichen Betrag von 1,80 m gestiegen sein. Unter den genannten Umständen aber hätte die Schleusensohle im 14. Jahrhundert etwa 2 m über dem damaligen MTnw gelegen. Selbst wenn man annimmt, daß die Vorflut im Außendeichsgebiet schlecht war oder man eine zu tiefe Lage des Schleusendrempels

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

wegen des damit verknüpften schwierigen Unterhalts scheute, sind derartige Verhältnisse angesichts der augenscheinlich vorhandenen Entwässerungsschwierigkeiten, die wohl sogar zur Anlage einer neuen Schleuse führten, unglaubwürdig.

Die geschilderten Befunde im Wattgebiet von Südfall scheinen vielmehr dafür zu sprechen, daß der örtliche Tidenhub zur Zeit der Anlage der Schleuse erheblich geringer war als in der Gegenwart. Der genannte Anstieg des MThw wird somit zu einem wesentlichen Teil der Vergrößerung des Tidenhubs im Zusammenhang mit einer Veränderung der Küstengestalt zuzuschreiben sein.



Aufn. A. Busch, 1935

Abb. 35. „Moderne" Pflugfurchen auf Südfall, 1902 vom Halligbauern W. Carstensen gepflügt. Später sind die Schollen mit Sturmflutsedimenten bedeckt worden. Nach 1930 ist die inzwischen abgelagerte Anwachsschicht an exponierten Stellen durch die Brandung wieder abgespült. Dieses Pflugland liegt etwa 2,50 m über dem auf Abb. 8 sichtbaren Kulturland des 14. Jahrhunderts.

Ein Vergleich mit den auf dem wikingerzeitlichen Wohnplatz von Elisenhof vorgefundenen Verhältnissen macht deutlich, daß die letztgenannte Siedlung im Uferbezirk einer Trichtermündung angelegt wurde. Sie liegt heute noch in einer ähnlichen landschaftlichen Umgebung wie zur Zeit ihrer Entstehung. Dort also brauchen wir keine auch nur annähernd so starke Veränderung des Küstenverlaufs und der Küstenverhältnisse und somit auch des Tidenhubs anzunehmen wie in dem Raum von Südfall. Daraus können wir schließen, daß der bei Elisenhof geschätzte Anstieg des MThw von 0,70 m in etwa 1200 Jahren mit größerer Wahrscheinlichkeit einem allgemeinen Anstieg der Meereswasserstände zugeschrieben werden kann als die bei Südfall von Busch genannten Zahlen (vgl. hierzu Abb. 9).

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

2. Veränderungen im Raume der nördlichen Halligen

Der ehemaligen Küstenlinie des alten Nordstrands von vor 1634 sind im Norden und Nordwesten eine größere Anzahl inselförmiger Marschflächen vorgelagert, die wir unter dem Namen „nördliche Halligen" zusammenfassen. Da Landschaftsgeschichte und Besiedlungsverhältnisse in diesem Raum von denen der einst bedeichten Gebiete erheblich abweichen, sollen sie im folgenden einer eingehenderen Analyse unterworfen werden.

a. Hallig Habel (Abb. 36—41)

Eine für unsere Betrachtungen aufschlußreiche Entwicklung hat der Raum um die heutige Hallig Habel durchlaufen. Der Chronist A. HEIMREICH (I, 1819, S. 189), der in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts wirkte, erwähnt, daß das Kirchspiel Habel in der großen Flut des Jahres 1362 zerstört wurde. Diese Angaben werden insofern durch den „*Catalogus Vetustus*" bestätigt, als in ihm „Habeld" als Kirchspiel der Beltringharde aufgeführt wird. Aus mehreren Quellen (HEIMREICH, PETREUS) geht ferner hervor, daß die überlebenden Bewohner nach 1362 in das Kirchspiel Bupte auf Alt-Nordstrand eingepfarrt wurden. Als im Jahre 1634 auch dieses Kirchspiel den Fluten zum Opfer fiel, mußten die Bewohner Habels der Gröder Kirche angeschlossen werden. Der Besuch dieser Kirche wurde ihnen durch die Tatsache erleichtert, daß deren Standort, der sich ursprünglich in der Nähe des heute zu Langeneß gehörenden Buthwehl befand, infolge der fortschreitenden Uferabbrüche (Abb. 23) mehrfach in östlicher Richtung verlegt werden mußte und dadurch immer näher an Habel heranrückte.

Aus den erhaltenen Urkunden geht hervor, daß sich zur Zeit des PETREUS (um 1600) auf Habel noch „3 oder 4 Häuser" befanden. Unter „Häusern" müssen in diesem Falle Warfen verstanden werden, die jede mehrere Wohnstätten tragen konnte. Im Jahre 1770 ernährte das Eiland noch sieben Familien. Als in den Jahren 1802—1805 die erste genauere Vermessung der Halligen durch F. R. HARCKSEN durchgeführt wurde, bestanden noch zwei Warfen, die Norder- und Süderwarf, mit insgesamt sieben Wohnstätten (vgl. Abb. 38). Bis zum Jahre 1905 hatte die Fläche so weit abgenommen, daß nur noch die Norderwarf von einem alten Ehepaar bewohnt wurde. Damals wuchs auf der Hallig Futter für acht Rinder und 32 Schafe. Im gleichen Jahre wurde die Hallig vom preußischen Staat angekauft und an den letzterwähnten Bewohner, den Halligbauern Nommensen, verpachtet. Nach dessen Fortzug blieb das Land ohne ständige bäuerliche Betreuung*).

Heute ist die etwa 650 m lange und im Mittel etwa 100 m breite Hallig durch Uferschutzbauten vor weiterem Abbruch geschützt, jedoch ist die verbliebene Fläche für eine landschaftliche Dauernutzung zu klein.

Systematische Untersuchungen im Wattgebiet von Habel (BANTELMANN, A. 1939, S. 70 ff.), die sich infolge der ständigen Veränderungen über fast drei Jahrzehnte erstreckten und noch nicht abgeschlossen sind, zeigen mit aller Deutlichkeit, daß die heutige Hallig genaugenommen nicht der letzte Überrest des ehemaligen Kirchspiels „Habeld" ist. Dessen Reste kommen im Wattgebiet der Umgebung auf Abrasionsflächen vielerorts zum Vorschein. Spuren des ehemaligen Kulturlandes dieses Kirchspieles finden sich auch unter dem heutigen Halligsockel. Der Rasen der Hallig aber liegt in der Gegenwart etwa 3 m über der Oberfläche des alten kultivierten Landes von vor 1362. Da die marschenarchäologischen Untersuchungen wesentliche Einzelheiten über das Schicksal des Landes im Raume Habel im Verlaufe des letzten Jahrtausends erbrachten, die weit über das spärliche Material

*) Das letzte noch erhaltene Hallighaus auf der Norderwarf wird vom Marschenbauamt Husum unterhalten und dient in den Sommermonaten gelegentlich teils den Uferschutzarbeitern, teils Badegästen zum Aufenthalt.



Aufn. TH. MÖLLER, 1914

Abb. 36. Hochwasserkante der Hallig Habel mit deutlich erkennbarer Anwachsschichtung. Die Grasnarbe der Halligoberfläche ist in Ufernähe durch Brandungswirkung abgeschält. Habel wurde seit 1804 durch Uferabbruch um etwa $^{6}/_{7}$ seiner Fläche verkleinert (vgl. Abb. 38).

der schriftlichen Quellen hinausgehen, sollen im folgenden die auf diese Weise erarbeiteten wesentlichen Züge sowohl der Landschafts- als auch der Besiedlungsgeschichte dargelegt werden (s. Abb. 38 u. 39).

Die Oberfläche der mittelholozänen, sandig-tonigen Meeresablagerungen liegt gegenüber der vergleichbaren Oberfläche des alten Strandes im Südwesten und von Langeneß im Westen mit etwa —2,50 m NN verhältnismäßig tief. Diese Ablagerungen sind bedeckt von einer Flachmoortorfschicht wechselnder Stärke — gemessen wurden zwischen 0,50 und 0,90 m. Der Torf enthält zahlreiche Reste von Sumpfpflanzen, dagegen nur wenig Baumreste. Nach oben geht dieses Flachmoor in eine Tongyttja über, die von zahlreichen Phragmitesrhizomen durchsetzt ist. Diese Dargschicht besitzt heute eine Mächtigkeit von etwa 1 m. Nach einer Diatomeenanalyse, ausgeführt an einem gleichartigen Profil nördlich der Nachbarhallig Appelland, zeigt das Moor keine Spuren mariner Beeinflussung; der Darg dagegen wurde als Faziesbildung des oberen Brackwassers erkannt, in ihm befanden sich marine Einschwemmungen wechselnder Stärke. (BROCKMANN, CHR. in BANTELMANN, A. 1939, S. 62 ff.)

Der Darg ist somit als Anzeichen für das langsame Wiedervordringen des Meereseinflusses anzusehen, durch das die Flachmoorvegetation verdrängt wurde. An ihre Stelle traten ausgedehnte Röhrichtfelder, zwischen deren Pflanzenstengel sich bei Überschwemmungen feinstes Tonmaterial ablagerte. Das Land muß demnach außerordentlich sumpfig und schlecht entwässert gewesen sein.

Im Westteil des Untersuchungsgebietes um Habel wurde der Rest eines Wasserlaufes aus der Endphase dieser Schilfsumpfperiode aufgefunden, dessen Bett in den oberen Teil des Dargs eingetieft war. Das Bett war ausgefüllt durch muldenförmig gelagerten grauen Ton, dessen Schichtköpfe auf den jüngsten Abrasionsflächen in Einzelheiten herausmodelliert waren. Dem Ton eingelagert waren un-

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182



Aufn. Th. Möller, 1924

Abb. 37. Der „alte Kirchhof" von Habel = „dat ole hof" (vgl. Abb. 38)

Hinten die alte Warf mit Bestattungsresten durchsetzt. Sie war schon zu Beginn des 19. Jahrhunderts fast völlig im jüngeren Anwachs eingebettet und im Halligkörper verschwunden. Erst bei der fortschreitenden Zerstörung durch Uferabbruch wurde zu Beginn des 20. Jahrhunderts die alte Warf wieder herausgeschält. Vorne links Abbruchkante der Hallig Habel.

zählige Stengelteile und Blätter von Schilfrohr *(Phragmites)*. Es zeigten sich jedoch hier im Gegensatz zu den eigentlichen Dargschichten keinerlei Rhizome der gleichen Pflanze.

In den oberen 5—10 cm der Dargschicht nimmt der Anteil der Pflanzenreste im Vergleich zu den anorganischen, feintonigen Sedimenten noch einmal stark zu. Dieselbe Erscheinung wurde auch am Vergleichsprofil aus dem Raume Appelland beobachtet. Auf Habel konnten in dieser Schicht die ersten Spuren menschlicher Tätigkeit in Form von parallelen Furchen, die entweder auf Sodenentnahme oder auf die Tätigkeit des Pfluges zurückzuführen sind, beobachtet werden. Ob auch die Anreicherung organischer Substanz auf Auswirkungen menschlicher Tätigkeit auf benachbarten Flächen, z. B. auf Entwässerungsmaßnahmen, zurückzuführen sind, konnte nicht festgestellt werden. Die Oberfläche der Dargschichten liegt zwischen —0,40 m NN und —1,40 m NN, die oben erwähnten ältesten Kulturspuren konnten nur auf den höchsten Teilen festgestellt werden.

Da diese ältesten Spuren menschlicher Tätigkeit im oberen erwähnten Grenzhorizont schon dem hohen Mittelalter anzugehören scheinen, ist aus dem Befund zu schließen, daß der Raum um Habel während des ersten Jahrtausends nach Chr. Geb. von Schilfdickichten bedeckt gewesen sein muß. Ein unmittelbarer Einfluß der See ist nicht nachzuweisen, eine Verbindung dieses im Bereich des oberen Brackwassers liegenden Raumes zum offenen Wasser scheint vielmehr durch langsam fließende Wasserläufe hergestellt worden zu sein.

Unmittelbar über dem zuletzt beschriebenen, humosen Horizont liegen Ablagerungen, die auf

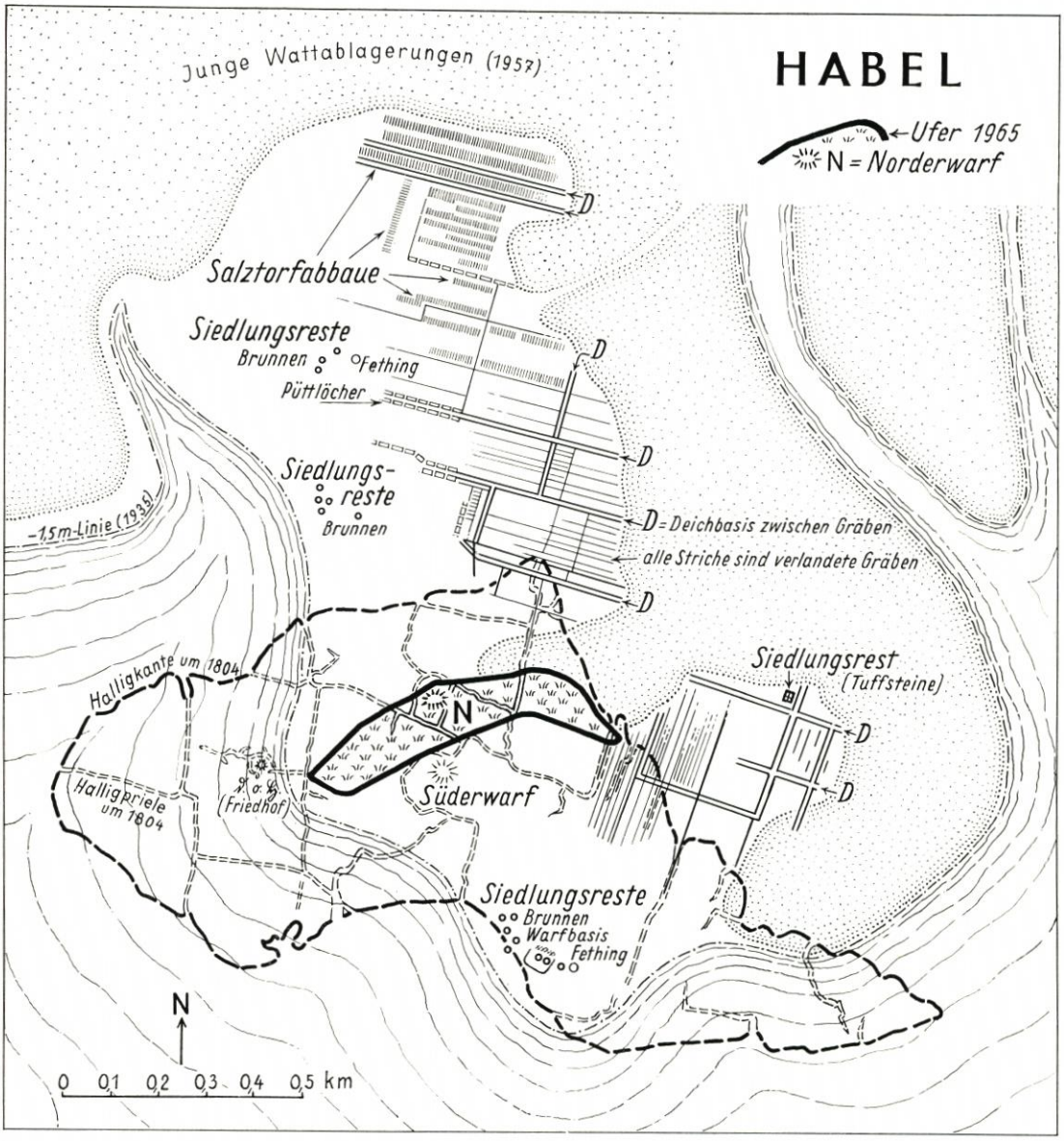


Abb. 38. Kulturspuren und Kartenvergleiche als Anhaltspunkte für die Landschaftsentwicklung im Raume der Hallig Habel

Auf Abrasionsflächen im Wattgebiet um Habel wurden die in den letzten Jahrzehnten freigespülten Reste alten Kulturlandes kartiert. In einer Oberflächenhöhe von etwa NN — 1 m zeigten sich Deich- und Grabenreste, die auf eine ehemals intensive Nutzung des Landes schließen lassen. Die räumliche Ausdehnung dieser Spuren ist unbekannt, da sie teils von jüngeren Wattablagerungen bedeckt sind, zum größten Teil aber, insbesondere im Süden, Südosten und Südwesten durch den erfolgten Abtrag zerstört sind.

Die Karte von Harcksen aus dem Jahre 1804 zeigt bereits eine starke Vergröberung der Flureinteilung. Hallig-priele sind an die Stelle der Entwässerungsgräben getreten, folgen jedoch in ihrem Verlauf noch der Richtung des älteren Grabensystems. Die Oberfläche hat sich um einen unbekannten Betrag erhöht, die flächenmäßige Ausdehnung des Nutzlandes infolge Kantenabbruch jedoch stark vermindert.

Die heutige Hallig Habel besitzt etwa 1/7 des Flächeninhalts von 1804. Nur die Norderwarf (N) ist noch vorhanden. Die Halligoberfläche hat sich auf etwa NN + 2 m erhöht, sie liegt damit etwa 3 m über der Oberfläche des mittelalterlichen Kulturlandes ihrer Umgebung.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

eine völlige Änderung in den Sedimentationsverhältnissen hindeuten. An die Stelle des sehr weichen, stark tonigen Dargs tritt fester, bröckeliger Anwachs, über dessen Entstehungsweise auf S. 23 Näheres berichtet wurde. Gleichzeitig mit seiner Bildung muß ein durchgreifender Wandel des Pflanzenbewuchses erfolgt sein. Das Schilfrohr *(Phragmites)* als Charakterpflanze wird abgelöst durch typische Salzwiesenpflanzen, deren Reste gerade in den unteren, sehr feinkörnigen Anwachslagen teilweise gut er-

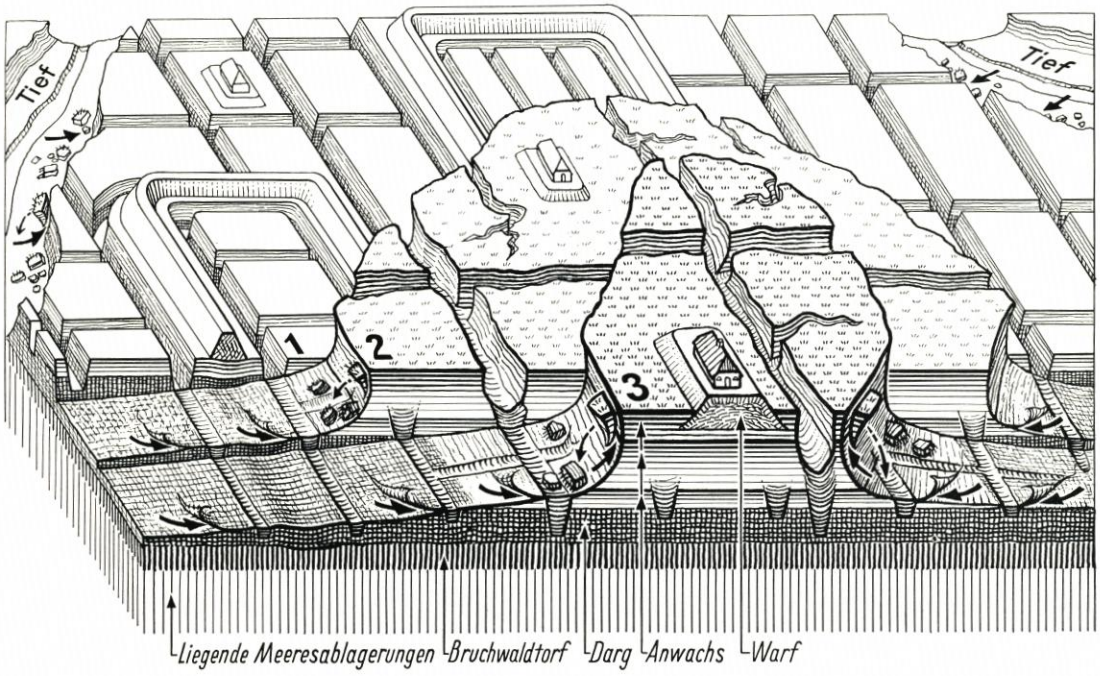


Abb. 39. Veränderung der Landschaftsverhältnisse im Raume Habel und ihre Auswirkung auf die Wirtschaftsformen, schematisch dargestellt in 3 Phasen

Die im Schnitt sichtbare Schichtenfolge: Alte marine Sedimente — Bruchwaldtorf — Darg — Anwachs im Untergrund der heutigen Hallig und ihrer Umgebung beurkundet das erneute Vordringen des Meereseinflusses nach einer Verlandungsphase. In einem sehr frühen Stadium der Anwachsbildung wurde das Land, wahrscheinlich im hohen Mittelalter, durch Anlage eines Netzes von Entwässerungsgräben sowie durch Bedeichung kleinerer Flächen erschlossen (1). In der Folgezeit wurde das Nutzland durch Vergrößerung der Wasserflächen infolge Uferabbruch (vgl. Abb. 38) und Abrasion ständig verkleinert (2+3). Gleichzeitig wurde die Oberfläche der erhalten gebliebenen Ländereien durch Ablagerung von Sinkstoffen bei Sturmflutüberschwemmungen auf dem begrünten Land laufend erhöht. Infolge der ständigen Vergrößerung der Wasserflächen auf Kosten des Landes stieg die Überschwemmungshäufigkeit an, der Meereseinfluß wurde übermächtig. Das ursprünglich dichte Grabennetz verfiel, die kleineren Gräben verlandeten, die größeren verwandelten sich in Halligpriele. Die einst intensive Landnutzung, bei der neben der Viehzucht in kleinen Kögen auch Ackerbau betrieben wurde, mußte der extensiveren Halligwirtschaft weichen.

halten sind. Die Veränderung in den Sedimentationsverhältnissen läßt auf einen schnell vordringenden Meereseinfluß schließen. Da jedoch keine Unterbrechung des Pflanzenbewuchses nachweisbar ist, muß die Oberfläche auch während des bedeutenden Wechsels über dem damaligen mittleren Tidehochwasser gelegen haben. Ob bei diesen Vorgängen im Raume Habel menschliche Tätigkeit eine Rolle gespielt hat, läßt sich an Hand der bisherigen Untersuchungsergebnisse nicht entscheiden. Im unteren Teil des vom Anwachs gebildeten Schichtpakets häufen sich Kulturspuren verschiedener Art. Die ältesten datierbaren Funde im Raume Habel entstammen dem hohen Mittelalter; sie zeigen, daß die gesamte

Anwachsbildung, die unter der heutigen Hallig eine Mächtigkeit von etwa 3 m aufweist, durch unzählig viele Sturmflutüberschwemmungen im Laufe unseres Jahrtausends aufgebaut wurde. Niemals erfolgte ein „Untergang" des Landes, wie wir ihn in „Teilen des alten Strandes" nachweisen konnten. Vielmehr blieb nach jeder Sturmflut die Oberfläche, durch herangeführte Sedimente etwas erhöht, als nutzbares Land bestehen.

Wenn hier trotzdem im obengenannten Zeitraum ein ganzes Kirchspiel der Nordsee zum Opfer fiel, so geschah dieses durch einen anderen Zerstörungsvorgang, den der ständigen Flächenverringerung durch Uferabbruch. Diese Flächenverkleinerung, verknüpft mit fortdauerndem Wachstum der Schichtmächtigkeit des Anwachses, ist also die hervorstechendste Entwicklungstendenz, die bei Habel am eindruckvollsten nachweisbar ist, im übrigen aber für alle Halligen des von uns besprochenen Raumes gilt.

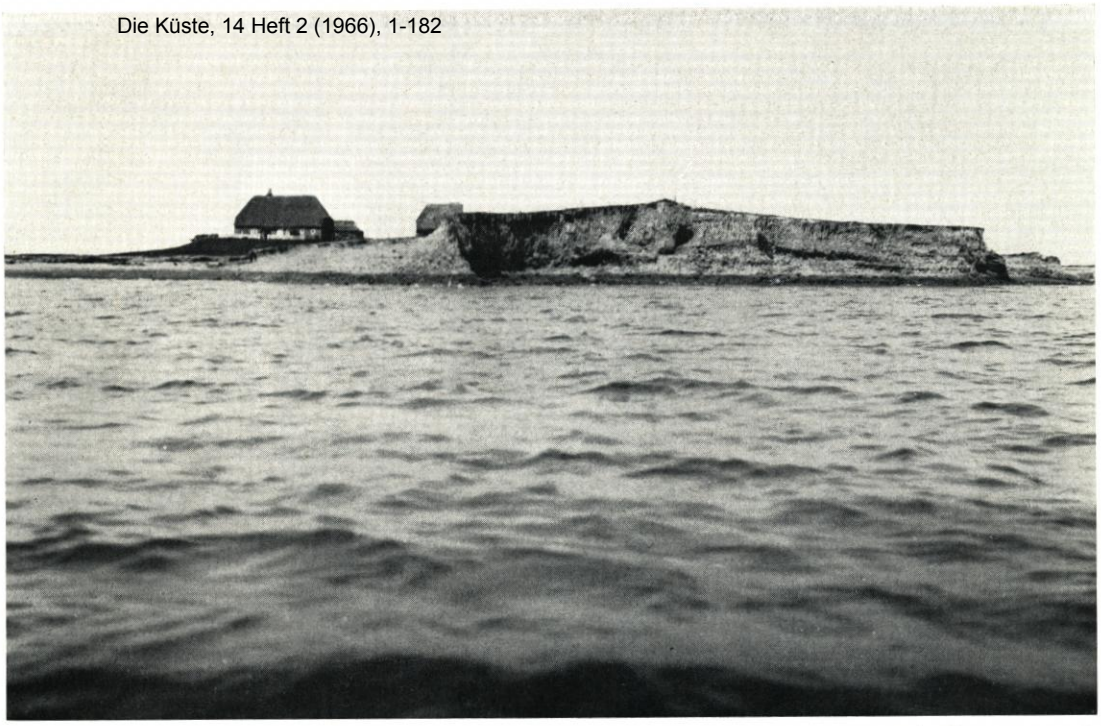
Besonders aufschlußreiche Ergebnisse konnten aus den um Habel gemachten Beobachtungen für die Anpassung bäuerlicher Siedler an die sich langsam veränderten landschaftlichen Voraussetzungen für die Bewirtschaftung gewonnen werden. In den unteren Teilen der Anwachsbildung zeigt ein dichtes Grabennetz an, daß hier einst, wie in den bedeichten Teilen der Marsch, das Land durch ein System von Entwässerungsgräben aufgeteilt worden war, die nach einem bestimmten Plan angelegt wurden. Pflugspuren (Bantelmann, A. 1939, S. 75 und Abb. 26) deuten auf Ackerbau hin und zeigen an, daß dieses Gebiet wahrscheinlich durch Bedeichung vor Sommerüberflutungen geschützt war. Spuren einer Bedeichung wurden auf den Abrasionsflächen nördlich und südlich von Habel gefunden. Es handelt sich um rinnenförmige Verdrückungen, auf denen zum Teil noch aufgeworfenes Material als letzter Rest der Deichkörper liegt; sie sind beiderseits von Püttlochreihen (Erdentnahmestellen) begleitet, die im oberen Teil heute grabenförmig ausgebildet sind. In dieser ersten von uns aufgezeigten Phase (Abb. 38 und 39) wurden demnach zumindest Teile der sehr ausgedehnten Marschflächen durch den Bau kleiner Köge geschützt. Auch das übrige Land war von einem dichten Grabennetz durchzogen.

Aus einer verhältnismäßig frühen Besiedlungsphase muß die alte Kirchhofswarf stammen, die auf der Karte von Harksen (1804) als „dat ol Hof" eingetragen ist (Abb. 39). Aber schon 1804 war sie wahrscheinlich beinahe vollkommen unter dem seit ihrem Aufwerfen abgelagerten Anwachs verschwunden und kaum noch als warfförmige Erhebung erkennbar (vgl. hierzu den auf Abb. 45 sichtbaren Deichrest auf Hooge). Auch das Meßtischblatt aus dem Jahre 1912, in das noch die heute verschwundene Süderwarf eingetragen ist, gibt keinen Hinweis auf das Vorhandensein einer warfartigen Erhöhung beim „alten Kirchhof". Erst durch den schnell fortschreitenden Uferabbruch im Westen Habels wurde der alte Warfkörper, dessen dunkles Erdreich von Bestattungen und menschlichen Einzelknochen durchsetzt war, durch die See wieder herausgeschält (Abb. 37).

Von den eigentlichen Siedlungen sowohl aus dieser als auch aus jüngeren Zeiten sind im günstigsten Fall die Basisteile der Warfen, zumeist aber nur die in die alte Oberfläche eingegrabenen Vertiefungen, insbesondere die Brunnen, erhalten geblieben (vgl. Abb. 40 und 41). Ihre große Anzahl läßt zusammen mit den übrigen erwähnten Kulturspuren das Bild einer intensiv genutzten und dicht besiedelten Kulturlandschaft erstehen. Die Oberfläche dieses Landes liegt etwa 2,50 bis 3 m unter der heutigen Halligfläche.

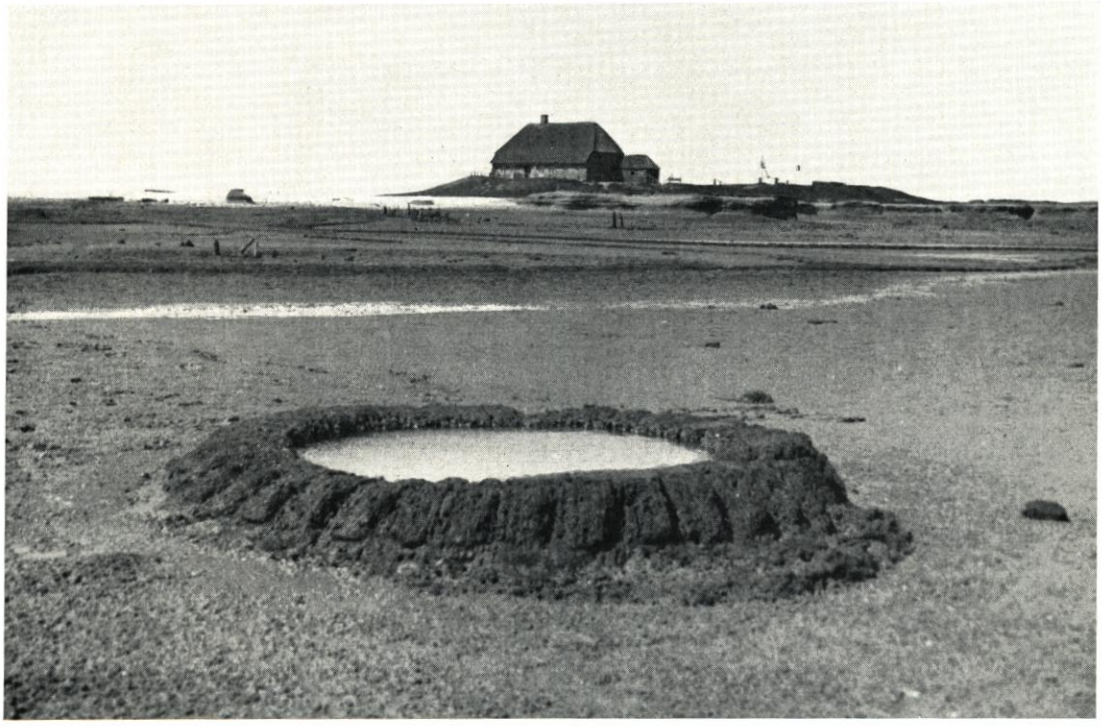
Ein völlig anderes Bild hingegen zeigt die schon erwähnte erste genaue Kartierung der Hallig Habel aus dem Jahre 1804 (Müller, Fr. 1917, Taf. XVII), die wir auf Abbildung 39 als Phase 2 bezeichnen. Das enge Grabennetz ist verschwunden, mit ihm die intensivere Bewirtschaftung des Bodens, insbesondere auch der Ackerbau. Im Jahre 1804 herrschte nachweislich — wie schon seit Menschengedenken — die reine Halligwirtschaft vor: Das zu einer Warf gehörende Nutzland wird anteilmäßig von allen Warfgenossen gemeinsam bewirtschaftet, Halligpriele trennen das zur Heugewinnung genutzte „Medeland" von den zur Gräsung des Viehs benötigten „Fennen". Diese extensive Gemeinschaftswirtschaft kann sich daher mit einer gröberen Flureinteilung als die alte intensive Wirtschaft begnügen; für die Abgrenzung der verschiedenen Ländereien und für deren Entwässerung genügen jetzt die vorhandenen Halligpriele.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182



Aufn. TH. MÖLLER, 1908

Abb. 40. Die Zerstörung der Süderwarf (Lage vgl. Abb. 38) auf Hallig Habel durch das Meer im Jahre 1908. Abbauvorgängen gleicher Art werden auch die über das MThw emporragenden Warfsiedlungen der untergegangenen Teile Alt-Nordstrands zum Opfer gefallen sein. Nur in die alte Landoberfläche der Warfbasis eingetiefte Teile der Siedlungen entgingen diesem Vorgang und blieben erhalten (vgl. Abb. 41).



Aufn. SCHELLING, 1937

Abb. 41. Reste einer aus Kleisoden gebauten Zisterne als letztes Zeugnis der Süderwarf von Hallig Habel im Jahre 1937. Der auf Abbildung 40 noch sichtbare Warfrest wurde inzwischen (seit 1908) vom Meer zerstört.

Aus der Abbildung 38 ist jedoch klar zu ersehen, daß die Priele, die auf der Hallig im Jahre 1804 die Flurgrenzen bilden, in ihrer Richtung mit der viel älteren, auf dem Watt gefundenen Einteilung übereinstimmen. Auch die heute noch vorhandenen Priele auf der unbewohnten Resthallig (Phase 3 auf Abb. 39) machen hiervon keine Ausnahme. Nur ist der ursprünglich schnurgerade Verlauf des von Menschenhand ausgehobenen Grabens dem unregelmäßigen des natürlichen Wasserlaufs gewichen, und zum anderen ist nur ein kleiner Teil des ursprünglich sehr dichten Grabennetzes in der Form von Prielen erhalten geblieben: Die vergröberte Flureinteilung weist direkt auf eine Entwicklung der Landwirtschaft zur extensiveren Nutzung hin. Die Ursache dieser bedauerlichen rückläufigen Entwicklung der Bewirtschaftung aber ist nicht etwa in der Unfähigkeit der Bewohner zu suchen, sondern einwandfrei in der immer übermächtiger werdenden Einwirkung durch die See.

b. Spuren einer intensiveren Bewirtschaftung auf anderen Halligen

Archivstudien ergaben, daß die im vorigen Abschnitt beschriebenen künstlichen Eingriffe, die auf eine intensivere Bewirtschaftung des Landes hinweisen, innerhalb des Bereiches der nördlich des alten Strandes liegenden Halligen nicht auf den Raum um Habel beschränkt gewesen sind. Auf einer im Jahre 1804 verfertigten Karte (MÜLLER, FR. 1917, Taf. XV) zeigen sich im heute zerstörten Westteil der Hallig Gröde, zwischen der Pawenswarf und der Neu-Peterswarf, zwei rechteckige Flurstücke, Wester- und Osterkoog genannt. Sie waren zum genannten Zeitpunkt, jedenfalls teilweise, von zwei dicht nebeneinander parallell verlaufenden prielartigen Wasserläufen begrenzt, die als letzte Reste von ehemaligen Gräben anzusehen sind (Abb. 42). Ein Vergleich mit den Befunden vom Wattgebiet um Habel läßt darauf schließen, daß die beiden prielartigen Gräben die letzten Reste von Erdentnahmestellen für einen zwischen ihnen liegenden Deich darstellen. Die Reste des Deiches jedoch sind auf der Karte nicht erkenntlich. Sie werden zur Zeit der Verfertigung der Karte entweder längst den Fluten zum Opfer gefallen oder aber durch das langsame Aufwachsen der Halligoberfläche und dem damit verbundenen Ausgleich der Höhenunterschiede im Untergrund verschwunden sein.

Auf Langeneß zeigen Angaben auf der Karte und dem dazugehörenden Erdbuch aus den Jahren 1802—1804 (MÜLLER, FR., 1917, Taf. X), daß auch hier rechteckige „Köge" vorkamen. Bei der Neuwarf finden wir neben einem „Meedekoog" einen „Kornkoog". Der letztgenannte Name gibt den Hinweis, daß diese kleinen Köge nicht nur dazu dienten, einen Teil der Heuernte vor der Gefahr einer Vernichtung durch Sommerüberflutungen zu schützen, sondern daß zur mittelalterlichen Halligwirtschaft vielfach auch der Anbau des für die Höfe notwendigen Brotkorns gehörte.

Am besten haben sich die Reste eines dichten, planmäßig angelegten Entwässerungsnetzes jedoch auf Hooge erhalten. Insbesondere auf der Karte dieser Hallig von J. CARSTENS, verfertigt nach dem Ergebnis der genauen Vermessung aus dem Jahre 1804 (MÜLLER, FR. 1917, Taf. 21), zeigt die Landoberfläche zahlreiche Spuren von parallel verlaufenden Gräben verschiedener Größe, die damals schon mehr oder minder stark in Prielläufe umgewandelt waren, wie aus unserer Nachzeichnung eines Teilgebietes auf Abbildung 43 zu ersehen ist. Die Grabensysteme weisen jedoch nicht auf der ganzen Hallig Richtungsgleichheit auf; diese ist vielmehr jeweils beschränkt auf größere, mehrere Warfgenossenschaften umfassende Flächen. Die Flächen mit gleichlaufenden Entwässerungssystemen scheinen — jedenfalls nach der Karte — durch große Prielläufe natürlichen Ursprungs voneinander getrennt gewesen zu sein.

Inmitten der beschriebenen Flächen liegen rechteckige Landstücke, die den Namen „Koog" tragen: Hanswarf-Koog, Backenswarf-Koog, Ockenswarf-Koog, Volkerswarf-Koog. Die Grabensysteme müssen ein erhebliches Alter besitzen, da sie ihre direkte Fortsetzung in richtungsgleichen Gräben auf den Wattflächen südlich von Hooge finden, deren Oberfläche etwa 2 m unter der des heutigen Halliglandes liegt (vgl. Luftaufnahme Abb. 44). Die auf Hooge gemachten Beobachtungen lassen darauf schließen, daß die geschilderten Kultivierungsmaßnahmen wahrscheinlich eine An-

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

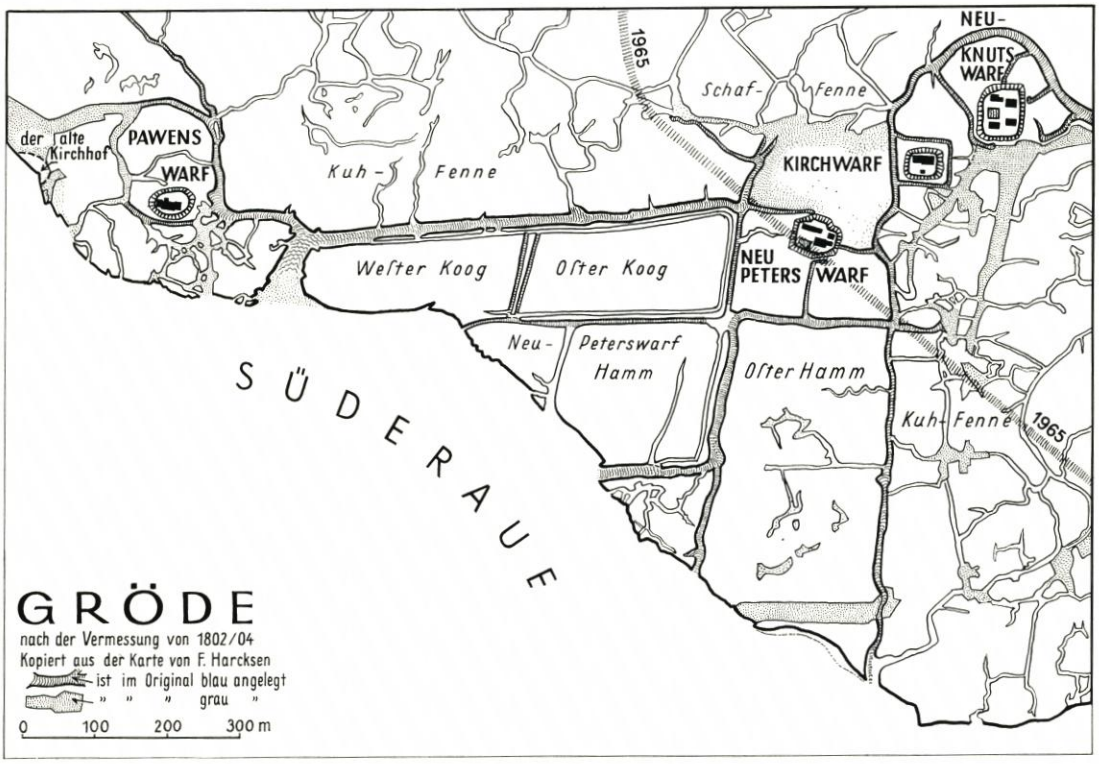


Abb. 42. Ausschnitt aus der Karte der Hallig Gröde von 1804

Im heute zerstörten Gebiet westlich der Neu-Peterswarf sind zwei ehemals eingedeichte Köge (Westerkoog und Osterkoog) erkennbar. Die Deichkörper selbst scheinen schon 1804 im Sedimentpaket der höher aufgewachsenen Hallig verschwunden gewesen zu sein, dagegen haben sich die alten Erdentnahmestellen beiderseits der Deichlinie in parallellaufende „Priele" verwandelt.

passung an die schon bei Beginn der Besiedlung vorhandene Zerrissenheit des Landes durch große Prielläufe waren, die hier, im Gegensatz zum Kerngebiet des alten Strandes, eine umfassende Bedeichung mit den damals zur Verfügung stehenden Mitteln ausschloß. Es wurden daher die größeren von Hauptprielen begrenzten Flächen jede für sich von den einzelnen Warfgenossenschaften mit einem Entwässerungnetz versehen. Innerhalb dieser Flächen wiederum wurden nur Teile in der Form kleinerer rechteckiger Köge durch Bedeichung vor Sommerüberflutungen geschützt.

Über diese Köge macht schon der Hooger Pastor Kruse (Kruse, C. O. 1794, S. 223) im Jahre 1794 folgende Angaben:

> *„Zum Ackerbau ist die Insel in ihrem gegenwärtigen Zustande, da sie ohne Deiche liegt und den häufigen Überschwemmungen ausgesetzt ist, untauglich. Aber man findet Spuren, daß hier selbst, nachdem die Insel ihren Seedeich verloren hatte, Korn gebauet wurde. Man sieht nemlich mehrere viereckte Räume, die durch Sommerdeiche eingeschlossen waren, deren Einfassung aber jetzt gänzlich verfallen ist. Wahrscheinlich zerstörte eine Fluth — vielleicht die Eisfluth von 1720 — diese kleinen Deiche und da ihre Wiederherstellung den Einwohnern, die dergleichen Arbeiten nicht gewohnt sind, zu schwer fiel, wurden sie gänzlich vernachlässigt."*

Das vorstehende Zitat zeigt, daß schon vor 170 Jahren die örtliche Überlieferung keine bestimmten Angaben mehr über die ursprüngliche Funktion dieser Köge machen konnte. Es bestätigt, ebenso wie ein im Jahre 1966 durchgeführter Deichschnitt (Abb. 45), unsere Vermutungen über das erhebliche Alter dieser Kulturspuren.

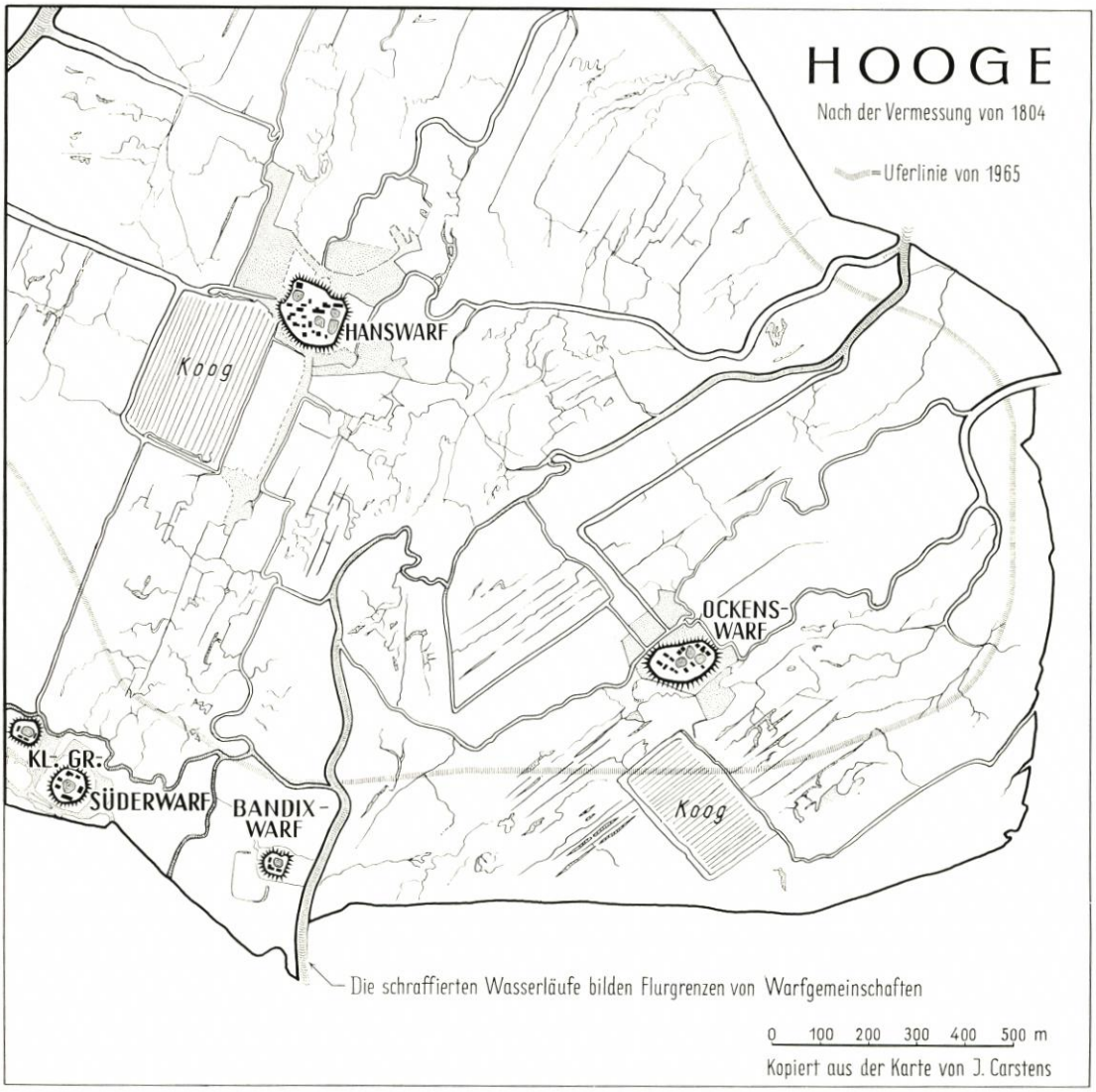


Abb. 43. Ausschnitt aus der Karte der Hallig Hooge von 1804

Der Kartenausschnitt zeigt Reste einer durch Entwässerungsgräben gestalteten Flureinteilung. Die Gräben sind teilweise verlandet, teilweise in Prielläufe verwandelt. Die Grabenrichtungen zeigen an, daß die zu einer Warfgemeinschaft gehörenden Ländereien (Hanswarf bzw. Ockenswarf) durch größere Prielläufe voneinander getrennt, eine in sich geschlossene Flureinteilung besessen haben. In jeder dieser Warffluren war eine verhältnismäßig kleine Fläche als „Koog" bedeicht. Die am damaligen Südufer der Hallig liegenden kleinen Warfen (Kl. und Gr. Süderwarf und Bandixwarf) scheinen durch den Uferabbruch erzwungene Neuerrichtungen älterer Warfen zu sein, die an den Nordrand ihrer ehemals weit ausgedehnteren Flur verlegt worden sind. Heute bestehen auch diese Neuerrichtungen nicht mehr. Die schwach schraffierte Linie zeigt die h e u t i g e Begrenzung der Hallig an.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182



Aufn. Luftwaffe der Bundeswehr. Freigegeben SH. 399—96

Abb. 44. Luftaufnahme (1965) mit Kulturspuren im Wattgebiet bei Landsende auf Hooge

Links im Vordergrund ist der Südostteil der Hallig Hooge mit der Ockenswarf sichtbar. Auf der Wattoberfläche südlich der Hallig (weißer Pfeil) treten 2 m unter der Durchschnittshöhenlage des heutigen Halliglandes Grabenreste zutage. Die Reste liegen im Gebiet des ehemaligen Ockenswarf-Kooges (vgl. Abb. 43). Obwohl sich die Halligoberfläche seit Anlage dieses alten Entwässerungnetzes durch Sturmflutsedimentation um mindestens 1,20 m erhöht hat (Abb. 45), sind Spuren davon noch heute auf der Hallig erkennbar. Auch die moderne, nach dem Bau des Sommerdeiches im 20. Jahrhundert gezogene Flureinteilung (auf dem Bild links unten sichtbar) ist dem Verlauf der alten Einteilung angepaßt.

c. Die Entwicklung im Bereich der Halligen Nordmarsch — Langeneß—Butwehl sowie Hingsteneß und Gröde-Appelland (Abb. 46—50)

Die Hallig Langeneß existiert in ihrer jetzigen Geschlossenheit erst seit dem vorigen Jahrhundert. Vorher gab es an ihrer Stelle drei durch Priele getrennte Eilande: Nordmarsch im Westen, Langeneß im Osten und Butwehl im Süden gelegen. Durch Dammbauten wurde Nordmarsch im Jahre 1847



Aufn. Bantelmann, 1966

Abb. 45. Schnitt durch den Deichrest des ehemaligen Ockenswarf-Kooges auf Hooge

Der Deichverlauf ist auf der heutigen Halligoberfläche nur noch an einer etwa 0,20 m hohen schwachböschigen Erhöhung erkennbar. Der Schnitt zeigt, daß der Deichrest völlig von Anwachs bedeckt ist, der über der Deichkrone etwa 0,40 m mächtig ist und nach den Seiten bis zu mehr als 1 m Mächtigkeit anwächst (rechter Bildrand). Da die offensichtlich abgesodete Deichbasis zwischen + 0,40 m und 0,50 m NN liegt, die heutige Oberfläche des Halliglandes in der Umgebung des Schnittes auf etwa + 1,80 m NN angewachsen ist, kann seit der Eindeichung des Kooges mit einer langsamen Erhöhung der Halligoberfläche durch Überflutungssedimentation von mindestens 1,20 m gerechnet werden.

(Müller, Fr. 1917, II, S. 90) und Butwehl in den Jahren 1868/69 (Müller, Fr. 1917, II, S. 33 f.) mit Langeneß verbunden. Die modernen Uferschutzbauten, die alle drei Halligen umfassen, unterstreichen heute den Charakter der Einheit dieser ehemals getrennten Landflächen.

Nach Angaben im Catalogus Vetustus waren vor der Flut des Jahres 1362 sowohl Nordmarsch als auch Langeneß Kirchspiele der Wirichsharde, die dann aber *„magna ex parte submersae"*. Nach der Katastrophe von 1362 gehörten die Bewohner des Westteils von Nordmarsch zum Kirchspiel St. Johannes (Nieblum) auf Föhr, während die vom Ostteil St. Nikolai (Boldixum), auf der gleichen Insel, unterstanden (Müller, Fr. 1917, II, S. 68). Erst im Jahre 1599 wurde wieder eine Kirche oder Kapelle auf der Hallig errichtet, die 2200 Schritt westlich der heutigen Kirchhofswarf lag. Bis zum Jahre 1732 hatte sich das Ufer derart diesem alten Kirchhof genähert, daß eine Verlegung der Warf mit Pastorat und Kirche notwendig wurde.

Heimreich gibt an, daß die Langenesser nach der Flut von 1362 nach Oland eingepfarrt wurden. Im Jahre 1666, nach Herrichtung der Schule als Kirche, wurde ihnen ein ordinierter Pastor zugeteilt. Die Kirche wurde von dem Zeitpunkt an auch von den Butwehlern besucht.

Die Hallig Butwehl hat nie als gesondertes Kirchspiel existiert, sie gehörte vielmehr früher —

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

trotz der unmittelbaren Nachbarschaft von Langeneß und Nordmarsch — sowohl kirchlich als auch politisch zur Hallig Gröde, von der es heute durch eine etwa 5 km breite Meeresfläche getrennt ist.

Schon der geschilderte Wandel in den kirchlichen Verhältnissen läßt auf durchgreifende landschaftliche Veränderungen im Raume der genannten Halligen im Verlauf der letzten sechs Jahrhunderte schließen, Veränderungen, deren Ablauf wir durch weitere archivalische Nachrichten und insbesondere durch die Ergebnisse marschenarchäologischer Untersuchungen näher beleuchten wollen.

Eine besonders anschauliche und eingehende Beschreibung der Halligverhältnisse liegt aus der Mitte des 18. Jahrhunderts für Nordmarsch vor. Es ist die „Genaue Beschreibung der wunderbaren Insel Nordmarsch" von dem auf dieser Hallig geborenen LORENZ LORENZEN (LORENZEN, L. 1762, S. 17 ff.). Der Verfasser beschreibt in folgenden Sätzen die uns insbesondere interessierenden Hauptvorgänge der Zerstörung, denen die Halligflächen vor dem Bau der modernen Uferbefestigungen ausgesetzt waren:

> *„Was sonsten die Beschaffenheit der Insel Nordmarsch betrifft, so ist sie dem kläglichen Schicksale unterworfen, und dieses besteht darinne, daß sie jährlich rundumher von Salzen, Wasser abgespühlet wird, ordinair gehen vier bis fünf Schritte in einem Jahre um die ganze Insel hinweg . . ."*

Über die *verderbliche* Auswirkung dieser Vorgänge auf die Lebensbedingungen der Bewohner aber werden folgende besiedlungsgeschichtlich bedeutsame Angaben gemacht:

> *„Doch dieses Abspühlen des Landes vermindert nicht nur unsere Wiesen; sondern führet noch eine große Beschwerlichkeit mit sich. Wenn das Ufer einem Warff nahe kommt, so müssen die Einwohner mit großen Unkosten weiter ins Land hineinrücken, eine Höhe oder Warff auf dem platten Lande aufführen, und mit Schubkarren zusammenhäufen, hernach ihre alten Häuser abbrechen, und auf die bemeldte Höhe wieder aufbauen. Solches haben bei Mannes Gedenken schon fünf Warffen mit ihren Häusern thun müssen, wo sie anders der Überschwemmung entgehen wollten. Wenn aber Leute auf einem solchen Warffe befindlich sind, welche hier keine oder nur wenige Ländereien haben, so verlassen sie ihr Vaterland und ziehen anderwärts hin zu wohnen . . ."*

Daneben aber schildert LORENZEN auch einen anderen Zerstörungsvorgang, die zunehmende Zerschneidung des Landes durch Prielläufe:

> *„Überhaupt ist von allen diesen Flüssen zu merken, daß sie fast jährlich breiter werden, weiter aufreißen, und neue Reviere machen, und steht hieraus zu vermuthen, daß auch dieselben einmal den Untergang unserer Insel werden befördern helfen."*

Eine Bestätigung und wesentliche Ergänzung auch für Langeneß und Butwehl erfahren die Beobachtungen LORENZENS durch die Ergebnisse der ersten genauen Kartierung der drei Halligen im Jahre 1803 (MÜLLER, FR. 1917, Taf. IX, X, XI) und durch das bei dieser Gelegenheit angefertigte Erdbuch. Mit Hilfe der Pläne und Aufzeichnungen des Landmessers HARCKSEN ist es zum ersten Male möglich, genaue Vergleiche der damals vorhandenen Inselgestalt mit der heutigen durchzuführen (vgl. Abb. 24a). Der Vergleich macht deutlich, daß zwar auf allen drei Halligen bis zum Bau der Uferbefestigungen bedeutende Verluste durch Uferabbruch eintraten, daß diese aber an der besonders exponierten Westküste von Nordmarsch das stärkste Ausmaß angenommen haben müssen. Der besonders starke Abbruch des Westteils kann auch bei einem Vergleich mit den im übrigen für das Gebiet der nördlichen Halligen wenig genauen Karten von JOHANNES MEYER aus dem 17. Jahrhundert nachgewiesen werden. Das Ausmaß der Zerstörungen zeigt sich insbesondere in dem Verschwinden von nicht weniger als fünf der insgesamt 12 Nordmarscher Warfen im Verlaufe des 19. Jahrhunderts. Drei Warfen sind in dieser Zeitspanne durch den fortschreitenden Uferabbruch völlig verschwunden (Nordwarf, Haienswarf und Volkertwarf). Von zweien liegen Reste in der heute durch Steindossierungen geschützten Kante (Hallge und Peterswarf). Aufschlußreich für das Ausmaß der Naturgewalten, denen der Mensch in dieser Landschaft ausgesetzt ist, ist das Schicksal der „Peterswarfen" auf Nordmarsch. LORENZEN (1762, 98 f.) berichtet im Jahre 1749:

> *„Neu Peters Warff im südwestlichen Theile der Insel: Dieser Warff ist erst vor kurzen Jahren neu aufgeführet, und hat landwärts einrücken müssen . . . Am westlichen Ufer ist noch ein groß Stück von dem Alten Peters-Warff zu sehen, wiewohl die Fluth auch schon ziemliche Löcher hineingehauen hat. Auf dem neuen Warff sind acht Wohnhäuser und 40 Menschen."*

Nach 1880 geriet auch „Neu" Peterswarf — wegen des inzwischen erfolgten Landverlustes und der dadurch verminderten Existenzmöglichkeiten nur noch von zwei Familien bewohnt — in den Bereich des Uferabbruchs. Der Volkskundler R. MEIBORG (1896, S. 66) schildert die Situation um 1889 als Augenzeuge wie folgt:

> *„Da stehen 1889 nur noch zwei Häuser: ein halb verfallenes, von armen alten Leuten bewohntes, deren Hoffnung ist, daß der Boden halten werde, bis es mit ihnen selbst zu Ende gegangen ist, und ein ansehnliches, das man baldigst zu verlegen gedenkt ..."* (Vgl. Abb. 46.)

Die angekündigte Verlegung führte der tatkräftige Halligbauer I. Paulsen in den Jahren 1890 bis 1894 durch. Er errichtete etwa 500 m weiter landeinwärts auf dem ihm verbliebenen Land eine neue Warf und verlegte seinen Wohnplatz nach hier. Das auf dieser dritten Peterswarf errichtete Haus erlitt in der Sturmflut des Jahres 1962 so schwere Beschädigungen, daß es seither unbewohnbar ist und als Ruine auf der Warf steht (Abb. 47). Der Rest der Peterswarf II, heute in der Steindossierung des Ufers liegend, trägt seit 1902 den Leuchtturm der Hallig.

Während Butwehl noch im 19. Jahrhundert starke Landverluste erlitt — innerhalb von 100 Jahren wurden neben ausgedehnten Landflächen drei von sechs Warfen dieser Hallig durch Uferabbruch zerstört — sind die bei Langeneß aufgetretenen Verluste im Verhältnis zur Gesamtfläche dieser Hallig dank ihrer geschützten Lage geringer. Besonders stark war bei ihr der Südostteil dem Abbruch ausgesetzt, hier fielen zwei Warfen (Knutswarf und Melfswarf) innerhalb der letzten 100 Jahre den Fluten zum Opfer.

Es ist auffällig, daß im Verlaufe des letzten Jahrhunderts neben dem Westteil von Nordmarsch vor allem die im Bereich der mittleren und oberen Süderaue liegenden Halligen starken Flächenverlusten ausgesetzt waren (vgl. Abb. 24a). Insbesondere der zwischen Gröde-Appelland einerseits und Langeneß sowie Oland andererseits verlaufende Wattstrom, Schlütt genannt, seit Bedeichung des Hauke-Heien-Koogs und der Einrichtung des Hafens Schlüttsiel die Hauptverkehrsader zu den nördlichen Halligen, hat sich offensichtlich erst im Verlaufe der Neuzeit auf Kosten ehemaliger Landflächen zu einem bedeutenden Wattstrom entwickelt. Das zeigt neben den erwähnten Zerstörungsvorgängen am Südufer von Butwehl und Langeneß das Schicksal der Halligen Hingsteneß, Appelland und Gröde.

Hingsteneß, einst dort gelegen, wo heute die Fahrrinne des Schlütts zwischen Gröde-Appelland und Oland verläuft, ist im Mittelalter als Kirchspiel bezeugt. Seine Reste fielen im 19. Jahrhundert der See zum Opfer. Appelland hingegen, einst von Gröde durch einen Priel getrennt, ist heute teils durch natürliche Anlandung, teils durch Uferschutzbauten fest mit dieser Nachbarhallig verbunden. Während der Kartierung durch HARCKSEN im Jahre 1805 war die einzige damals noch vorhandene Warf der Hallig Appelland von vier Familien bewohnt. Schon im Herbst 1860 mußte sie verlassen werden, da der Warfkörper inzwischen vom vordringenden Wasser unterspült war.

Ein ganz erhebliches Ausmaß haben die Landverluste bei der Hallig Gröde erreicht. Es wurde schon bei der Beschreibung von Butwehl erwähnt, daß die Bewohner dieser Hallig ehemals kirchlich und verwaltungsmäßig zu Gröde gehörten. Der daraus gezogene Schluß, daß beide Halligen ursprünglich eng aneinandergegrenzt haben müssen, wird durch mancherlei Hinweise gestützt. So wird im Jahre 1711, anläßlich einer Erörterung von Baumaßnahmen zur Verbindung einzelner Halligen durch „Dückelldämme", von dem Trennungstief zwischen Butwehl und Gröde folgendes berichtet (Landesarchiv Schleswig A XX, 945): *„Dieselbige (Tiefe) ist so groß, daß sie vorerst nicht gehemmt noch gestopfet werden kann."* Solche Bemerkung wäre damals unmöglich gewesen, wenn die Entfernung zwischen beiden Halligen auch nur annähernd so groß gewesen wäre wie heute. Einen interessanten Hinweis gibt auch der Gröder Pastor N. J. THOMSEN im Jahre 1777 (MÜLLER, FR. 1917, II, S 156):

> *„Vormahls sind die Einwohner auf Buthweehl zu der Gröder Kirche gegangen, und haben dazugehört, und sind der Gröder Gemeine eingepfarret gewesen; denn die Gröder Kirche stand vormahls sehr nahe bei Buthweehl, welcher alte Kirchwarff itzo schon längst in eine große Tiefe verwandelt war."*



Abb. 46. „Neu"-Peterswarf II am Westufer der Hallig Nordmarsch unter Abbruch um 1890

Besonders deutlich zeigt sich der ständige Flächenverlust des Halliglandes durch Uferabbruch im Schicksal der Peterswarfen auf Nordmarsch. In der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts hatte die vermutlich erste Peterswarf landeinwärts verlegt werden müssen. 1749 waren noch Reste von ihr am Halligufer sichtbar. Zur genannten Zeit lagen auf „Neu"-Peterswarf 8 Häuser mit 40 Bewohnern. Um 1890, zur Zeit der Aufnahme unseres Bildes, war auch die „neue" Warf fast zerstört. Von 8 Häusern waren noch zwei Wohnstätten übriggeblieben. Von einem der Warfbewohner wurde wiederum weiter landeinwärts eine „Neu"-Peterswarf (vgl. Abb. 47) errichtet, deren einziges Haus der Sturmflut von 1962 zum Opfer fiel (Abb. 47).



Aufn. E. Wohlenberg

Abb. 47. Die dritte „Generation" der Perterswarfen auf Nordmarsch. Das Wohnhaus auf der Höhe der Warf fiel der Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 zum Opfer. Im Vordergrund der von der Flut mit Meerwasser vollgeschlagene Fething.

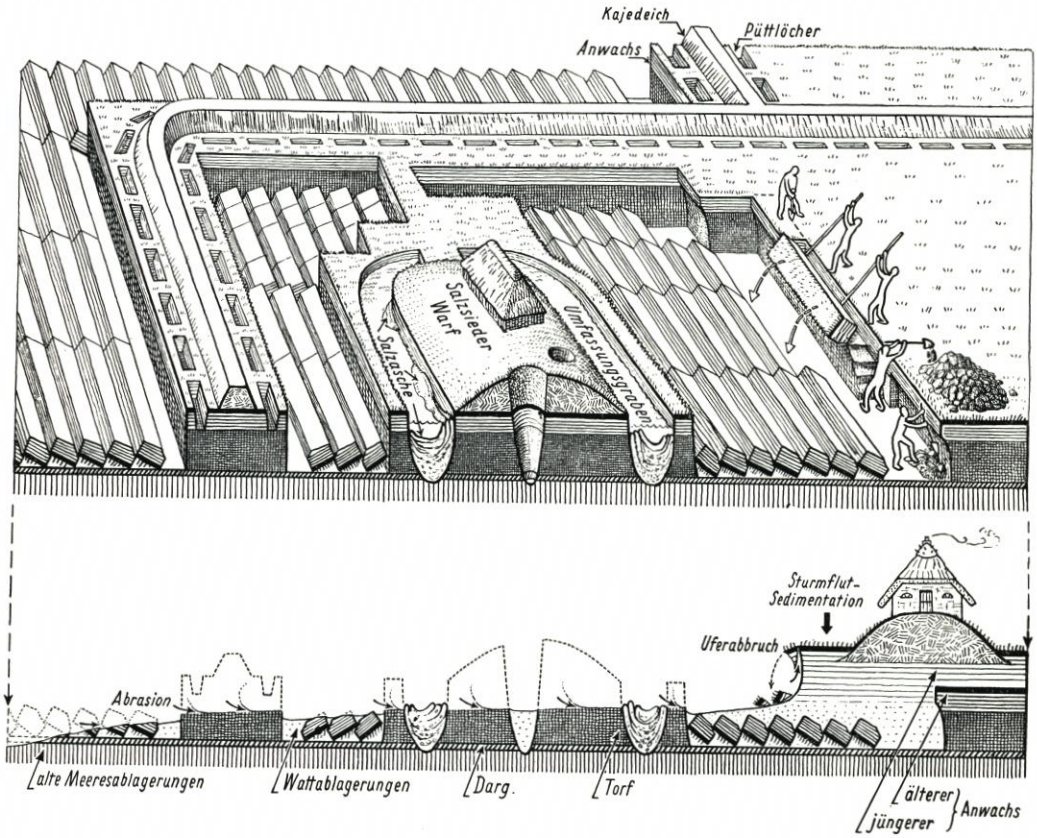


Abb. 48. Schematische Darstellung des Salztorfabbaus und seiner Folgen im Raume Langeneß—Nordmarsch

Oben: Vorgang der Zerstörung ausgedehnter Halligflächen durch Salztorfabbau unter Halligland im hohen und späten Mittelalter. Kajedeiche schützten die Abbaugebiete vor Sommerüberflutungen.
Unten: Die heutigen Verhältnisse im gleichen Gebiet. In unzerstörten Restgebieten (ganz rechts) liegt eine Schicht jüngeren Anwachses über der mittelalterlichen Oberfläche. Die durch den Abbauvorgang vertieften Flächen (links) wurden zunächst in ein Wattgebiet verwandelt, in dem alle höher liegenden Teile wie Kajedeiche und Salzsiedersiedlungen durch Erosionsvorgänge abgetragen wurden. Nur die Grundflächen und künstlichen Eintiefungen wie Püttlöcher, Zisternen und Gräben, letztere teilweise mit Salzasche gefüllt, blieben erhalten. Durch Verlandung entstand hier allmählich neues Halligland, dessen Ausdehnung durch Uferabbruch bis zur Gegenwart ständig verringert wurde. Viele der heutigen Warfen von Langeneß—Nordmarsch (ganz rechts) sind während der jüngeren Halligphase errichtet. Trotz des geringen Alters sind sie im unteren Teil von einer Schicht junger Überflutungssedimente bedeckt (vgl. Abb. 20 und 50).

Am stärksten aber für einen außerordentlich schweren Landverlust spricht der Umstand, daß wir auf Grund der vorliegenden Quellen zwischen 1362 und 1779, also in rund 400 Jahren mit einer fünffachen Verlegung der Kirche rechnen müssen. Einzelheiten dieser Vorgänge findet man in MÜLLER (1917, II, 156 ff.). Nur über die letzte Verlegung sind uns Einzelheiten bekannt. Die vorletzte Kirche lag etwa 1500 m westlich der heutigen, sie mußte 1779, wie schon ihre Vorgängerin, wegen des vordringenden Uferabbruchs nach Osten verlegt werden. In den letzten Jahren ihres Bestehens lebten noch 31 Familien auf Gröde, gegenüber 4 Familien in der Gegenwart.

Die Karte von HARCKSEN aus dem Jahre 1803, auf der übrigens noch die Reste der Kirchwarf Nr. V eingetragen sind, zeigt uns, daß Gröde damals noch eine in Ostwestrichtung langgestreckte

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182



Aufn. BANTELMANN, 1954

Abb. 49. Durch Abrasion freigelegte Anwachsschollen als Reste mittelalterlichen Salztorfabbaues im Wattgebiet südlich der Hallig Langeneß—Nordmarsch. Im Schnitt ist die Schichtung des Anwachses in den Schollen deutlich sichtbar. Durch die Wucht der beim Abbauvorgang herabstürzenden Schollen wurde die Oberfläche der unter der ausgeräumten Torfschicht liegenden älteren Ablagerungen verdrückt.

Gestalt gehabt hat. Aus dieser Karte ist auch das starke Ausmaß des Landverlustes im letzten Jahrhundert zu ersehen. Es beträgt in Westost-Erstreckung etwa 2300 m.

Zu der im Jahre 1779 errichteten Kirche gehört heute nur noch eine bewohnte Siedlung mit vier Häusern, die Knutswarf. Aber auch diese Warf ist nicht viel älter als die Kirche. Sie wurde im Jahre 1759 von vier Familien der alten Knutswarf aufgeworfen, die, wie ausdrücklich erwähnt wird, im Abbruch lag. Von den übrigen vier Besitzern mußten zwei außer Landes gehen, weil die ihnen verbliebenen Landflächen inzwischen zu klein geworden waren, während zwei bei anderen Familien auf der Hallig Obdach fanden (MÜLLER, FR. 1917, II, S. 160). Der Rest einer weiteren, heute unbewohnt in der Steindossierung liegenden Warf gibt durch den Namen Neu Peterswarf den Hinweis, daß es sich auch bei ihr um die Nachfolgerin einer älteren Warf handeln muß, die nach den Hinweisen auf der Karte von HARCKSEN in nordwestlicher Richtung gelegen hat. Das heutige Gröde stellt somit das äußerste Ostende der ursprünglich sich weit nach Westen erstreckenden Hallig dar, ein Gebiet, auf dem die noch heute vorhandenen Warfen erst in jüngster Zeit errichtet wurden.

Schon aus dem bisher Berichteten war zu ersehen, daß im Raume der nördlichen Halligen während der letzten 1000 Jahre eine grundlegende Veränderung der Landschaftsverhältnisse, hervorgerufen durch ein kräftiges Anwachsen des Meereseinflusses, eingetreten ist. Noch verstärkt wird der Eindruck des ständigen Wandels, wenn wir die Umgestaltungen mit in den Kreis unserer Betrachtungen einbeziehen, durch die der Mensch höchst wirksam in diesen Prozeß eingriff.

Im Bereich der nördlichen Halligen wurden durch Abbau der unter der Decke von begrüntem

Anwachs liegenden Torfschicht zum Zwecke der Salzgewinnung im Mittelalter viele Quadratkilometer fruchtbaren Landes zerstört (vgl. auch Seite 44). Spuren des Torfabbaus unter Halligland finden sich im Bereich aller Halligen dieses Gebiets, in ganz besonders großer Ausdehnung jedoch auf dem Wattsockel um Nordmarsch-Langeneß-Butwehl und Gröde-Appelland. Diese Art des Torfabbaues, bei der große Landflächen zerstört wurden, ist für Nordfriesland sonderbarerweise durch keine Überlieferung belegt, sie wurde erstmalig durch WEGNER (1931, 193 ff.) und ANDRESEN (1937) auf Grund der auf dem Watt vorgefundenen Spuren erkannt und beschrieben (vgl. auch BANTELMANN 1939).

Der Abbauvorgang ist auf Abbildung 48 dargestellt. Nach Anlage eines Grabens, in dem der Anwachs und der darunterliegende Torf entfernt waren, wurden jeweils etwa 0,90 m breite Anwachsstreifen abgestochen, in Längsabständen von etwa 5 m unterteilt und (nach ANDRESEN) mittels Hebebäumen in das bereits ausgeräumte Gebiet geworfen. Die Schollen wurden bei diesem Arbeitsprozeß um 90 Grad bis 150 Grad um ihre Längsachse gedreht, so daß die Rasenflächen der alten Oberfläche mehr oder minder schräg nach unten zu liegen kamen.

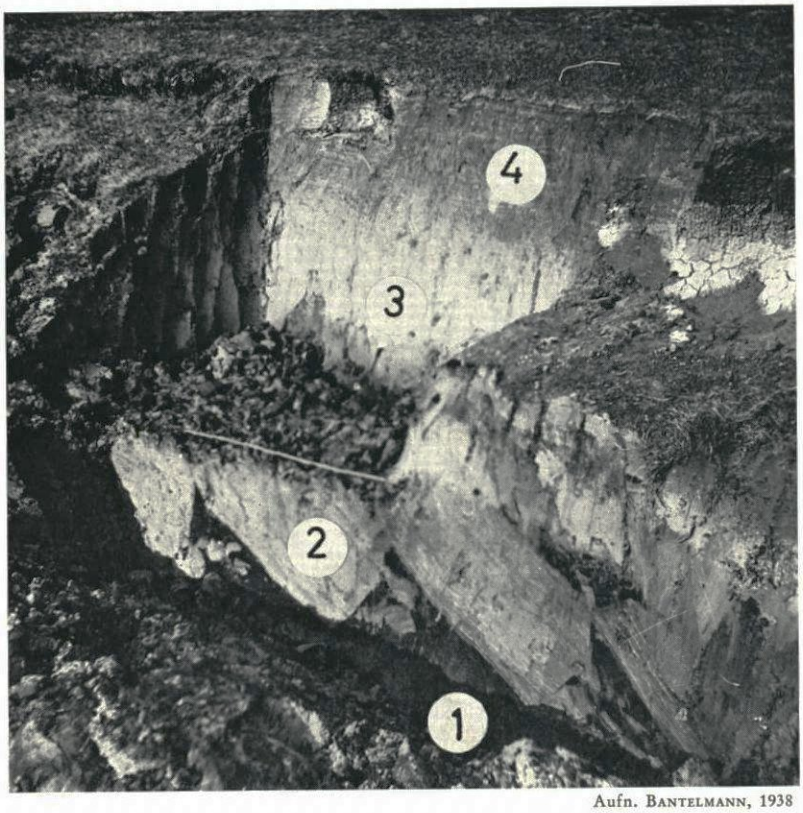
In Abrasionsgebieten um Langeneß, Nordmarsch und Butwehl zeigt das Watt heute weithin ein eigentümlich streifiges Aussehen: graue Kleibänder wechseln mit schmaleren Streifen von bräunlicher Farbe ab (Abb. 49). Es sind Abbauschollen, eingebettet in die nicht sauber entfernten Reste des abgebauten Torfs sowie in Schilftorfbrocken (Darg). Dieser tonige Torf fand für die Salzgewinnung keine Verwendung. Schnitte (Abb. 49) zeigen, daß der Abbau nach der oben geschilderten Methode vorgenommen wurde, als die Moore hier bereits von einer 0,30 bis 0,60 m mächtigen Anwachsschicht bedeckt waren, die in ihrem unteren Teil stellenweise stark mit Torfgrus durchmengt war. Auf der ehemals begrünten Oberfläche der Schollen, jetzt schräg nach unten liegend, fanden sich häufig gutbewahrte Vegetationsreste, unter denen sich stets Salzwiesenpflanzen wie *Statice limonium* und *Triglochin maritima* befanden (vgl. BANTELMANN 1939), ein Beweis dafür, daß der Abbau auf Halligland erfolgte. Anstehender Torf ist heute im Bereich der genannten drei Halligen nur noch in kleineren Flächen anzutreffen. Die große Ausdehnung der Abbaugebiete zeigt das Ausmaß der Verluste nutzbaren Landes durch die mittelalterliche Salzgewinnung. Inmitten der ausgebeuteten Flächen ist der Torfsockel vor allem an den Stellen erhalten geblieben, wo Spuren auf das ehemalige Vorhandensein von Ansiedlungen hinweisen. Wie aus den sie umgebenden Erdentnahmestellen zu schließen ist, haben diese Siedlungsreste ursprünglich neben der natürlich aufgewachsenen Anwachsdecke noch einen Warfaufbau gehabt, auf denen dann die Häuser lagen. Die alten Erdentnahmestellen sind während des Bestehens der Hallig mit großen Mengen von Torfasche ausgefüllt worden, die das Abfallprodukt der Salzgewinnung bildete. Das Vorhandensein großer Mengen von Salztorfasche ist ein Beweis dafür, daß der gesamte Produktionsprozeß im Raume selbst vorgenommen wurde. Die datierbaren Funde, die auf den Siedlungen aufgelesen wurden, deuten darauf hin, daß auf ihnen schon im 14. bis 15. Jahrhundert Salzsieder ihrer Tätigkeit nachgingen.

Es ist für unsere landschaftsgeschichtlichen Betrachtungen bedeutungsvoll, daß Abbauspuren nicht nur außerhalb der quellenmäßig für verschiedene Zeitpunkte innerhalb der Neuzeit bezeugten Grenzen des Halliglandes vorhanden sind, sondern auch innerhalb dieses Bereiches. Im Wattgebiet um Langeneß-Nordmarsch-Butwehl wurden ausgedehnte Abbaugebiete insbesondere in den Bezirken festgestellt, die erst nach der Vermessung von 1803 dem Meere zum Opfer fielen. Sogar unter der heutigen Halligfläche wurden dank der Aufmerksamkeit von LUDWIG ANDRESEN an mehreren Stellen Spuren des Torfabbaues festgestellt (Abb. 48, 50). Beträchtliche Teile des bis 1803 bzw. heute vorhandenen Halliglandes sind also, nachdem die alten Flächen dem Salztorfabbau zum Opfer fielen, seit dem 14. bis 15. Jahrhundert erneut verlandet und zur heutigen Hallig aufgewachsen.

Über die Abhängigkeit der Besiedlung von dem beschriebenen Vorgang konnten durch neuere Untersuchungen einige wesentliche Anhaltspunkte gewonnen werden (vgl. hierzu Schnitt auf Abb. 48). Ein Siedlungsrest, der wegen des erhalten gebliebenen Torfsockels und den großen Mengen der um ihn kranzförmig liegenden Torfasche als Wirkungsstätte der Salzsieder anzusehen ist, liegt heute auf

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

dem Watt südlich Tamenswarf innerhalb der Halligflächen des Jahres 1803. Er ist jedoch als Warf oder Warfrest in der genauen Karte von HARCKSEN nicht vorhanden. Daraus ist zu schließen, daß nach der Beendigung des Torfabbaus die ihre Umgebung nunmehr inselförmig überragende Siedlung bis auf die unter dem Abrasionsniveau liegenden Teile den Fluten zum Opfer gefallen sein muß,



Aufn. BANTELMANN, 1938

Abb. 50. Spuren mittelalterlichen Torfabbaues unter der heutigen Hallig Langeneß-Nordmarsch, von jüngeren Watt- und Anwachsschichten überdeckt. Spuren dieser Art sind Anzeichen für das wechselvolle Schicksal und das sehr geringe Alter großer Teile der heutigen Halligen.

1 Tongyttja auf der Oberfläche mittelholozäner Meeresablagerungen.
2 Abbauschollen mit Sturmflutschichtung.
3 Wattsedimente, abgelagert nach der Abbau-Periode.
4 Jüngerer Anwachs mit Sturmflutschichtung, Schichtverstärkung erfolgt bei Überflutungen noch heute.

bevor hier neues Land, die heutige Hallig aufwuchs. Auf die gleiche Weise wird wahrscheinlich auch die Mehrzahl der anderen Salzsiederwarfen verschwunden sein. Andererseits lagen im gleichen Gebiet auf Flächen, die seit 1803 durch Kantenabbruch zerstört sind, fünf Halligwarfen, von denen einige nach den Beobachtungen von LUDWIG ANDRESEN (1937 und mündl. Mitteilung) über alten Abbauflächen angelegt worden sein müssen; sie wurden also erst gegründet, nachdem hier nach der Zerstörung durch Menschenhand neues Land aufgewachsen war. Auf Grund dieser in den Randgebieten der heutigen Hallig Langeneß gemachten Beobachtung ist anzunehmen, daß auch ein großer

Teil der heute noch vorhandenen Warfen erst nach erfolgtem Torfabbau und Wiederaufwachsen des Landes angelegt wurde.

Gesicherte schriftliche Belege über die Salzgewinnung aus Torf liegen nach HÄBERLIN (1934) für das nordfriesische Gebiet seit dem ausgehenden 12. Jahrhundert vor. Aus ihnen erfahren wir, daß der auf Grund seiner Lagerungsverhältnisse seit Jahrhunderten mit Salzwasser getränkte Torf getrocknet und anschließend verbrannt wurde. Die durch Auslaugen des Salzes aus der Torfasche gewonnene Sole wurde in großen Eisenkesseln bis zum Ausfällen des Salzes gesotten. Von einigen Verfassern wird eingehend über die Vor- und Nachteile dieses „friesischen" Salzes berichtet. Die erste, etwas eingehendere Beschreibung des Abbauvorganges, gibt für die zweite Hälfte des 16. Jahrhunderts JOHANNES PETREUS. Er schildert die Gewinung des Torfes auf dem offenen Watt unter Benutzung von Schiffen als Transportmittel. Nach der gleichen Methode wurde nachweislich bis zum Jahre 1782 von Dagebüll und Galmsbüll aus die Salztorfgewinnung betrieben.

Während, wie schon erwähnt, für den nordfriesischen Bereich kein Hinweis für den von uns beschriebenen Abbau unter begrüntem Anwachs vorhanden ist, liegen darüber aus Holland eingehende Nachrichten vor. Die durch DE JONG (ohne Jahrg.) gesammelten Berichte vermitteln uns ein lebendiges Bild dieses Abbauvorganges. Auf den Außendeichsländereien im Rhein-Maas-Mündungsgebiet beispielsweise wurden um die ausgedehnten Abbaugebiete Kajedeiche gebaut, die manchmal sogar mit Entwässerungsschleusen versehen waren, um die hier bis zu 3 m mächtigen Torflager bis in größere Tiefe ausbeuten zu können. Sogar unter Deichschutz liegende Kulturlandflächen wurden durch die Salztorfgewinnung zerstört; die nach dem Abbau tiefliegenden Gebiete wurden notdürftig mit einer neuen Kleidecke versehen. Nachdem schon frühzeitig Verordnungen zum Schutze der durch den Abbau gefährdeten Deiche erlassen worden waren, wurde im Jahre 1515 durch ein Verbot Karls des V. die Salztorfindustrie in den Niederlanden lahmgelegt, spanisches Salz trat an die Stelle des heimischen Produkts. In Nordfriesland hingegen hielt sich — wenn auch in bescheidenem Umfange und in seinem letzten Stadium ohne Eingriffe auf begrünte Flächen — dieser Industriezweig bis zum Ende des 18. Jahrhunderts.

d. Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse für die nördlichen Halligen

Eine Rückschau über die Ergebnisse unserer Untersuchungen der Landschafts- und Besiedlungsgeschichte im Bereich der nördlichen Halligen zeigt, daß hier schon frühzeitig, wahrscheinlich von der zweiten Hälfte des 1. Jahrtausends n. Chr. Geb. an, Moore und Sümpfe in den Bereich von Sturmflutüberschwemmungen durch Salzwasser gerieten. Auf den Torf- und Dargschichten lagerte sich toniger Anwachs ab, der unmittelbar nach seiner Bildung von einer Salzwiesenvegetation bedeckt wurde. Die weitere Entwicklung ist gekennzeichnet durch eine fortlaufende Erhöhung der begrünten Flächen durch dünne Lagen vorwiegend anorganogener Sedimente bei Überflutungen, welche die Setzung, die insbesondere in den Torf- und Dargschichten eintrat, sowie die mutmaßliche Erhöhung der Tidewasserstände ausglich. Die begrünten Flächen fielen bei Eintritt normaler Witterungsverhältnisse nach den Überschwemmungen wieder trocken. Sie wurden also nicht, wie weite Strecken im Kerngebiet des alten Strandes, durch die Auswirkungen von Sturmflutkatastrophen ohne Übergang in Wattflächen verwandelt. Die Zerstörung des Landes erfolgte hier durch Vorgänge anderer Art, insbesondere durch Uferabbruch, der eine ständige und sehr erhebliche Verringerung der Flächen im Laufe der Jahrhunderte zur Folge hatte, und durch fortlaufende Zerschneidung des Landes. In großen Teilen des Gebietes wurde die Landzerstörung durch den Salztorfabbau auf begrüntem Halligland, also durch menschliche Tätigkeit, wesentlich beschleunigt.

Die ehemals im Raum zwischen Hooge und Habel liegenden Kirchspiele gehörten zum Bereich der Pellworm-, Wirichs- und Beltringharde und damit zur Propstei des alten „Strandes". Die Struk-

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

tur der von uns beobachteten Kulturspuren hingegen, die in ihren Anfängen offensichtlich bis in das hohe Mittelalter zurückgehen, sprechen dafür, daß diese Gebiete auch vor der Katastrophe von 1362 nicht zum geschlossenen Deichverband des „Strandes" gehört haben. Es hat vielmehr den Anschein, daß hier wie dort zu Beginn unseres Jahrtausends eine kolonisationsartige Besiedlung erfolgte. Die Ursachen der verschiedenen Ausgestaltung der Kulturlandschaft in den beiden unmittelbar benachbarten Räumen werden wir in dem verschiedenartigen Landschaftscharakter zu suchen haben, den die Siedler in ihrer neuen Heimat vorfanden: Eine umfassende Bedeichung erfolgte nur in den zentralen Teilen des Landes, in denen sich zu Beginn unseres Jahrtausends das Vordringen des Meereseinflusses nur wenig oder gar nicht bemerkbar gemacht hatte. Hier müssen damals noch Niederungs- und Hochmoore große Teile der Oberfläche von Meeresablagerungen aus dem Mittelholozän bedeckt haben. In den Randgebieten hingegen, in denen durch das Vordringen des Meereseinflusses einerseits bereits eine erhebliche Zerschneidung der Landflächen eingetreten war, andererseits die auch hier vorhandenen Moore und Sümpfe schon weitgehend mit einer Decke marinen Anwachses überzogen waren, beschränkte man sich auf die auf S. 76 geschilderte Bedeichung kleinerer Flächen.

Im beschriebenen Raum der nördlichen Halligen werden demnach einst zwar ausgedehnte, aber bereits zerrissene Salzwiesenflächen außerhalb der Deichlinie des alten „Strandes" von vor 1362 gelegen haben. Die ersten Überflutungen werden hier aus nordwestlicher und nördlicher Richtung von der Norderau her gekommen sein. Wesentliche Teile des Strombettes der Süderaue hingegen werden nach unserer Annahme erst nach der Katastrophe von 1362 und der durch sie bewirkten Zerstörung von Teilen des alten „Strandes" entstanden sein. Für diese Annahme spricht auch die besonders starke Vergrößerung des Einflußgebietes dieses Tiefs im Raume Butwehl, Gröde, Habel, Appelland, Hingsteneß, die bis in die Neuzeit hinein angedauert hat.

Es wird in diesem Zusammenhang wiederum deutlich, daß letzten Endes die umfassende Bedeichung und die in ihrem Schutz möglichen Kulturmaßnahmen schon bei der Katastrophe von 1362 die Ursache des plötzlichen Unterganges großer Teile des alten Strandes waren. Im Gebiete der heutigen nördlichen Halligen gab es dagegen keine umfassende Bedeichung, sie blieben damals ebenso erhalten, wie nachweislich die unbedeichten bzw. jung bedeichten Randbezirke der Insel Alt-Nordstrand nach der Katastrophe des Jahres 1634. Da hier die Oberfläche des genutzten Landes wegen des fortlaufenden Höhenwachstums infolge Sturmflutsedimentation, trotz der Setzungserscheinungen in Torf- und Dargschichten und trotz der steigenden Tidehochwasserstände, stets über dem MThw lag, beschränken sich die Zerstörungsvorgänge — abgesehen von den Eingriffen des Menschen beim Salztorfabbau — im wesentlichen auf die ständige Verkleinerung der Flächen durch Uferabbruch.

3. Die Entwicklung im Bereich der „Dagebüller Bucht" als Beispiel für Veränderungen im geestnahen Teil des Untersuchungsgebietes (Abb. 51a bis c)

In den der Festlandsgeest unmittelbar vorgelagerten Teilen der Utlande hat sich, vor allem außerhalb der Flußmündungsgebiete, ein verstärkter Meereseinfluß erst verhältnismäßig spät bemerkbar gemacht. Die auch hier einst vorhandenen großen Moorflächen wurden, soweit sie nicht der vordringenden Zerschneidung zum Opfer fielen, größtenteils von einer verhältnismäßig geringmächtigen Kleischicht bedeckt. In ihren Anfängen wurde diese Entwicklung durch menschliche Tätigkeit anscheinend nur wenig beeinflußt. Abgesehen von kleinen Sommerkögen, entstanden in fester Anlehnung an die Geest die ersten größeren mit Winterdeichen umgebenen Köge nicht vor dem Ausgang des Mittelalters (Eckermann, C. H. 1891, Fischer, O. 1955, Bd. 2, Andresen, L. 1940).

Vom Beginn der Neuzeit an jedoch bewirkt menschliche Tätigkeit, zum Teil unterstützt durch Folgeerscheinungen einer erhöhten Landzerstörung im Bereich der im Westen inselförmig vorgelagerten Landflächen, einen völligen Wandel in den Verhältnissen. Ganz besonders aufschlußreich für unsere Betrachtungen der landschaftlichen Veränderungen und ihrer Ursachen ist die Entwicklung, die

sich innerhalb der letzten 500 Jahre im geestnahen Raum, zwischen Ockholm im Süden und der Wiedingharde im Norden, vollzog (Abb. 51), ein Raum, der im folgenden mit DITTMER (1952) als „Dagebüller Bucht" bezeichnet werden soll.

Auch hier hatte sich bis zum Ende des Mittelalters vor Teilen des Geestrandes ein schmaler Marschensaum gebildet, der zudem durch die Mündungen der Soholmer- und Lecker Aue stark aufgegliedert war. Seewärts inselförmig vorgelagert waren die altbesiedelte, seit 1436 durch einen umfassenden Seedeich geschützte Wiedingharde, zahlreiche Halligen von z. T. beträchtlicher Größe und der flache Geestkörper des Risummoores, der nach erfolgter Deichsicherung den Namen „Kornkoog" erhielt. Von den Halligen scheinen Dagebüll und Fahretoft schon früh eine Sommerbedeichung größeren Umfanges besessen zu haben.

Die zwischen den Inseln und Halligen liegenden Wattflächen waren von Gezeitenrinnen zerschnitten, deren nördliche Ausläufer sich östlich der gleichfalls inselförmigen Wiedingharde mit Teilen eines Rinnensystems vereinigten, das von der damals vorhandenen großen Meeresbucht im Bereich der Wiedaumündung nach Süden vordrang.

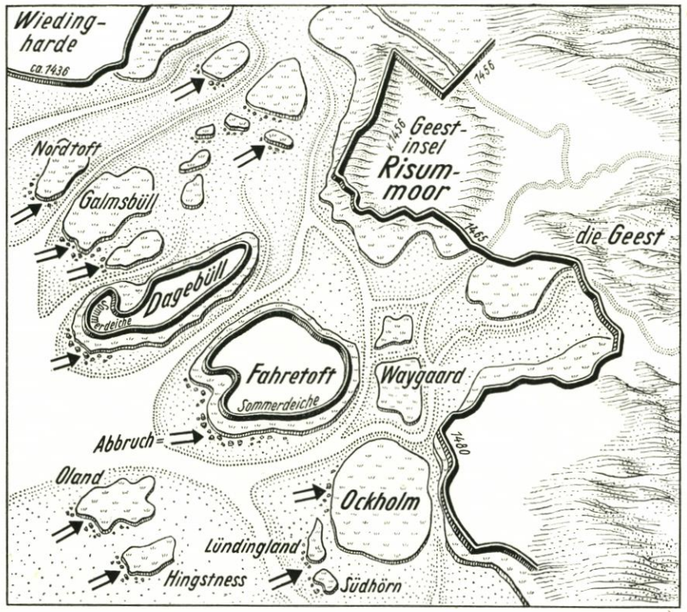
Die angedeuteten hydrographischen Verhältnisse boten einer natürlichen Bildung großer geschlossener Marschflächen keine günstigen Voraussetzungen.

Der große Anteil von inselförmigem Marschland an der Gesamtfläche des Raumes verleitete zu dem Versuch, die günstig gelegenen Gebiete einschließlich der trennenden Wattflächen einzudeichen. Bei der Durchführung dieser im folgenden beschriebenen Maßnahmen spielte nach Aussage der zeitgenössischen Berichte neben der Gewinnung von nutzbaren Landflächen der Gesichtspunkt des besseren Schutzes durch Kürzung der Deichlinien sowie die Überwindung von Entwässerungsschwierigkeiten in wesentlichen Teilen des Gebietes eine Rolle. So wurde im Jahre 1547 in der Bucht zwischen dem Risummoor und dem Langenhorner Alten Koog der Störtewerker Koog gewonnen, obwohl der Abschlußdeich über weite Wattflächen gelegt werden mußte, und das von ihm geschützte Land viel unbegrüntes „Schlickland" enthielt, dessen Nutzbarmachung entweder nicht möglich war oder eines unverhältnismäßig hohen Aufwandes bedurfte.

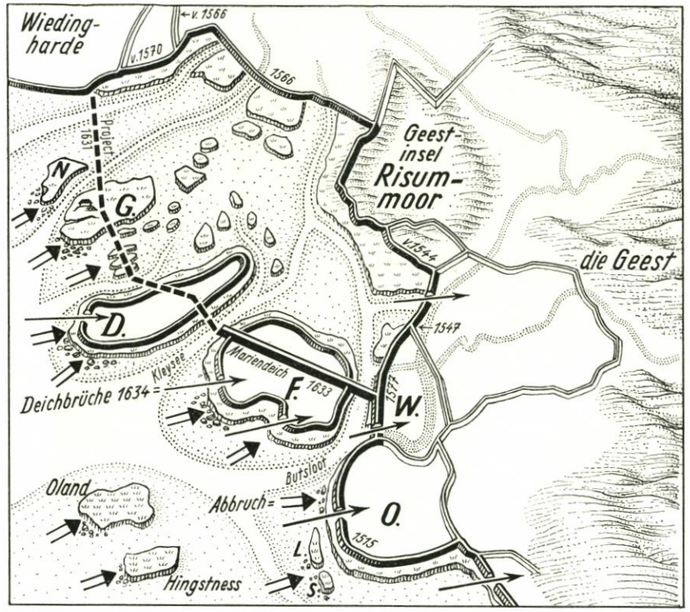
Gleichfalls nur unvollkommen verlandet waren die ausgedehnten Flächen zwischen der Wiedingharde und der Festlandsgeest, als sie in den Jahren 1562 bis 1566 unter dem Namen „Gotteskoog" bedeicht und damit dem Einfluß des Meeres entzogen wurden. Durch den Bau des südlichen Abschlußdeiches dieses Kooges, der vom Deich der Wiedingharde bis nach Südniebüll auf dem Risummoor verlief, veränderten sich die natürlichen Verhältnisse des unbedeicht gebliebenen Restgebietes insofern grundlegend, als es nun in eine Bucht verwandelt war, in deren seewärtigem Teil die drei großen Halligen Fahretoft, Dagebüll und Galmsbüll neben einer ganzen Reihe von kleineren Eilanden lagen. Obwohl diese Halligen voneinander bzw. vom Festland durch verhältnismäßig schmale Wasserflächen getrennt waren, verliefen zwischen ihnen Gezeitenrinnen von beachtlichem Ausmaß. In den Rinnen, die sich im Bereich der Bucht hinter den Halligen teilweise zu „Ringströmen" vereinigten, herrschten Strömungsgeschwindigkeiten, die Abdämmungsversuche mit den damals zur Verfügung stehenden Mitteln schwierig gestalten mußte (Abb. 51b).

Trotzdem wurde schon im Jahre 1570, also nur vier Jahre nach dem Abschluß im Norden durch Gewinnung des Gotteskooges, mit Arbeiten zur völligen Schließung der Gesamtbucht durch den Bau von Dämmen und Deichen auf der Linie der genannten Großhalligen begonnen. Während zunächst die Durchdämmung der Tiefs zwischen Galmsbüll und der Wiedingharde einerseits und Dagebüll andererseits gelang, versuchte man nach Andeichung der Hallig Waygaard als Waygaarder Koog an das Festland eine Verbindung nach Fahretoft durch die Abdämmung des Bottschlotts herzustellen. Dieses Tief, das zwischen den ehemaligen Halligen Ockholm bzw. Waygaard und Fahretoft in die Bucht einlief, war durch eine direkte Verbindung mit dem zwischen Dagebüll und Fahretoft verlaufenden Kleiseer Tief als Ringstrom ausgebildet. Trotz intensiver Bemühungen aller Beteiligten, insbesondere des HERZOGS ADOLF, mißlang der Versuch.

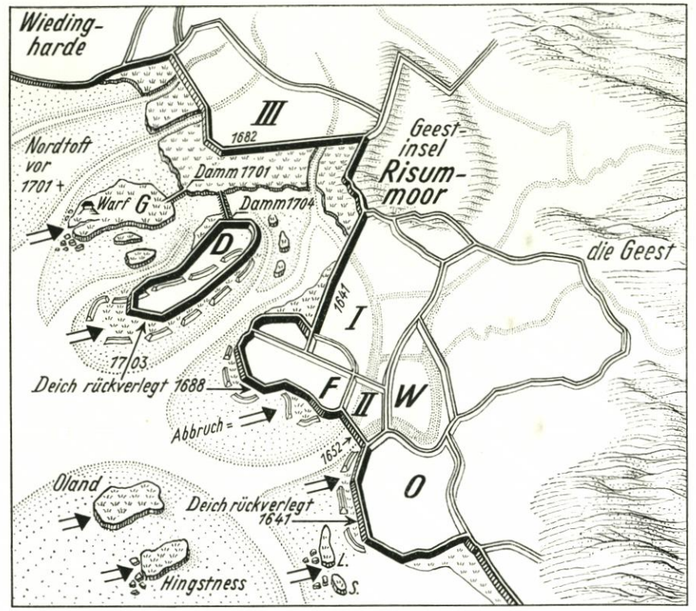
Weiteren Bemühungen, die seit 1583 unter Mitwirkung holländischer Unternehmer unternommen



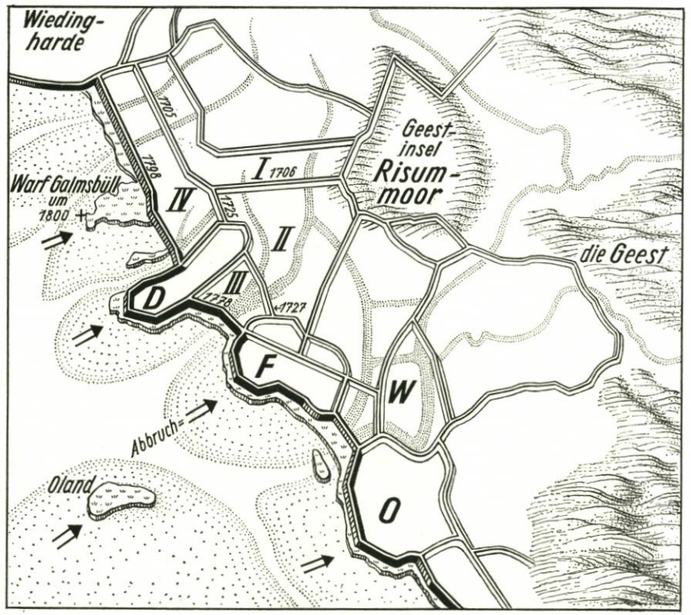
a. Um 1500



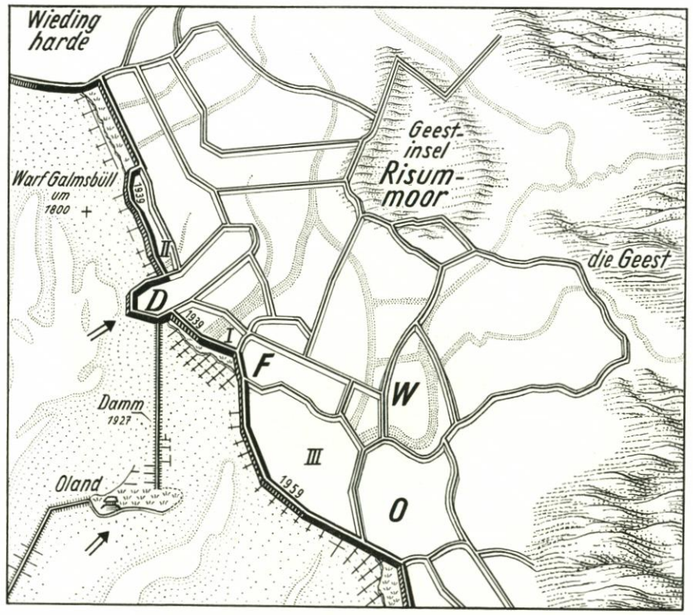
b. Um 1634



c. Beginn 18. Jahrhundert



d. Beginn 19. Jahrhundert



e. Gegenwart

Abb. 51. Veränderungen im Bereich der „Dagebüller Bucht"

a. Der Bereich der späteren „Dagebüller Bucht" hatte zu Beginn der Neuzeit den Charakter eines Wattenmeeres, in dem zahlreiche Halligen lagen. An exponierten Stellen wurde das Halligland durch Uferabbruch verkleinert. Der Saum der bedeichten Festlandmarsch war noch sehr schmal. Östlich der im Norden gelegenen, als Insel bedeichten Wiedingharde, erstreckte sich eine bis ins Wiedaugebiet durchgehende Wasserverbindung.

b. Als durch die im 16. Jahrhundert erfolgte Eindeichung des Gotteskooges die Wiedingharde landfest gemacht wurde, war südlich davon die „Dagebüller Bucht" entstanden. Wenig später wurde versucht, diese Bucht seewärts durch Deich- und Dammbauten zu schließen. Im Jahre 1633 gelang die Schließung des Bottschlotter Tiefs, die Durchdämmung des großen Kleiseer Tiefs scheiterte jedoch. Weitere Arbeiten an diesem Projekt kamen durch die Folgen der Flut von 1634 zum Erliegen.

c. Während im Westteil der Bucht Zerstörungsvorgänge weiterhin überwogen, wurde durch Verbesserung der Sedimentzufuhr im Zusammenhang mit der zunehmenden Zerschneidung im Gebiet des alten „Strandes" einerseits und planmäßigen Maßnahmen zur Förderung der Verlandung (u. a. von „Dückeldämmen") andererseits eine Bildung ausgedehnter neuer Landflächen im Innern der Bucht gefördert. Es konnte bis zum Anfang des 18. Jahrhunderts eine Anzahl neuer Köge gewonnen werden. Die zeitliche Abfolge ist durch römische Ziffern gekennzeichnet.

d. Bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts verlandeten, beschleunigt durch planmäßige Maßnahmen, weitere Teile der Bucht. Zerstörungsvorgänge in den exponierten westlichen Gebieten jedoch dauerten an und zwangen noch um 1800 zur Aufgabe der Großwarf Galmsbüll.

e. In der Gegenwart hat sich infolge planmäßiger staatlicher Landgewinnungsarbeiten die Zone fortschreitenden Anwachses weiter westwärts vorverlagert; der ehemalige Buchtcharakter ist einem fast geradlinigen Küstenverlauf gewichen. Nur die Westspitze Dagebülls schiebt sich seewärts vor und muß gegen Uferabbruch geschützt werden. Weiter nördlich haben die Flächen jungen Anwachses fast das Gebiet erreicht, in dem noch um 1800 Galmsbüll dem Vordringen des Meeres zum Opfer fiel.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

wurden, war gleichfalls kein Erfolg beschieden. Von 1610 an wurde der ursprüngliche Plan zur Schließung der Bucht erneut aufgenommen. Da die Einheimischen in Erinnerung an die Fehlschläge der Vergangenheit vorsichtig geworden waren, wurden die Arbeiten durch holländische Partizipanten finanziert und standen unter der Leitung holländischer Deichbaumeister. Im Jahre 1633 gelang die Schließung des an der Baustelle etwa 380 m breiten Bottschlotts durch einen Damm. In der direkten Verlängerung dieser Dammverbindung wurde auf Fahretoft ein Seedeich („Mariendeich") gebaut, der diese schon vorher mit Sommerdeichen versehene ehemalige Marschinsel in zwei Hälften teilte.

Im Frühjahr 1634 wurde mit der Abdämmung des mächtigen Kleiseer Tiefs begonnen, das damals an der Baustelle eine Breite von etwa 810 m besessen haben soll. Durch die große Flut vom Oktober des gleichen Jahres entstanden an der begonnenen Arbeit erhebliche Schäden, dagegen hielt das schon fertiggestellte oben erwähnte „Bottschlotter Werk" der Sturmflut stand. Auch in den folgenden Jahren gelang es nicht, das Kleiseer Tief zu bezwingen, und 1647 gaben die Holländer den Versuch zur Schließung der Gesamtbucht endgültig auf.

Durch die Sturmflut von 1634 war der Deich des Störtewerker Kooges zwischen Risum und Waygaard an zahlreichen Stellen durchbrochen. Da die einheimischen Besitzer des Kooges zu den Abdämmungsversuchen der Holländer geringes Vertrauen hatten, erwirkten sie schon 1637 die Erlaubnis, einen neuen Deich von Maasbüll über eine kleine Hallig, „Ketels Fenne" genannt, nach Fahretoft zu dem neu erbauten Seedeich der Holländer zu bauen. Der 1641 nach mehrjähriger Arbeit fertiggestellte Deich verlief fast auf seiner gesamten Länge über Wattflächen. Dementsprechend wurden beträchtliche Teile des neu gewonnenen Kooges, Maasbüller oder Herrenkoog genannt, von Wasserflächen eingenommen, die erst nach dem Bau der Bongsieler Wasserlösung im 19. Jahrhundert, bis auf die Fläche des heutigen Bottschlotter Sees als des letzten Restes des einst so gefürchteten Tiefs, verkleinert werden konnte.

Der Maasbüller Koog war, wie vorher der Gotteskoog und der Störtewerker Koog, durch Bedeichung vorwiegend tiefliegender und daher unreifer Gebiete gewonnen worden. In der Folgezeit wartete man zumeist den Aufwuchs größerer Vorländer ab, um diese dann als hochwertige Köge einzunehmen. Diesen Bestrebungen kam die natürliche Entwicklung entgegen.

Sehr schnelle Fortschritte machte die Verlandung in der kleinen Bucht, die nach Schließung des Bottschlotter Tiefs zwischen den einander gegenüberliegenden Deichlinien von Ockholm-Waygaard und Fahretoft entstanden war. Hier konnte schon im Jahre 1652 der Blomenkoog gewonnen werden. Aber auch im Inneren der Gesamtbucht machte sich, wahrscheinlich mit bedingt durch den Prozeß der Zerstörung von Alt-Nordstrand im Südwesten und die dadurch verursachten Veränderungen im Sedimenthaushalt einerseits und die schützende Wirkung des Bottschlotter Werkes andererseits, eine deutliche Verstärkung der Neulandbildung bemerkbar. Hier konnte im Jahre 1682, vor dem nunmehr über hundert Jahre alten südlichen Abschlußdeich des Gotteskooges, der Alte-Christian-Albrechts-Koog gewonnen werden (Abb. 51c).

Während sich demnach die Anwachsverhältnisse im Inneren des restlichen Teiles der Bucht seit der Mitte des 17. Jahrhunderts sehr günstig entwickelten, unterlagen die exponierten Luvseiten der vorgelagerten Marschinseln Galmsbüll und Dagebüll sowie die der inzwischen landfest gewordenen ehemaligen Inseln Ockholm und Fahretoft, gleich den übrigen Halligen des nordfriesischen Wattenmeeres, einem anhaltenden Landverlust durch Uferabbruch. Wie bereits erwähnt, waren sie teilweise durch Sommerdeiche geschützt, die bei fortschreitender Zerstörung zurückverlegt werden mußten. Bis zum Beginn des 18. Jahrhunderts wurden die größeren Inseln, mit Ausnahme Galmsbülls, mit Winterdeichen versehen. An der Ostseite von Galmsbüll und Dagebüll jedoch traten ebenso wie am gegenüberliegenden Festland starke Verlandungen ein, so daß beide Inseln zu Beginn des 18. Jahrhunderts durch Dämme mit dem Festlandanwachs verbunden werden konnten. Dadurch wurde das noch offene Gebiet in drei schmale Buchten geteilt, zwischen denen Galmsbüll und Dagebüll wie zwei mächtige Buhnenköpfe wirkten. Schon im Jahre 1706 konnte vor dem Alten- der Neue-Christian-Albrechts-Koog gewonnen werden. Die Anschlickung setzte sich auch vor dem neuen Deich unerwartet schnell

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

fort, sie wurde nun unterstützt durch Lahnungsbauten. Zeitgenössische Berichte zeigen, daß insbesondere die stark anwachsfördernde Wirkung des Dammes nach Dagebüll klar erkannt worden ist.

Bedingt durch die zunehmende Verkleinerung der Wattflächen innerhalb der Bucht und der damit zusammenhängenden Verringerung der aus- und einströmenden Wassermengen verlor das zwischen Dagebüll und Fahretoft liegende Kleiseer Tief seine ursprüngliche Unüberwindbarkeit. Im Jahre 1727 konnte es — an der Baustelle nur noch 130 m breit — durchdämmt werden. Durch den gleichzeitigen Ausbau des nördlichen Verbindungsdammes zwischen Dagebüll und dem Festland als Seedeich entstand der Kleiseer Koog. Da nur 21 Jahre seit der Gewinnung des Neuen-Christian-Albrechts-Kooges verstrichen waren, hatte sich noch nicht überall im Gebiet des neuen Kooges Anwachs bilden können, er enthielt *„auch schlechtes Land, welches niemand haben wollte"*. Das Verhältnis von diesem *„Schlickland"* zum *„hohen Land"* war jedoch für die Bewirtschaftung wesentlich günstiger als etwa im Gotteskoog oder im Maasbüller Koog.

In der durch den Dammbau zwischen Dagebüll und Fahretoft gebildeten kleinen Bucht erfolgte, genau wie schon früher westlich des Bottschlotter Werkes, ein beträchtlicher Anwachs, so daß hier im Jahre 1778 der Juliane-Marienkoog gewonnen werden konnte (Abb. 51d).

Nach der Bedeichung des Kleiseer Kooges war die ehemalige Insel Dagebüll nunmehr mit dem Festland verbunden, und nach der Gewinnung des Juliane-Marienkooges ragte sie mit nur noch einem Drittel ihrer Länge aus der Küstenlinie heraus. In der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts war von der ehemals großen Meeresbucht nur noch ein geringer Rest zwischen Dagebüll und der Wiedingharde vorhanden. Hier lag das alte, bereits 1344 erwähnte Galmsbüll als letzte einer einst größeren Anzahl von Halligen, die inzwischen durch Uferabbruch völlig zerstört waren. Die letzte der Galmsbüller Warfen, Groß Galmsbüll genannt, trug im Jahre 1788 außer der Kirche 43 Häuser. Neben der Nutzung der im Verhältnis zur zahlreichen Bevölkerung viel zu kleinen Halligfläche wurde von hier aus noch im 18. Jahrhundert neben einer intensiven Küstenschiffahrt die Gewinnung von Salz aus Torf betrieben, den man bei Ebbe auf den Wattflächen der Umgebung grub, um ihn zur Hochwasserzeit per Schiff an die Hallig zu bringen. Es herrschten hier also völlig andere Wirtschaftsformen als in den bedeichten Kögen der Nachbarschaft. Auch von der ehemaligen Insel Dagebüll wird noch für das 18. Jahrhundert das Vorhandensein von Salzsiedereien bezeugt (Prange 1963).

Im Inneren der verbliebenen Restbucht gestalteten sich die Anwachsverhältnisse weiterhin sehr günstig. Unterstützt durch die schon erwähnten Dammbauten war die alte Halligfläche von Galmsbüll bald durch einen Vorlandstreifen mit dem Festland verbunden. Eine Karte aus den Jahren 1766/67 zeigt die Galmsbüller Warf an der Westspitze einer Halbinsel, deren größerer östlicher Teil aus jungem Anwachs besteht. Trotz der guten Sedimentationsverhältnisse im Ostteil hielt der Uferabbruch im Westen in unverminderter Heftigkeit an. Nach verschiedenen zeitgenössischen Berichten aus der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts lag damals die große Warf unmittelbar an der Abbruchkante.

Als in den Jahren 1796—1798 die Bedeichung des „Galmsbüller Vorlandes" vor dem Neuen-Christian-Albrechts-Koog unter Auslassung der Galmsbüller Warf eingeleitet wurde, mußte die Umsiedlung der Galmsbüller in das neu bedeichte, „Marienkoog" genannte Gebiet, schon vor dessen Fertigstellung eingeleitet werden. Die Halligleute ohne Landbesitz erhielten einen Bauplatz auf dem Kirchenland, die Grundbesitzer hingegen wurden mit Hilfe des ihnen zustehenden Anteiles am neubedeichten Gebiet zu Koogbauern. Nur die Kirche auf der verlassenen Warf wurde nicht verlegt, sie wurde wenige Jahre später abgebrochen.

Auch nach der Gewinnung des Marienkooges hielt der Abbruch der exponierten Halligkante an. Die große Warf wurde nach und nach durch Brandung und Strömung abgetragen. Erst in unserer Zeit, nach Gewinnung eines weiteren Kooges und unterstützt durch planmäßig durchgeführte Landgewinnungsmaßnahmen, dringt die Zone mit vorherrschender Sedimentation bis in das Gebiet vor, in dem noch vor weniger als 200 Jahren das alte Galmsbüll zerstört wurde (Abb. 51e).

Die jüngste Entwicklung der landschaftlichen Verhältnisse im Bereich der ehemaligen Dagebüller

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

Bucht weicht demnach ebenso wie in der Bredstedter Bucht (S. 62) von der des westlich vorgelagerten Teiles unseres Untersuchungsgebietes ab. Das im Westen festgestellte Vordringen des Meereseinflusses, das sich am deutlichsten in der bis zur Gegenwart anhaltenden Tendenz einer Vergrößerung der Wattflächen auf Kosten des Landes zeigt, wird in den geestnahen Teilen vom Beginn der Neuzeit an aufgehalten und die Entwicklung umgekehrt: Das Land gewinnt auf Kosten der Wattflächen an Bedeutung. Der entscheidende Faktor in dieser Entwicklungsumkehr sind die Landgewinnungsmaßnahmen, also eine durch Planung gelenkte menschliche Tätigkeit, die unter Ausnutzung der insbesondere seit der Sturmflut von 1634 günstiger werdenden Sinkstoffzufuhren in den östlichen Teilen hier den Meereseinfluß bis auf den heutigen Tag zurückdrängt.

V. Ausblick

Bei der Betrachtung der Besiedlungsgeschichte des Gebietes wurde davon ausgegangen, daß der Mensch in vor- und frühgeschichtlicher Zeit dem Geschehen an der Küste überwiegend passiv gegenüberstand. Erst vom Beginn des hohen Mittelalters an griffen die Bewohner in größerem Umfange aktiv in den Prozeß der Umgestaltung der Landschaftsverhältnisse ein.

Deutlich sichtbar werden die verschiedenartigen Auswirkungen menschlicher Tätigkeit im dritten Hauptabschnitt der vorliegenden Arbeit, in dem anhand von Beispielen Ablauf und Ursachen der Veränderungen für einzelne Teile des Untersuchungsgebietes aufgezeigt sind. Die noch innerhalb der geschichtlichen Neuzeit festzustellende große Unterschiedlichkeit in der Entwicklung im Raume der ehemaligen Insel Alt-Nordstrand, der nördlich davon gelegenen Halligen und in den geestnahen Teilen ist durch Eingriffe der Bewohner mitbestimmt worden.

Heute ist im gesamten Bereich des nordfriesischen Raumes der Landzerstörung dank der Auswirkung der Küstenschutzarbeiten Einhalt geboten. Uferschutzwerke um Marschinseln und Halligen haben die Flächenverkleinerung durch Abbruch unterbunden, Deicherhöhungen schließen die Gefahr einer Sturmflutüberschwemmung von tiefliegendem Kulturland mehr und mehr aus. Vor den Festlandsdeichen dringt, unterstützt durch menschliche Tätigkeit, die Sedimentationszone mit ausgedehnten Anwachsbildungen weiter westwärts vor. Lediglich im Grenzbereich zur offenen Nordsee, an der Westküste Sylts, ist es infolge der hier herrschenden außerordentlich schwierigen Verhältnisse bisher nicht gelungen, der Rückverlagerung der Küste Einhalt zu gebieten.

Im eigentlichen Wattbereich, also außerhalb der jetzt durch Kunstbauten gegen Zerstörung geschützten Ufer, verläuft der Prozeß der Umgestaltung gegenwärtig noch immer in einem für das menschliche Zweckdenken ungünstigen Sinne. Gebiete mit vordringender Zerschneidung und Vertiefung durch Flächenabtrag überwiegen in ihrer Ausdehnung gegenüber denen, die durch Sedimentationsprozesse erhöht werden (Knop, 1963).

Versucht man auf der Grundlage der aus den Vorgängen der Vergangenheit gewonnenen Erkenntnisse sowie aus den sichtbaren Tendenzen der Gegenwart Schlüsse für eine Beurteilung der weiteren Entwicklung zu ziehen, so stößt man auf erhebliche Schwierigkeiten. Durch das Vorverlegen der geschlossenen Küstenlinie des Festlandes infolge Landgewinnung und Neubedeichung einerseits und die von uns nachgewiesene Rückverlagerung der seewärtigen Wattgrenze andererseits wird der eigentliche Flachwasserbereich mit den für ihn typischen starken horizontalen Gezeitenströmungen fortlaufend verkleinert. Wenn die Querschnittsgrößen der Gezeitenrinnen ausschließlich eine Funktion der Flächenausdehnung der dazugehörigen Einzugsgebiete wären, müßte sich das Netz der Tiefs und Priele entsprechend der Abnahme der täglich zweimal vom Wasser bedeckten Flächen verringern, genauso, wie es sich gemäß unserer Beschreibung infolge des Anwachsens der Wattflächen durch die Landverluste vergangener Jahrhunderte erheblich vergrößert und verdichtet hatte. Bisher ist jedoch eine solche theoretisch zu erwartende Tendenz zunehmender Verödung der Gezeitenrinnen noch keinesfalls erkennbar. O. Fischer (1955, S. 277) vertritt die Ansicht, daß bei Entwicklung der Watt-

ströme nicht nur die Fläche, sondern auch der infolge erhöhten Anstaus vergrößerte Rauminhalt zu berücksichtigen sei. Er vermutet ferner, daß die Sturmfluten und die mit ihnen verbundene Brandungstätigkeit als zusätzlicher Faktor den entscheidenden Anteil an den heutigen Veränderungen im Wattenmeer haben, daß „der mit den Bedeichungen auf dem Festland verbundene Anstau vor allem bei Sturmfluten den bisherigen Gang der Ausräumungen weitgehend beeinflußt hat".

Da der Sinkstoffgehalt des Wassers im Bereich des Wattenmeeres bei Sturmflutwetterlage, z. B. am Hindenburgdamm, um ein Vielfaches höher als bei normalen Tiden liegt (WOHLENBERG, E. 1954), dürfen wir annehmen, daß durch die Sturmfluten beträchtliche, großräumig wirkende Abbauvorgänge ausgelöst werden. Deutlich wird hieraus — ebenso wie aus dem auf S. 24 über die Entstehung von Marschland Gesagten —, daß sich auch in der Gegenwart der Prozeß der landschaftlichen Umgestaltung, sowohl in der Zerstörung als auch in der Entstehung neuen Landes, entscheidend während der Sturmflutwetterlagen vollzieht.

Die neueren durch menschliche Eingriffe geschaffenen Verhältnisse sind zu jung, um ihre Auswirkung auf die künftige Entwicklung im Gesamtbereich des Wattenmeers schon erkennen zu lassen. Im eigentlichen Wattgebiet werden vermutlich unter den gegenwärtig herrschenden meteorologischen und hydrologischen Bedingungen die erwähnten Prozesse der Zerschneidung und Umlagerung weiterhin anhalten. Es muß daher auch zukünftig die Vielzahl der Vorgänge beobachtet werden, die sich im Wattbereich und darüber hinaus im westlich davon gelegenen Küstenvorfeld abspielen. Nur bei genauer Kenntnis aller Faktoren wird es möglich sein, sinnvolle Maßnahmen zu ergreifen, die es gestatten, die Entwicklung auch im nordfriesischen Raum dauerhaft in einem für seine Bewohner möglichst günstigen Sinne zu beeinflussen.

VI. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde versucht, die landschaftlichen Veränderungen an der schleswig-holsteinischen Westküste, insbesondere in ihrem nordfriesischen Bereich, für die letzten 5000 Jahre darzulegen. Eingehend wurden Fragen nach dem Verlauf und den Ursachen der für die Bewohner Nordfrieslands folgenschweren Verstärkung des Meereseinflusses während des letzten Jahrtausends behandelt.

Ein säkularer Anstieg des Meeresspiegels während der betrachteten Zeitspanne von 5000 Jahren wurde für das Gesamtgebiet als sicher vorausgesetzt. Ein Vergleich der Landschaftsgeschichte des nordfriesischen und des Dithmarscher Küstenraumes zeigte, daß die durch den Meeresspiegelanstieg ausgelöste Entwicklung in beiden Räumen verschiedenartig verlaufen ist. Als Ursache dieser Unterschiedlichkeit wurden raumgebundene Faktoren dargestellt.

Eine verschiedene Entwicklung zeigte sich schon während der Flandrischen Transgression, in deren Verlauf im nordfriesischen Küstengebiet eine starke Anhäufung mariner Sinkstoffe über der weitgehend vermoorten Oberfläche pleistozäner Ablagerungen erfolgte. Dieser Vorgang führte zu einer zwar sehr schnellen und großräumigen, aber teilweise unvollkommenen Verlandung mit darauffolgender Versumpfung und Vermoorung der neugebildeten Flächen. In der Zeit um Chr. Geb. erstreckten sich nördlich der Strandwälle Eiderstedts begrünte Alluviallandflächen erheblich weiter westwärts als im südlich anschließenden Dithmarscher Gebiet. Hier verlief der Verlandungsprozeß zwar langsamer, aber ergab hohe stabile Marschflächen. Als Hauptursache dieser regionalen Verschiedenheit in der Entwicklung zwischen dem Nord- und Südteil der schleswig-holsteinischen Nordseeküste während der Frühzeit der Gesamtentwicklung sind die Unterschiede in der Oberflächengestalt und Höhenlage der pleistozänen Ablagerungen anzusehen.

Spätestens von der zweiten Hälfte des ersten Jahrtausends nach Chr. Geb. an erfolgte innerhalb der einer Untersuchung noch zugänglichen Teile des nordfriesischen Bereiches eine grundlegende Änderung im Ablauf der Landschaftsentwicklung. Es überwogen jetzt Zerstörungsvorgänge, durch die

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

große Teile der vorher verlandeten, aber tiefliegenden Flächen vom Meer wieder vernichtet wurden. In Dithmarschen hat dagegen — ebenso wie an der Südflanke des nordfriesischen Raumes in Süd-Eiderstedt — trotz weiteren säkularen Ansteigens des Meeresspiegels eine seewärtige Vorverlagerung des Küstensaumes durch Neulandbildung stattgefunden.

Als eine wesentliche Folge der Umgestaltungsvorgänge im nordfriesischen Raum konnten Veränderungen im Sedimenthaushalt erkannt werden. Während zur Zeit der Flandrischen Transgression Sinkstoffe von außerhalb des Untersuchungsgebietes herbeigeführt wurden, scheint nach unserer bisherigen Kenntnis eine Zufuhr von Westen heute zu fehlen. Die in der Gegenwart zur Ablagerung gelangenden Sinkstoffe entstammen überwiegend dem Raume selbst.

Wie im einzelnen dargestellt, ist die seewärtige Grenze des Bereichs (Außenküste), die heute von der Westküste Mittelsylts über den Westabfall der Außensände bis nach West-Eiderstedt verläuft, zugunsten der offenen See ostwärts verlagert worden. In den ehemals küstenferner liegenden Gebieten mit tiefliegender vermoorter Oberfläche wirkten sich diese Zerstörungsvorgänge in einer progressiven Zerschneidung des Landes aus, hervorgerufen durch die zunehmende Häufigkeit und Höhe der Überflutungen.

Das Vordringen des Salzwassereinflusses in das ehemalige Hinterland hatte hier ein Absterben der Bruchwald-, Moor- und Sumpfvegetation zur Folge. Über Torfschichten wurden bei Sturmflutüberschwemmungen Sinkstoffe überwiegend mariner Herkunft abgelagert, die sich mit einer Salzwiesenflora bedeckten (Anwachsbildungen).

Die Uferränder der sich erweiternden Gezeitenrinnen wurden durch die Tätigkeit der Brandung weiter zurückverlagert, wodurch die Verkleinerung der Landflächen erheblich beschleunigt wurde.

Örtlich stark wechselnde Höhendifferenzen zwischen Anwachsoberflächen verschiedenen Alters, die in den erhalten gebliebenen alten Uferbezirken im Westen am geringsten, in den ehemals uferfernen Bezirken aber am größten sind, finden nicht nur durch den säkularen Wasserspiegelanstieg, sondern durch örtliche, raumbedingte Faktoren ihre Erklärung. Infolge der Veränderung der Küstengestalt verlagerten sich besonders im letzten Jahrtausend die Scheitelwerte der normalen wie der außergewöhnlichen Wasserstände immer weiter ostwärts. Im Gegensatz zum einst von der ehemaligen Außenküste ostwärts abfallenden Tide-Hochwasser ist nach der Zerstörung der höher gelegenen Außenbezirke ein zum heutigen Festlandsdeich hin ansteigendes Tide-Hochwasser getreten.

Wie im einzelnen dargelegt, liegt in dieser gegensinnigen, küstenmorphologisch bedingten Entwicklung der Wasserstände einerseits der Keim für die Zerstörung des alten Nordfriesland, andererseits aber auch die Wurzel für seinen Wiederaufbau durch die Landgewinnungsmaßnahmen unserer Tage.

VII. Schriftenverzeichnis

Andresen, L.: Kulturspuren im Watt bei der Hallig Langeneß-Nordmarsch. Föhrer Heimatbücher Nr. 22. Wyk/Föhr 1937.

Andresen, L.: Landgewinnung im Amt Tondern bis 1630. Westküste, H. 2/3, 1940.

Bahr, M.: Die Entwicklung des Küstenvorfeldes zwischen Hever und Elbe seit dem 16. Jahrhundert. I. Teil: Vom Ende des 16. Jahrhunderts bis zum Jahre 1840. Helgoland 1961. II. Teil: Vom Jahre 1840 bis zur Gegenwart. Helgoland 1963. Unveröff. Bericht Küstenausschuß Nord- u. Ostsee.

Bantelmann, A.: Die jungsteinzeitlichen Funde im nordfriesischen Wattenmeer und ihre Bedeutung für die Küstensenkung. Nachrichtenblatt f. Deutsche Vorzeit, Jg. 1938.

Bantelmann, A.: Das nordfriesische Wattenmeer, eine Kulturlandschaft der Vergangenheit. Westküste, Bd. II, H. 1, 1939.

Bantelmann, A.: Ergebnisse der Marschenarchäologie in Schleswig-Holstein. Offa 8, 1949.

Bantelmann, A.: Entwicklung der Kulturlandschaft in den Marschgebieten Schleswig-Holsteins. Festschrift Gustav Schwantes, 1951.

Bantelmann, A.: Über Veränderungen in der Flureinteilung der Hallig Habel. Schmieder Festschrift.

Bantelmann, A.: Tofting, eine vorgeschichtliche Warft an der Eidermündung. Offa-Bücher 1955.

Bantelmann, A.: Die kaiserzeitliche Marschensiedlung von Ostermoor bei Brunsbüttelkoog. Offa 16/1957/58.

Bantelmann, A.: Forschungsergebnisse der Marschenarchäologie zur Frage der Niveauveränderungen an der schleswig-holsteinischen Westküste. Die Küste, Jg. 8, 1960.

Bantelmann, A.: Aus der Vorgeschichte des Bupheverkoogs. 25 Jahre Bupheverkoog in: Schriftenreihe der Gesellschaft zur Förderung der inneren Kolonisation, Arbeitskreis Schleswig-Holstein/Hamburg, H. 7, 1964.

Bennema, I.: Bodem- en Zeespiegelbeweging in het Neederlandsche Kustgebiet. Boor en Spade, Wageningen 1954.

Boetius, M.: Denkwürdigkeiten von Sturmfluten, welche Nordstrand betroffen haben. 1. Buch im Jahrbuch d. Nordfries. Ver. f. Heimatkde. u. Heimatliebe 18, Husum 1931. 2. Buch im Jahrbuch 19, Husum 1932.

Braat, W. C.: De archeologie van het Wieringermeer. Oudheidkundige Mededeelingen uit's Rijksmuseum van Oudheden te Leiden. Nieuwe Reeks XIII, 1932.

Brandt, H.: Auf den Spuren untergegangener Warften um Hallig Hooge. Geologie der Meere und Binnengewässer, Bd. 3, H. 1, 1939.

Busch, A.: Die Entdeckung der letzten Spuren Rungholts. Jahrb. des Nordfr. Ver. f. Hkde. u. Hliebe 10, Husum 1923.

Busch, A.: Neue Beiträge zur Frage der Bodensenkung in Nordfriesland. Jahrbuch des Nordfr. Ver. 14, Husum 1927.

Busch, A.: Milde und Mildeburg. Jahrb. des Nordfr. Ver. 16, Husum 1929.

Busch, A.: Neue Gesichtspunkte zur Kartographie des mittelalterlichen Nordfriesland. Jahrbuch des Heimatbdes. „Nordfriesld." 23, Husum 1936.

Busch, A.: Die heutige Hallig Südfall und die letzten Spuren Rungholts. Die Heimat, Juli 1957.

Busch, A.: Eine alte Landoberfläche und Kulturspuren im Nordstrander Watt. Die Küste 8, 1960.

Busch, A.: Rungholtforschung und Meeresspiegelanstieg. Die Heimat 70, H. 6, Juni 1963.

Christiansen, Willi: Die Außendeichsvegetation von Schleswig-Holstein mit besonderer Berücksichtigung von Föhr. Föhrer Heimatbücher Nr. 16, 1927.

Christiansen, Willi: Das pflanzengeographische und -soziologische Verhalten der Salzpflanzen mit besonderer Berücksichtigung von Schleswig-Holstein. Beiträge zur Biologie der Pflanzen XXII, Heft 2, Breslau 1934.

Dankwerth, C.: Neuwe Landesbeschreibung der zwey Herzogthümer Schleswich und Holstein. 1652.

Degn, Chr., und Muuss, U.: Topographischer Atlas von Schleswig-Holstein. 1963.

Dechend, W.: Sedimentpetrologische Untersuchungen zur Frage der Sandumlagerungen im Watt Nordfrieslands. Dtsch. Hydrogr. Z. 3, 1950.

Delff, Chr.: Nordfrieslands Werden und Vergehen. Nordelbingen, Bd. 10, Teil 1/2, 1934.

Dittmer, E.: Schichtenaufbau und Entwicklungsgeschichte des dithmarscher Alluviums. Westküste Jg. 1938, H. 2, Heide 1938.

Dittmer, E.: Neue Ergebnisse zur Erforschung des nordfriesischen Eems. Forsch. u. Fortschr. 17, 1941.

Dittmer, E.: Die Küstensenkung an der schleswig-holsteinischen Westküste. Forschungen und Fortschritte 24, 1948.

Dittmer, E.: Mittelalterliche Verfehnung in Nordfriesland. Die Heimat 57, 1950.

Dittmer, E.: Die nacheiszeitliche Entwicklung der schleswig-holsteinischen Westküste. Meyniana, 1952.

Dittmer, E.: Zur Geschichte der Landschaft und der Warften Nordfrieslands. Jaarverslag Vereenig. Terponderzoek, Groningen 1954.

Dittmer, E.: Der Mensch als geologischer Faktor an der Nordseeküste. Eiszeitalter und Gegenwart. H. 4/5, 1954.

Dittmer, E.: Neue Beobachtungen und kritische Bemerkungen zur Frage der „Küstensenkung". Die Küste, Jg. 8, 1960.

Eckermann, C. H.: Die Eindeichungen von Husum bis Hoyer. Zeitschr. d. Ges. f. S.H. Geschichte, Bd. 21, 1891.

Ernst, O.: Geologie des Salztorfes. Föhrer Heimatbücher 18, Hamburg 1934.

Ernst, O.: Zur Geschichte der Moore, Marschen und Wälder Nordwest-Deutschlands IV: Untersuchungen in Nordfriesland.

Fischer, O.: Das Wasserwesen an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste. Zweiter Teil: Die Inseln. 1—2, Berlin 1936—1938. Dritter Teil: Das Festland, 1—7, Berlin 1955—1957.

Forchhammer: Geognostische Studien am Meeresufer. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geognosie, Geologie, Petrefakten-Kunde. Stuttgart 1841.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

Geerkens, A.: Zur Frage der Entstehung, Erschließung und Besiedlung des alten Landes Eiderstedt, in Beziehung der Urgesch. der Marschen überhaupt. Jahrb. d. Nordfr. Ver. 12, Husum 1925.

Van Giffen, A. E.: Die Ergebnisse der Warftengrabung. Bericht über die Jahrhundertfeier des Archäol. Instituts.

Van Giffen, A. E.: Grafheuvels uit de Mittenbronstijd met nederzettingssporen van de Klokbekercultuur bij Oostwood. West-Frieslands Oud en Nieuw 29, 1962.

Gripp, K.: Das Watt. Begriff, Begrenzung und fossile Vorkommen. Senkenbergiana Lethaea 37, 1936.

Gripp, K., u. Simon, W. G.: Untersuchungen über den Aufbau und die Entstehung der Insel Sylt. I. Nordsylt, Westküste 2, 1940.

Gripp, K., u. Becker, W.: II. Mittelsylt, Westküste 2, 1940.

Gripp, K.: Eider und Elbe, ein erdgeschichtlicher Vergleich. Neumünster 1941.

Gripp, K.: Entstehung und künftige Entwicklung der Deutschen Bucht. Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte und des Marine-Observatoriums 63, Nr. 2, 1944.

Gripp, K.: Erdgeschichte von Schleswig-Holstein. Neumünster 1964.

Gry, H.: Das Wattenmeer bei Skallingen. Physiographisch-biologische Untersuchung eines dänischen Tidegebietes Nr. 1. Quantitative Untersuchungen über den Sinkstofftransport durch Gezeitenströmungen. Fol. Geogr. Danica, Tom. 2, Nr. 1., H. Hagerups Verlag, København 1942.

Haarnagel, W.: Die frühgeschichtlichen Siedlungen in der Schleswig-holsteinischen Elb- und Störmarsch, insbesondere die Siedlung Hodorf. Offa Bd. 2, Neumünster 1937.

Haarnagel, W.: Das Alluvium an der deutschen Nordseeküste. Probleme der Küstenforschung im südl. Nordseegebiet, Bd. 4, Hildesheim 1950.

Häberlin, C.: Die Nordfriesischen Salzsieder. Föhrer Heimatbücher, 18, Hamburg 1934.

Hansen, R.: Beiträge zur Geschichte und Geographie Nordfrieslands im Mittelalter. Zeitschr. d. Ver. f. Schl.-H. Gesch., Bd. 21, Kiel 1891.

Hansen, R.: Nordstrand, von Peter Sax. Jahrb. d. Nordfr. Ver., 6, Husum 1911.

Hasse, P.: Schleswig-Holst. Lauenb. Urkunden und Regesten. Schreiben d. Papstes Innozenz III vom 13. Nov. 1198 an den Propst des Strandes in Band I, Nr. 208, 1886.

Haupt, R.: Die Bau- und Kunstdenkmäler der Provinz Schleswig-Holstein, 5. Bd., Heide 1924.

Heck, H. L.: Die nordfriesische neuzeitliche Küstensenkung als Folge diluvialer Tektonik. Jahrb. d. Preuß. Geol. Landesanstalt, Bd. 57, 1926.

Heck, H. L.: Tektonische Senkungen Nordfrieslands und dennoch Landgewinnung? Zeitschr. d. Dtsch. Geol. Ges., Berlin 1936.

Heck, H. L.: Helgoland, Gebirge unter der Marsch und sinkende Küsten. Forschg. u. Fortschr., 1936.

Heimreich, A.: nordfresische Chronik. I. und II. Teil. 3. Auflage, Tondern 1819.

Hinrichs, E.: Über ehemalige Flußläufe im Gebiet der Untereider. Nordelbingen, 2. Bd., Flensburg 1923.

Hundt, Cl.: Maßgebende Sturmfluthöhen für das Deichbestick der schl.-holsteinischen Westküste. Die Küste 3, Doppelh. 1/2, 1954.

Jakobsen, B.: The Tidal Area on South-Western Jutland and the Process of the Salt Marsh Formation. Geografisk Tidskrift, 53. Bd., Abb. Fig. 3, København 1954.

Jakobsen, B.: Vadehavets Morfologi. Folia Geographica Danica XI, Nr. 1, København 1964.

Jakobsen, N. Kingo: Jordbundsundersøgelser i Tøndermarsken. Geogr. Tidskr. 55. Medd. fra Skall. Lab. XV, København 1956.

Johansen, Chr.: Die Hallig Nordstrandisch Moor und ihre Watten. Jahrb. der Landeskunde der Herzogthümer Schleswig-Holstein u. Lauenburg Bd. VI, Kiel 1863.

De Jong, D. L.: Van Mooren en Zoutnering. Techniek en Practijk. Artikelreihe: Historische Techniek VI. Harlem. o. J.

Knop, Fr.: Untersuchungen über Gezeitenbewegung und morphologische Veränderungen im nordfriesischen Wattgebiet als Vorarbeiten für Dammbauten. Mitt. Leichtweiß — Inst. f. Wasserbau u. Grundbau der Techn. Hochschule Braunschweig, H. 1, 1961.

Knop, Fr.: Küsten- und Wattveränderungen Nordfrieslands — Methoden und Ergebnisse ihrer Überwachung. Die Küste, Jg. 11, 1963.

Koop, J. R.: Küstenveränderungen an der Festlandküste vor Husum in geschichtlicher Zeit. Ztschr. d. Ges. f. S.H. Gesch., Bd. 53, Kiel 1923.

Körner, B.: Die Sinkstoffe der Küstengewässer. Die Küste 4, 1955.

Krey: Das Wattengebiet, die Marschen und Halligen an der schl.-holst. Nordseeküste. Zentralblatt der Bauverwaltung, 38. Jahrg., Berlin 1918.

Kruse, C. O.: Beschreibung der Insel Hooge. Schleswig-Holsteinische Provinzialberichte, VIII. Jg., 1. Bd., 1794.

Lensch, M.: Die Salzgewinnung in Nordfriesland. Mitt. d. Nordfries. Vereins, Jahrgang 1908/09.

Lorenzen, J. M.: Die Geschichte der Insel Alt-Nordstrand, Nordstrand und Pellworm, insbesondere die Entwicklung der Querschnitte ihrer Deiche bis zur Jetztzeit. Zentralblatt der Bauverwaltung, 58. Jahrg., H. 28, Berlin 1938.

Lorenzen, J. M.: Planung und Forschung im Gebiet der schl.-holst. Westküste. Westküste Jg. 1, H. 1, 1938.

Lorenzen, J. M.: Gedanken zur Generalplanung am nordfries. Wattenmeer. Die Küste, Jg. 5, 1956.

Lorenzen, J. M.: 25 Jahre Forschung im Dienst des Küstenschutzes. Die Küste, Jg. 8, 1960.

Lorenzen, L.: Genaue Beschreibung der wunderbaren Insel Nordmarsch ... Camerers Nachrichten der Herzogthümer Schleswig und Holstein. 2. Teil, Flensburg u. Leipzig 1762.

Meiborg, R.: Das Bauernhaus im Herzogtum Schleswig. 1896.

Møller, J. T.: Fladkystens og flodens morfologiske elementer i det tidevandspraegede landskab med dettes saerlige vegetation og hydrografiske forhold. Meddelelser fra Skalling Laboratoriet 1964, Bd. 20.

Müller, Fr.: Das Wasserwesen an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste. Erster Teil: Die Halligen, Bd. I und II, Berlin 1917.

Müller, Fr. u. Fischer, O.: Das Wasserwesen an der schleswig-holsteinischen Westküste. Zweiter Teil: Die Inseln, 3 Bände, Berlin 1936—1938.

Muuss, R.: Rungholt, Ruinen unter der Friesenhallig. Lübeck o. J.

Nielsen, O.: Liber Census Daniae. Kong Valdemar den Andens Jordebog. Kjøbenhavn 1873.

Pauls, V.: Zur Rungholtforschung. Zeitschr. d. Ges. f. Schl.-Holst. Gesch., Bd. 60, Neumünster 1931.

Peters, L. C.: Wie groß war Nordfriesland vor 1000 Jahren? Husumer Nachrichten, Nr. 298, 1926.

Peters, L. C.: Neues vom schwindenden Rungholt. Husumer Nachrichten, 17. VI. 1931.

Peters, L. C.: Zur Frage der Landsenkung. Husumer Nachrichten, 2. XI. 1931.

Petersen, M.: Sinkstoffgruppenmessung an der Norder Hever 1937. Unveröff. Arbeitsber. Marschenbauamt Husum 1941.

Petreus, J.: Schriften über Nordstrand. Herausgegeben von R. Hansen. Quellensammlung der Ges. f. Schl.-Holst. Gesch., Bd. V, Kiel 1901.

Prange, W.: Das Holozän und seine Datierung in den Marschen des Arlau-Gebietes, Nordfriesland. Meyniana, Bd. 13, Kiel 1963.

van Regteren Altena, I. F., u. Bakker, I. A.: The Vlaardingen Culture. In Helinium II u. III. 1962 u. 1963.

Rohde, H.: Die Veränderung der hydrographischen Verhältnisse des Eidergebietes durch künstliche Eingriffe. Deutsche Gewässerkundl. Mitteilungen 1965, Sonderheft, S. 57 ff.

Sach, A.: Das Herzogtum Schleswig in seiner ethnographischen und nationalen Entwicklung. Drei Abteilungen. Halle 1896; 1899; 1907.

Saxo Grammaticus: Saxonis Grammatici Historia Danica. Havniae 1839 u. 1858.

Schelling, H.: Die Sturmfluten an der Westküste von Schleswig-Holstein unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse am Pegel Husum. Die Küste 1, H. 1, 1952.

Schott, C.: Die Naturlandschaften Schleswig-Holsteins, 1956. Geschichte Schleswig-Holstein, 1. Bd., Neumünster 1958.

Schott, C.: Die Westküste Schleswig-Holsteins. Probleme der Küstensenkung. Schr. Geogr. Inst. Kiel, 13, H. 4, 1950.

Schroller, H.: Die Bedeutung der Wurten für Wissenschaft, Wirtschaft und Weltanschauung. Die Kunde, Bd. 5, Nr. 5, Hannover 1937.

Schütte, H., Tagebuchblätter der nordfriesischen Marsch. Jahrb. Nordfr. Ver., 14, 1927.

Schütte, H.: Die Wurten als Urkunden der Küstengeschichte. Natur u. Museum, H. 6, Frankfurt/M. 1933.

Schütte, H.: Nordfrieslands geologischer Werdegang. Jahrb. d. Nordfr. Ver., 16, Husum 1929.

Schütte, H.: Die Entstehung der Seemarschen. Mitt. d. deutschen land. Gesellsch., Jahrg. 1911.

Schütte, H.: Krustenbewegungen an der deutschen Nordseeküste. Aus der Heimat, Stuttgart 1927.

Schütte, H.: Die Schwankungen der südlichen Nordseescholle. Die Kunde, Jahrg. 5, Nr. 5, Hannover 1937.

Schwarz, A.: Schlickfall und Gezeitenschichtung. Senkenbergiana, Bd. II, H. 3, Frankfurt/M. 1929.

Schwarz, A.: Meerische Gesteinsbildung I. Senkenbergiana, Bd. XV, H. 1 u. 2, Frankfurt/M. 1933.

Simon, W. G.: Beitrag zur Erdgeschichte Nordfrieslands auf Grund der Tiefbohrungen im Watt 1937. Unveröffentl. Bericht bei der Forschungsstelle Husum.

Trusheim, F.: Zur Bildungsgeschwindigkeit geschichtlicher Sedimente im Wattenmeer. Senkenbergiana, Bd. II, H. 5 u. 6, Frankfurt/M. 1929.

Wegner, Th.: Grundsätzliches zur Geologie. Senkenbergiana Bd. XV, Frankfurt/M. 1933.

Wegner, Th.: Zur Frage der Senkung nordfriesischen Landes. Husumer Nachrichten, 30. XI. 1931.

WEGNER, TH.: Vorläufige Mitteilungen über Studien im nordfriesischen Wattgebiet. Centralbl. f. Mineralogie Abt. B, Nr. 5, 1931.
WIERMANN, R.: Botanisch-moorkundliche Untersuchungen in Nordfriesland. Meyniana, Bd. 12, Kiel 1962.
WILDVANG, D.: Die Pollenanalyse im Dienste der Marschenforschung. Die Kunde, Jahrg. 5, H. 5, Hannover 1937.
WOHLENBERG, E.: Die grüne Insel an der Eidermündung. Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte, Bd. 50, H. 2, Hamburg 1931.
WOHLENBERG, E.: Ruinen im Wattenmeer. Natur und Museum, Bd. 62, H. 1, Frankfurt/M. 1932.
WOHLENBERG, E.: Über die tatsächliche Leistung von Salicornia herbacea L. im Haushalt der Watten. Wiss. Meeresuntersuchungen, Abt. Helgoland, XIX, 3, 1933.
WOHLENBERG, E.: Das Andelpolster und die Entstehung einer charakteristischen Abrasionsform im Wattenmeer. Wiss. Meeresuntersuchungen, N. F., Abt. Helgoland, XIX, 4, 1933.
WOHLENBERG, E.: Entstehung und Untergang der Insel Trischen. Mitt. Geogr. Ges. Hamburg, 49, 1950.
WOHLENBERG, E.: Sinkstoff, Sediment und Anwachs am Hindenburgdamm. Die Küste 2, H. 2, 1954.
WOHLENBERG, E.: Das Watt schreibt unsere Geschichte. Ztschr. Ostfriesland, 3, 1955.
WOHLENBERG, E.: Das Kernstück der Rungholtforschung wurde geborgen. Husumer Tagesztg. 10. Sept. 1961.
WOLFF, W.: Ergebnisse einer Bereisung der deutschen Nordseeküste zur Prüfung der Senkungsfrage. Ztschr. f. Prakt. Geologie, 31. Jahrg., H. 11 und 12, Halle 1923.

Ferner wurden eingesehen.

1. Deutsche Seekarte, Nordfriesische Inseln.
2. Wattvermessungen (nach Höhe und Lage) der Forschungsstelle Westküste im Marschenbauamt Husum.
3. Bohrregister der Bohrsammelstelle bei der Forschungsstelle Westküste in Husum.
4. Archiv Landesamt für Denkmalpflege des Landes Schleswig-Holstein (Abbildungen 6, 19, 37 und 40 von THEOD. MÖLLER).

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

Die zweite Deichlinie im Schutzsystem der deutschen Nordseeküste

Von Marcus Petersen

Inhalt

I. Vorbemerkung 100
II. Erläuterung der wichtigsten Begriffe 100
III. Entwicklung der Anforderungen an die zweite Deichlinie 101
IV. Technische Ausführung und Überwachung 103
V. Folgerungen 106
VI. Schriftenverzeichnis 106

I. Vorbemerkung

Seit der Holland-Flut am 31. Januar/1. Februar 1953 (14 und 16) und der Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 (5 und 9) wird unablässig an einer Verbesserung des Deichschutzes an der Nordseeküste gearbeitet. Insbesondere gelten die Bemühungen einer Verstärkung der See- oder Hauptdeiche. Höhe und Bauart werden nach einer noch höheren Sturmflut, als sie 1962 eingetreten ist, bemessen. Die den neuen Deichbauten zugrunde gelegten Wasserstände sind mit wissenschaftlicher Gründlichkeit nach dem heutigen Stand der Erkenntnis ermittelt worden (vgl. u. a. Heft 10 der „Küste").

Ob und wann noch höhere als die bisher bekannten höchsten Sturmflutwasserstände eintreten können, entzieht sich wie bei vielen Naturvorgängen der menschlichen Vorausberechnung (7). Wenngleich die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten so schwerer Sturmfluten nicht groß ist, müssen die Hochwasserschutzanlagen, also auch die Seedeiche, derart gestaltet werden, daß sie ohne nachhaltigen Schaden einem kurzzeitigen „Überschwappen" standhalten können. Dieser Forderung werden die Deiche an allen gefährdeten Küstenabschnitten zur Zeit angepaßt.

Da nach dem Gesagten auch in Zukunft Deichbrüche nicht mit absoluter Sicherheit auszuschließen sind, muß mit Überschwemmungen gerechnet werden. Vorsorgliche Aufgabe der Technik im Küstenschutz muß es daher sein, die einer Überflutung ausgesetzten Flächen so klein wie möglich zu halten. Diesem Ziel dienten bereits die von unseren Vorfahren als zweite Verteidigungsstellung erhaltenen und unterhaltenen Mitteldeiche. Sie haben auch heute und in Zukunft eine wichtige Aufgabe zu erfüllen, wie es der Verlauf der letzten großen Sturmfluten in Holland und an der deutschen Nordseeküste gezeigt hat (2 und 5).

Über die Mitteldeiche oder — wie sie nun bezeichnet sein mögen — die zweite Deichlinie, ihre Notwendigkeit und ihre technische Anlage, gehen die Meinungen noch auseinander. Um den Sinn und die Aufgabe der zweiten Deichlinie zu klären, werden in den folgenden Abschnitten zunächst die wichtigsten Begriffe erläutert, danach wird die geschichtliche Entwicklung der Bewertung der Mitteldeiche dargestellt und schließlich werden technische Vorschläge mitgeteilt und begründet.

II. Erläuterung der wichtigsten Begriffe

Die landläufigen Bezeichnungen für die Mitteldeiche und Ansichten über ihre Aufgaben stimmen in den einzelnen Landschaften keineswegs überein, so daß Verwechslungen durchaus möglich sind.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

LÜDERS (6) verdanken wir eine aufschlußreiche Zusammenstellung der an der deutschen Nordseeküste gebräuchlichen Deich- und Dammbezeichnungen auch aus älterer Zeit.

Um Mißverständnisse künftig auszuschließen, gehen wir davon aus, daß die erste seewärtige Deichlinie von Hauptdeichen und die zweite Deichlinie von Mitteldeichen gebildet wird (Abb. 1). Weiter landwärts liegende Deiche (III., IV. usw. Linie) — fast immer handelt es sich um ehemalige Hauptdeiche — sollen als Schlafdeiche bezeichnet werden; sie sind aus der Aufgabe als zweite Deichlinie entlassen, da sie keine unmittelbare Schutzfunktion mehr ausüben.

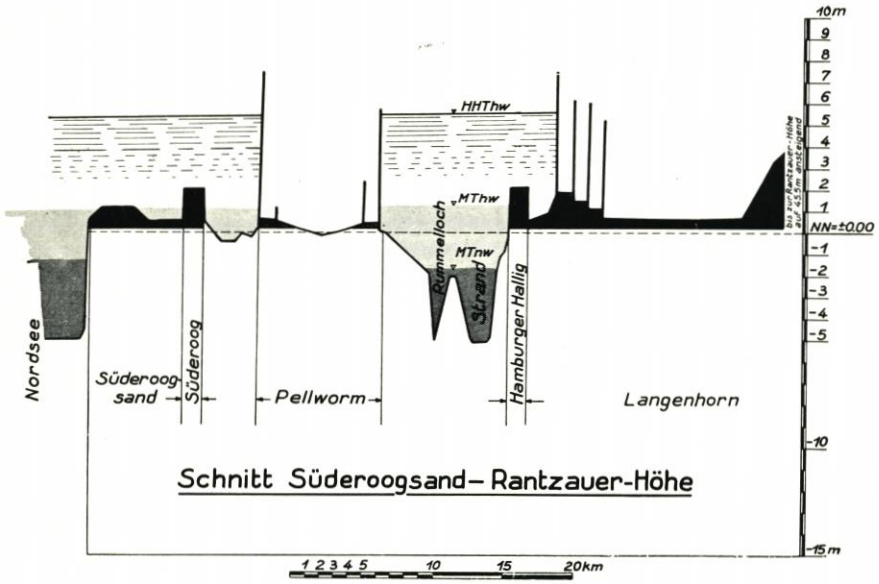


Abb. 1. Schnitt Süderoogsand bis Rantzauer Höhe nördlich Bredstedt. Gelände und Deiche der jüngeren Köge liegen höher als bei den älteren Kögen. Die senkrecht aufragenden Linien oberhalb NN bedeuten Deiche. Das obere Ende der Linien entspricht der Höhenlage der Deichkrone (Zeichenerklärung wie Abb. 3).

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

(Aus: Die Küste III, 1/2, S. 159, Abb. 6)

III. Entwicklung der Anforderungen an die zweite Deichlinie

Seedeiche zur Abwehr von Sturmfluten sind in früheren Jahrhunderten so lange nicht besonders hoch aufgeführt worden, wie die eingedeichte Marsch nur extensiv genutzt wurde. Die Menschen, die sich der ständigen Überflutungsgefahr bewußt waren, fanden Zuflucht auf den ersten Hochwasserschutzanlagen, den Warfen. Überschwemmungen durch Sturmfluten nahm man als unabwendbare Naturereignisse hin. Bau, Pflege und Unterhaltung der Deiche gewannen erst mit zunehmendem Streben nach Intensivierung der Bodennutzung und mit dem Bedürfnis nach erweitertem Hochwasserschutz und verbesserter Entwässerung an Bedeutung. Besonderen Anlaß, den Deichbau zu verbessern, gab auch das Ansteigen der Wasserstände, besonders der Sturmfluten, die zu ständigen Deicherhöhungen zwangen.

Von früh an beschränkte man sich nicht auf die Herstellung und Erhaltung nur einer einzigen vorderen Deichlinie, sondern pflegte, weil man die Anfälligkeit der ersten Deichlinie erlebte, die

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

rückwärtigen Riegelstellungen, die bei einem Bruch des Seedeiches das jeweilige Überschwemmungsgebiet eingrenzen sollten.

Nach einem Deichbruch baute man um die Wehle (Kolk) oft erst einen Not- oder Kajedeich, der den Eintritt der täglichen Flut in den Koog verhindern sollte. Je kleiner die täglich durch die Flut überstaute Landfläche innerhalb der zerstörten Deichlinie gehalten werden konnte, desto geringer blieb die durch die Bruchstellen fließende Wassermenge, desto geringer war auch die Gefahr einer Ausweitung der Bruchstelle. (Das Verfahren zum Bau von Kajedeichen, die teils nur vorübergehenden Bestand hatten, teils ausgebaut wurden und als Mitteldeiche erhalten blieben, ist schon vor 300 Jahren zu großer Vollkommenheit entwickelt [1] und bis in die Gegenwart beibehalten worden [12].)

Die Bedeutung, die man der zweiten Deichlinie beimaß, kommt bereits in den ersten geschriebenen Deichordnungen zum Ausdruck. So regelt bereits das Spade-Landesrecht (10) von 1517, das in der schleswig-holsteinischen Marsch galt, die Pflichten an den Mitteldeichen in Artikel 11 und 20. Sinngemäß schließt sich das „Landrecht des Nordstrandes" von 1572 an.

Die „Hochfürstliche Pellwormsche Deichordnung" vom 5. März 1711 (11) besagt:

> „12. *Soll niemand sich unterstehen, die alten und Mitteldeiche zu begraben, bepflantzen, bebauen, besamen, beackern, oder sonsten zu verwahrlosen, sondern im guten Stande erhalten, bey der guten Gerade lassen, und da sie verfallen, wiederum aufbessern und verhöhen, weilen selbige im Fall der Noth, (welche doch Gott gnädiglich verhüten wolle) da ein Hafdeich*) durchbrechen sollte, dem Wasser widerstehen können.*"

Im *„Allgemeinen Deichreglement für die sämtlichen Marschcommunen, adlichen Marschgütern und octroyirten Koege in den Herzogthümern Schleswig und Holstein"* vom 6. April 1803 (10) werden in vier Paragraphen die Rechte und Pflichten an Mitteldeichen festgelegt. Sogar die Polizeiverordnungen über das Deich- und Wasserwesen im Marschengebiet des Regierungsbezirks Schleswig vom 1. September 1938 verlangt die Erhaltung und Pflege der Mitteldeiche, damit sie im Ernstfalle ihrer ursprünglichen Aufgabe als Wasserwehr gerecht werden können. Es heißt darin:

> *„Die Deiche, die die 2. Verteidigungslinie darstellen, sind in wehrhaftem Zustand zu erhalten. Abgrabungen, Durchstiche, Errichtung von Baulichkeiten jeder Art bedürfen der Genehmigung des Landrats und des staatlichen Deichinspektors. Die Genehmigung zu Neu- und Wiederaufbauten kann mit der Auflage verbunden werden, daß die Gebäude ohne Entschädigung zu entfernen sind, wenn es im Deichinteresse von den zuständigen Behörden gefordert wird"* (15).

Es ist kein Wunder, daß unter der Last der wechselnden Aufgaben an Deich und Damm und unter den ständig wiederkehrenden Sturmflutkatastrophen des 17. und 18. Jahrhunderts die Einhaltung wohldurchdachter Vorschriften und die Sorgfalt in der Erhaltung der zweiten Deichlinie auch auf Grund wirtschaftlichen Niedergangs erlahmte, und der Mensch sich im Laufe der Zeit auf die Hauptabwehrstellung am Seedeich beschränkte. Aus dieser Entwicklung wird verständlich, daß das Gefühl für die Notwendigkeit von rückwärtigen Deichen in den Marschen mehr und mehr dahinschwand. Verschiedentlich und noch in neuerer Zeit (11) ist der Wert der alten Mitteldeiche sogar angezweifelt oder zumindest nicht erkannt worden.

Ohne Zweifel hat die ständige Verbesserung der Seedeiche seit der Februar-Sturmflut 1825, deren Wirkung im Laufe eines längeren ruhigen Zeitabschnitts in Vergessenheit geriet, auch dazu beigetragen, der zweiten Deichlinie nicht mehr die frühere Beachtung zu schenken. So sind an vielen Stellen rückwärtige Deiche für den Bau von Straßen abgetragen worden, um die erforderliche Breite zu schaffen; man verwendete den Boden zum Bau von Warfen für trockene und sichere Wohnplätze, zur Erhöhung und Verstärkung von Hauptdeichen, zum Verfüllen von Senken und Gräben auf benachbarten Grundstücken, zur Verbesserung der Bodenstruktur auf Äckern und Weiden; auf solchen Deichen wurden Häuser gebaut, Gärten angelegt u. a. m. Einige Deichabschnitte sind vollständig abgetragen und wegbefördert worden (Norderdithmarschen); aus Überlieferungen ist bekannt, daß es hier

*) = „See"-Deich = Hauptdeich.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

und dort Mühe gekostet hat, sie „vor der Planierungssucht" zu retten (11). Solches wird auch von den ehemaligen rückwärtigen Deichen der Insel Schouwen (Provinz Zeeland) berichtet (12).

Es fällt auf, daß dieses Verhalten möglich gewesen ist, obgleich in alten und neuen Verordnungen hinreichende Rechtsgrundlagen zur Erhaltung der Mitteldeiche zur Verfügung standen.

Die hier zitierten, für die Deiche an der schleswig-holsteinischen Westküste geltenden Vorschriften über eine zweite Deichlinie gab es mit Ausnahme von Oldenburg im niedersächsischen Küstenraum nicht. Das neue niedersächsische Deichgesetz vom 1. März 1963 hat jedoch die Bedeutung der zweiten Deichlinie anerkannt. Es besagt in § 29, Zweite Deichlinie, Ziff. 1:

> *„Deiche, die geeignet sind, bei einem Bruch des Hauptdeiches die Überschwemmung im geschützten Gebiet einzuschränken, sind von der oberen Deichbehörde nach Anhören des Deichverbandes als zweite Deichlinie zu bestimmen und von diesem in ihrem Bestand zu unterhalten. Die untere Deichbehörde legt den Umfang der Unterhaltung fest."*

Durch einen Verwaltungsakt soll der Deich wegen seiner öffentlich-rechtlichen Verwendung zweckbestimmt zum Mitteldeich und damit zur öffentlichen Sache erklärt werden. Dies entspricht etwa der Widmung eines Deiches zum Hauptdeich; jedoch sind Art und Folge des Schutzwerkes und der Verwendungsbestimmung unterschiedlich (8).

Am stärksten hat sich bis heute das Bewußtsein von der Notwendigkeit einer zweiten Deichlinie auf den exponierten Inseln erhalten. So hat noch im Zuge der letzten Deichverstärkung in den fünfziger Jahren der Deich- und Sielverband Pellworm landwärts einer besonders gefährdeten Seedeichstrecke den Neubau des Mitteldeiches als Riegelstellung gefordert und durchgesetzt.

Nach den vorstehenden Ausführungen ist also auch im heutigen Küstenschutzsystem die zweite Deichlinie nicht entbehrlich (3 und 16).

IV. Technische Ausführung und Überwachung

Die zweite Deichlinie muß bei Überströmung oder Bruch des Hauptdeiches eine sichere Begrenzung des Überflutungsbereiches bilden. Hiernach sind Lage und Bauart zu bestimmen und folgende Überlegungen anzustellen:

Eine Bruchstelle im Hauptdeich öffnet sich bis zu dem Querschnitt, der für das Durchströmen der Wassermenge bei Flut und bei Ebbe benötigt wird (4). Die durchströmende Wassermenge ist abhängig vom Gefälle und der Größe des zu füllenden oder zu entleerenden Raumes eines überschwemmten Kooges. Je größer die Wassermenge, desto größer und tiefer wird die Bruchstelle und umgekehrt.

In einem Deich mit Vorland und mit einem dahinter über MThw liegenden Koog (Polder) kann man, wie Abbildung 2, Figur A, zeigt, eine verhältnismäßig schmale Bruchstelle erwarten (14 und 17). Da das Ein- und Auspendeln der normalen Tide unterbleibt, bildet sich hierbei ein Grundbruch nur selten. Die Grundbruchgefahr dagegen ist groß, wenn ein schar liegender Hauptdeich eine größere Fläche zu schützen hat, die unter MThw liegt. (Vergleiche Abbildung 2, Figur B, und Abbildung 3.)

Die Bruchstelle im Deich wird bei dem dauernd wechselnden Ein- oder Ausstrom, je nach dem an der Bruchstelle vorhandenen Bodenaufbau, mehr oder weniger verbreitert und vertieft (19).

Für Anlage, Bauart und Aufsicht der Mitteldeiche sind folgende Bedingungen zu stellen:

1. Die Deichkrone des Mitteldeiches soll möglichst in dem Zustand, den sie z. Z. der Entlassung aus der Funktion als Hauptdeich hatte, erhalten werden.

2. Für die Instandsetzung alter oder für die Herrichtung neuer Deiche der zweiten Deichlinie sollte gelten, daß die Deichkrone mindestens 1 m über MThw liegen muß (4 und 13). Dieses Maß ergibt sich aus einem Anteil von etwa 0,5 m für die normale Wasserstandserhöhung bei Spring-Tiden und aus einem Anteil von etwa 0,5 m für den Wellenauflauf. Im übrigen ist die Höhe der Mitteldeiche und deren Anlage abhängig von der Entfernung zum Hauptdeich und dessen Gefahrenlage

(Hauptwindrichtung) sowie von der Größe und Form des vom Hauptdeich geschützten Kooges oder Polders. Allgemein gültige Regeln lassen sich für die verschiedenen Fälle nicht im voraus aufstellen. Bei der Neuplanung von Eindeichungen oder bei einer großen Deichbegradigung an der See sollte Bedacht darauf genommen werden, daß im Falle eines Deichbruches der Fluchtweg zum Mitteldeich nicht zu lang wird (nicht mehr als 2 bis 2,5 km).

Unter Umständen, z. B. bei zu großer Entfernung zwischen einem neuen und dem — in die zweite Deichlinie rückenden — alten Seedeich und bei gleichzeitig tiefer Lage des neuen Kooges, kann sogar der Neubau eines weiteren Mitteldeiches in Frage kommen. An der schleswig-holsteinischen

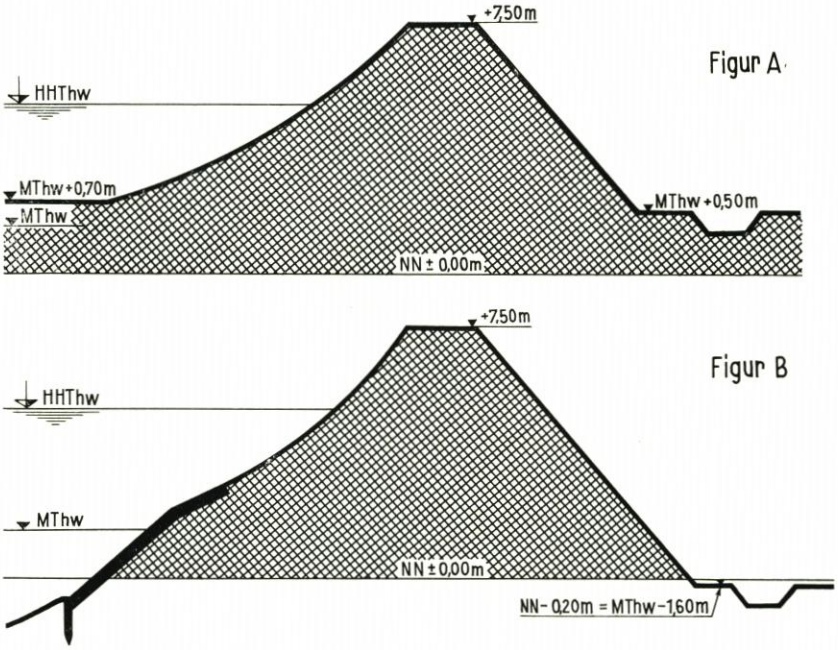


Abb. 2. Schematische Skizze von Hauptdeichprofilen
Fig. A Hauptdeich mit Vorland und hohem Hinterland
Fig. B Scharliegender Hauptdeich mit niedrigem Hinterland

Westküste fehlt die zweite Deichlinie zum Beispiel in der bis zu 3,5 m unter MThw gelegenen und rund 10 km breiten Wilstermarsch (17 000 ha); in der 600 ha großen Arlauniederung, die bis zu 2,5 m unter MThw liegt und in die eine Sturmflut bis zu 8 km landeinwärts vordringen kann; auf der Insel Pellworm, wo 2000 ha hinter dem Landesschutzdeich im Westen auf einer Länge von 6 km bei MThw mit einer Wasserschicht bis zu 2 m bedeckt würden. Weitere Beispiele können für Südwesthörn und Ockholm in Nordfriesland sowie für Deiche in Eiderstedt und Dithmarschen ausgewiesen werden.

Die seeseitige Böschung eines Mitteldeiches sollte nicht steiler als 1:3 sein.

Auf Inseln und in Kögen von besonders exponierter Lage sollte die Erhaltung der alten, auch der unbewohnten Warfen als Fluchthügel zusätzlich angestrebt werden.

3. Die Bauwerke in der zweiten Deichlinie, wie zum Beispiel Siele, Durchlässe, Stöpen (Deichscharten), bedürfen einer sorgfältigen Unterhaltung und Überwachung. Es muß sichergestellt sein, daß die Öffnungen im Falle einer Überschwemmung geschlossen werden können, um eine weitere Ausbreitung der Flut im Binnenland zu verhindern. Voraussetzung hierfür ist das Vorhandensein von funktionierenden Verschlußvorrichtungen (Schütze, Dammbalken, Tore usw.) und eine Regelung für die Bedienung der Anlagen.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

4. Wo eine Straße die zweite Deichlinie kreuzt, wird von Fall zu Fall zu erwägen sein, ob Rampen einer Stöpe vorzuziehen sind. Während an Rampen bei Gefahr nichts getan zu werden braucht und sie ohne Unterbrechung benutzt werden können, müssen Stöpen zur bestimmten Zeit von bestimmten Personen geschlossen werden. Die Pflege und Bedienung solcher Einrichtungen sind auch nicht ohne Risiko für die Sicherheit der zweiten Deichlinie. Außerdem kann durch sehr frühzeitiges Schließen der Öffnungen der Ablauf von Evakuierungs- und Rettungsaktionen vorzeitig unterbro-

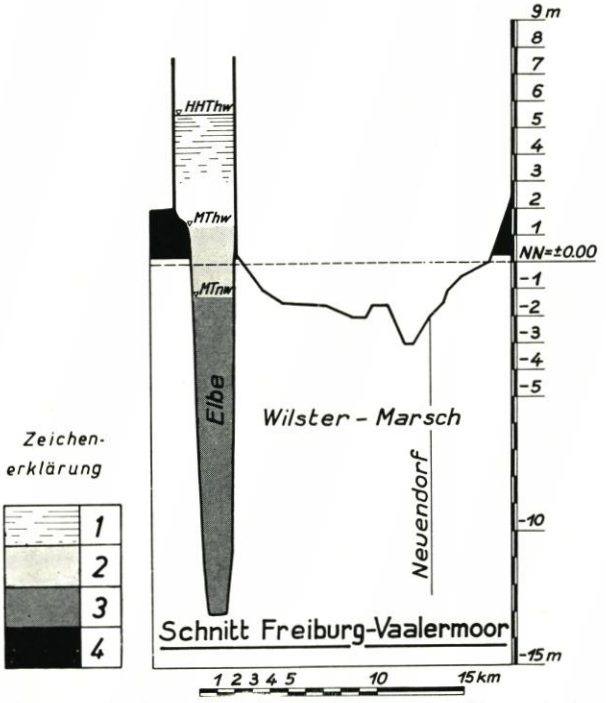


Abb. 3. Höhenlage der Wilstermarsch zu den Wasserständen der Elbe. Die senkrecht aufragenden Linien oberhalb NN bedeuten Elbdeiche. Das obere Ende der Linie entspricht der Höhenlage der Deichkrone

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

(Aus: Die Küste III, 1/2, S. 175, Abb. 16)

chen oder behindert werden. Deshalb sollten niedrigere Deiche der zweiten Deichlinie möglichst mit Rampen gekreuzt und Stöpen nur in höhere Mitteldeiche eingebaut werden, wobei der Drempel von Deichdurchfahrten mindestens 2,0 m über MThw liegen sollte (5).

5. Wo hinter der 2. Deichlinie mehrere rückwärtige Schlafdeiche vorhanden sind, kann der Boden der dritten und folgenden Linie für den Bau und die Unterhaltung des Hauptdeiches und der zweiten Deichlinie abgetragen werden, sofern es die Sicherheit insbesondere der zweiten Deichlinie erlaubt. So wurde verfahren beim Bau des Friedrich-Wilhelm-Lübke-Kooges (19) und neuerdings bei der Bedeichung Finkhaushalligkoog/Simonsberg.

6. Pflicht der Deichaufsichtsorgane ist, die zweite Deichlinie regelmäßig zu schauen, ihre Erhaltung zu überwachen und die für den Betrieb der Anlagen bestimmten Personen zu kontrollieren (2, 8 u. 15).

V. Folgerungen

Die Bedeutung der zweiten Deichlinie hat im gesamten Schutzsystem der deutschen Nordseeküste durch die beiden letzten schweren Katastrophenfluten erneut an Gewicht gewonnen. Es ist daher notwendig, ihr in der Planung der Küstenschutzmaßnahmen einen erhöhten Rang zu geben und das Bewußtsein ihrer Bedeutung auch in der Küstenbevölkerung zu vertiefen. Eine gute Gelegenheit, den Erfordernissen der zweiten Deichlinie gerecht zu werden, ergibt sich z. B. bei der Durchführung des Generalplanes Deichverstärkung, Deichverkürzung und Küstenschutz in Schleswig-Holstein (18), in welchem im Wege der Deichverkürzung vorhandene Hauptdeiche auf großen Strecken in die zweite Linie rücken. Im übrigen wird die Überprüfung der besonderen Gefahrenlage an der gesamten Küste ergeben müssen, an welchen Stellen des Küstenschutzsystems noch Verbesserungen im Bereich der zweiten Deichlinie zweckmäßig und notwendig sind. Hierbei mag unserer Generation als ernste Mahnung der letzte Artikel des Spade-Landesrechts von 1517 in die Erinnerung gerufen werden:

„Wenn die Haff-Deiche, nach aller Nothdurft auf das fleißigste gefertigt, sollen auch die Mitteldeiche verhöhet und verbessert werden, und Niemand selbige unter den Pflug legen oder besäen, diejenigen, die sich hier entgegen erdreisten, sollen zum Halse gefället seyn."

VI. Schriftenverzeichnis

1. Brahms, A.: Anfangsgründe der Deich- und Wasserbaukunst. Aurich 1754.
2. Fischer, O.: Das Wasserwesen an der Schleswig-Holsteinischen Nordseeküste. III. Teil. Bd. 1, Sonderprobleme und Einzelfragen des Küstenraumes. Berlin 1955.
3. Freie Arbeitsgemeinschaft der Deichverbände an der schleswig-holsteinischen Westküste: Die Landgewinnung und ihre wirtschaftliche Bedeutung für Küstenschutz usw. Husum 1931.
4. Hagen, G.: Handbuch der Wasserbaukunst, III. Das Meer. Berlin 1863.
5. Kramer, J., Liese, R. und Lüders, K.: Die Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 im niedersächsischen Küstengebiet. Die Küste, 10. Jg., H. 1, S. 17—53, 1962.
6. Lüders, K.: Von „Achterdeich" bis „Zwistdeich". Neues Archiv für Niedersachsen, Bd. 12, S. 311 bis 331, 1963.
7. Lüders, K., Freistadt, Kramer, Lorenzen, J. M., Rodloff und Traeger (Arbeitsgruppe Küstenschutzwerke im Küstenausschuß Nord- und Ostsee): Empfehlungen für den Deichschutz nach der Februar-Sturmflut 1962. Die Küste, 10. Jg., H. 1, S. 113–130, 1962.
8. Lüders, K. und Leis, G.: Niedersächsisches Deichgesetz — Kommentar. Hamburg 1964.
9. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten — Landesamt für Wasserwirtschaft — Schleswig-Holstein: Die Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 an der Schleswig-Holsteinischen Westküste. Die Küste, 10. Jg., H. 1, S. 55—80, 1962.
10. Müller, Fr. und Fischer, O.: Das Wasserwesen an der Schleswig-Holsteinischen Nordseeküste. II. Teil, Bd. 1, Allgemeines. Berlin 1938.
11. Müller, Fr. und Fischer, O.: Das Wasserwesen an der Schleswig-Holsteinischen Nordseeküste, II. Teil. Bd. 4, Pellworm. Berlin 1936.
12. Ohne Verfasser: De vermoedelijke oorzaak van het ontbreken van binnendijken in de polder Schouwen. De Ingenieur 65, H. 48, 1953.
13. Petersen, M.: Die Mitteldeiche der Insel Pellworm. Unveröffentlichter Bericht vom 27. 9. 1953.
14. Petersen, M.: Über die Grundlagen zur Bemessung der schleswig-holsteinischen Landesschutzdeiche. Die Küste, 3. Jg., S. 153—180, 1955.
15. Polizeiverordnung betr. das Deich- und Wasserwesen im Marschengebiet vom 1. September 1938. Amtsbl. d. Reg. Schleswig, S. 294.
16. Rienks, K. A. en Walker, G. L.: Binnendijken en Slieperdijken in Fryslan. Verlag. A. J. Osinga, Bolswert 1954.
17. Rijkswaterstaat en het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Institut: Verslag over de Stormfloed van 1953. s' Gravenhage 1961.
18. Suhr, H.: Generalplan Deichverstärkung, Deichverkürzung und Küstenschutz in Schleswig-Holstein vom 20. Dezember 1963. Wasser und Boden, 16. Jg., H. 8, S. 249—254, 1964.
19. Wohlenberg, E.: Der Deichbruch des Ülvesbüller Kooges in der Februar-Sturmflut 1962. Die Küste, 11. Jg., S. 52—89, 1963.
20. Wohlenberg, E. und Snuis, H.: Anwachs, Landgewinnung und Deichbau in Nordfriesland. Friesisches Jahrbuch, S. 230—257, 1955.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

Das Leda-Sperrwerk in Ostfriesland

Von Paulheinz Gursch

Inhalt

I. Das Leda-Sperrwerk 107
1. Geographie 107
2. Wassersnot in Ostfriesland 109
3. Sperrwerksbau 109
4. Aufgaben des Sperrwerkes 111
5. Betriebsmöglichkeiten 111
6. Grundlage von Sperrungen 112
II. Einzelangaben 112
1. Statistik über Sperrungen 112
2. Erscheinungen des Sperrbetriebes 114
3. Erwartete Veränderungen 117
III. Methode zur Überprüfung 117
1. Bezugslinienverfahren 117
2. Unterlagen 118
IV. Auswirkungen des Sperrbetriebes 118
1. Wasserstände der unteren Leda und der Ems unterhalb von Leerort 118
a. Allgemeines 118
b. Erhöhung des Thw 120
c. Ergebnis 124
d. Senkung des Tnw 124
e. Ergebnis 130
2. Wasserstände der Ems oberhalb der Ledamündung 131
a. Allgemeines 131
b. Erhöhung des Thw 132
c. Ergebnis 133
3. Binnenwasserstände 135
a. Allgemeines 135
b. Binnenpegel Sperrwerk 136
c. Pegel Dreyschloot 138
d. Ergebnis 144
4. Vergleich mit den Erwartungen 145
5. Sohlenveränderungen 145
V. Gezeitenvoraussage 146
1. Methoden 146
a. DHI-Vorhersage[1]) 146
b. Erste Voraussage auf Grund von Angaben des Pegels Borkum 147
c. Zweite Voraussage auf Grund von Angaben des Pegels Borkum 147
d. Örtliches Vorhersageverfahren 150
2. Daten und Genauigkeit der Voraussagen 150
VI. Bewährung der Anlage 153
VII. Schriftenverzeichnis 156

I. Das Leda-Sperrwerk

1. Geographie

Der ostfriesische Raum ist Teil der Norddeutschen Tiefebene. Kennzeichnend für den Charakter der Landschaft ist der Dreiklang von Marsch, Geest und Moor. Hauptfluß Ostfrieslands ist die unter dem Einfluß der Gezeiten stehende Ems.

[1]) Deutsches Hydrographisches Institut.

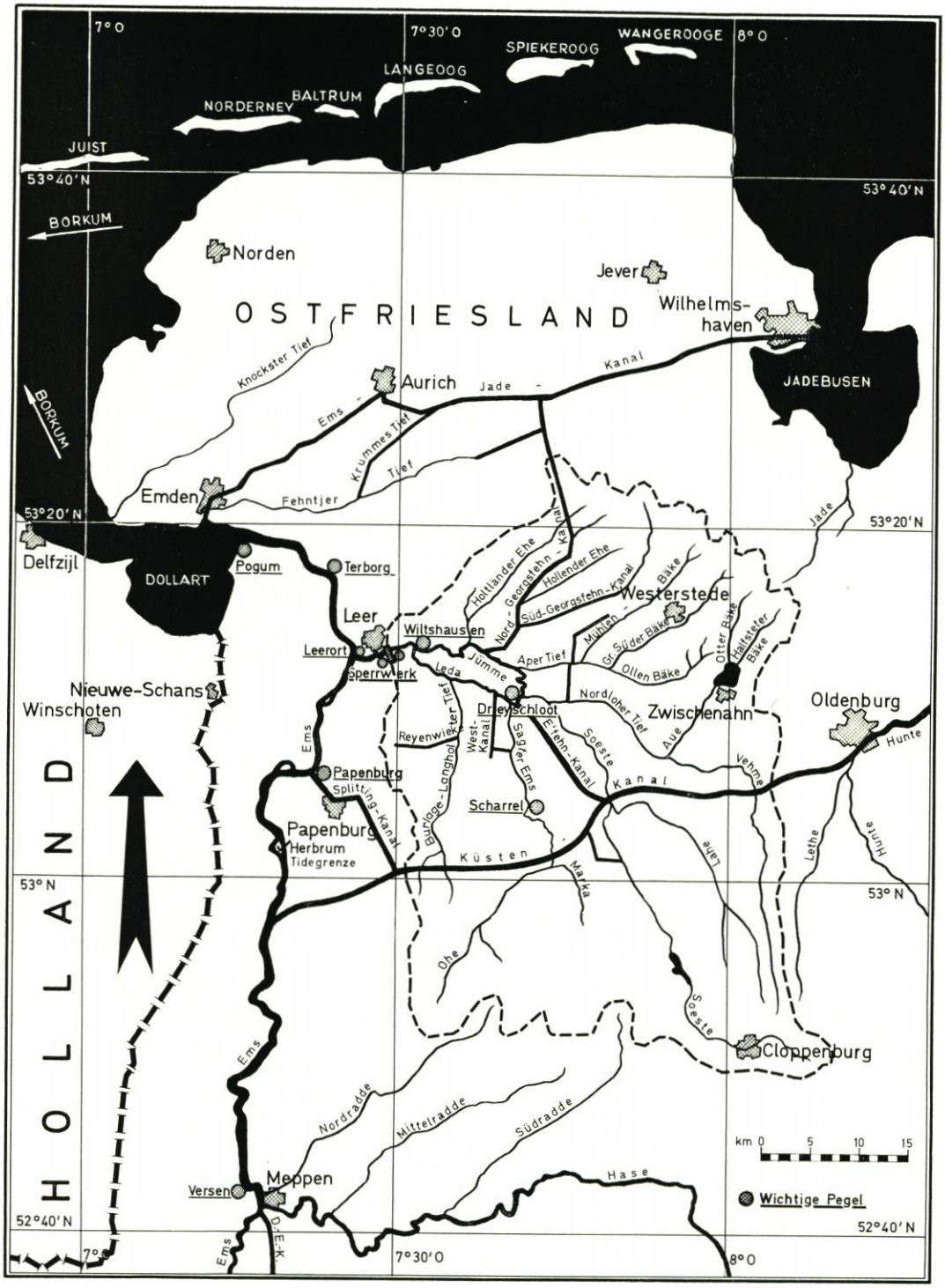


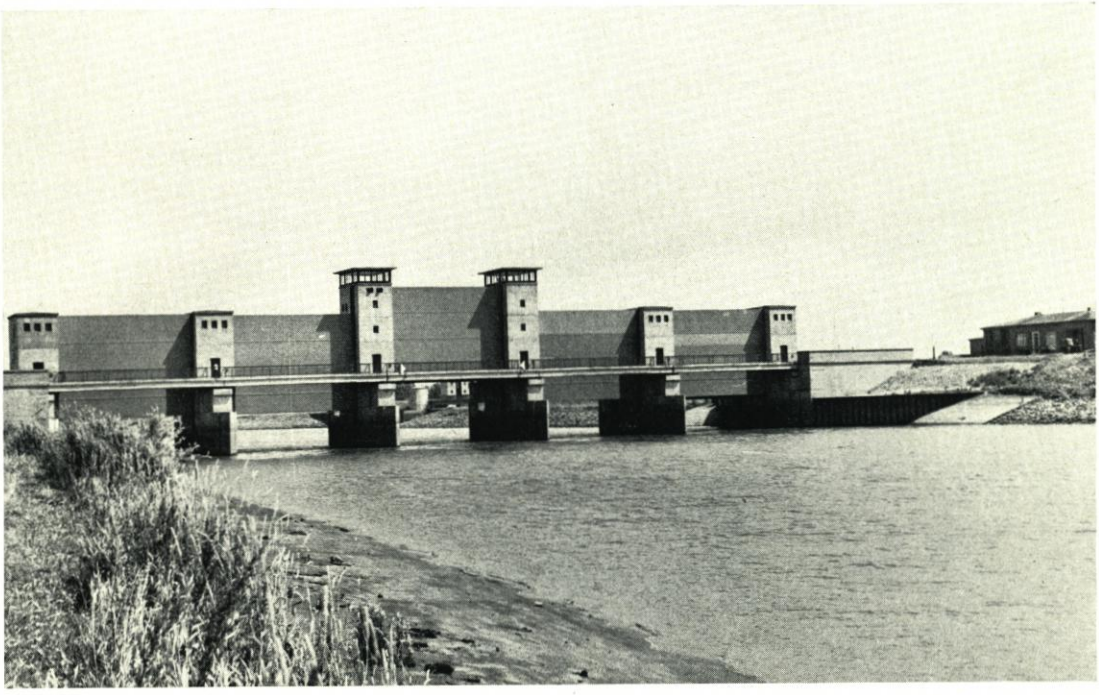
Abb. 1. Leda-Jümme-Gebiet, Übersichtskarte

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

Ein weites, mooriges Niederungsgebiet erstreckt sich östlich der Ems. Es trägt seinen Namen nach den beiden Flüssen Leda und Jümme, die das Gebiet, ein ehemaliges Urstromtal, durchfließen. Die Leda mündet etwa 3 km südwestlich von Leer in die Ems und nimmt etwa 9 km oberhalb dieser Mündung bei Wiltshausen die Jümme auf. Das Flußsystem wird vervollständigt durch ein weitverzweigtes Netz von oberen Zuflüssen und künstlich geschaffenen Kanälen (Abb. 1). Das gesamte Einzugsgebiet der Leda hat eine Größe von rund 2030 km², von denen rund 750 km² auf das eigentliche Niederungsgebiet entfallen.

2. Wassersnot in Ostfriesland

Wegen der niedrigen Lage des Gebietes ist es seit altersher häufig von Wassersnot bedroht. Sowohl starker Oberwasserzufluß bei längeren Regenperioden als auch vor allem Sturmfluten überschwemmten beinahe jedes Jahr und oft monatelang weite Flächen.



Aufn. E. Wohlenberg

Abb. 2. Ansicht des Leda-Sperrwerkes

3. Sperrwerksbau

Zur Abwehr dieser Gefahren wurden zunächst Deiche gebaut. Jedoch erwies es sich, daß der moorige Untergrund Deiche von genügender Höhe nicht zu tragen vermag. So entstand der Plan, den Sturmfluten durch ein Sperrwerk in der unteren Leda den Zutritt zu den Niederungen zu verwehren.

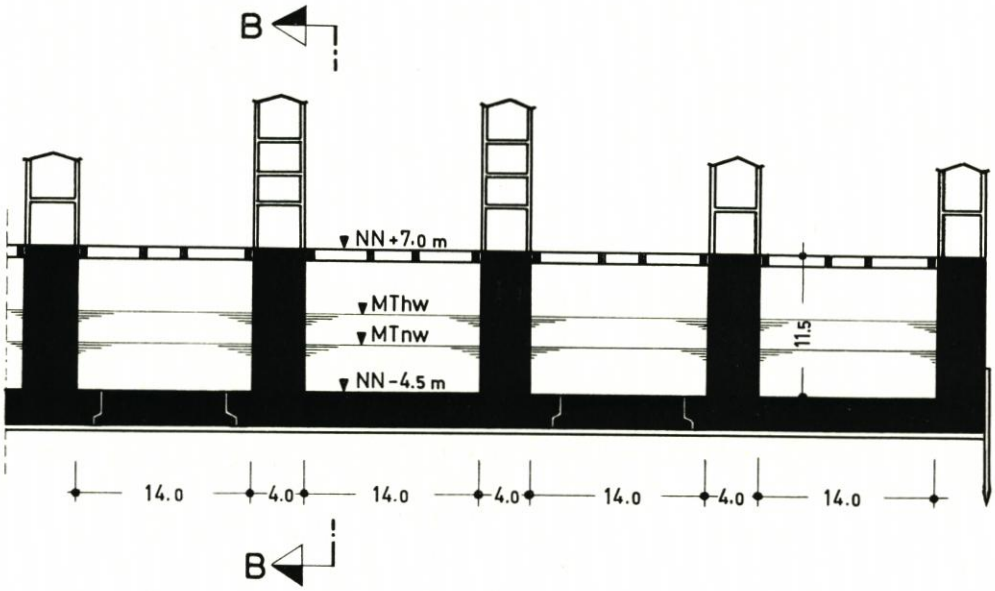


Abb. 3. Leda-Sperrwerk. Längsschnitt A—A

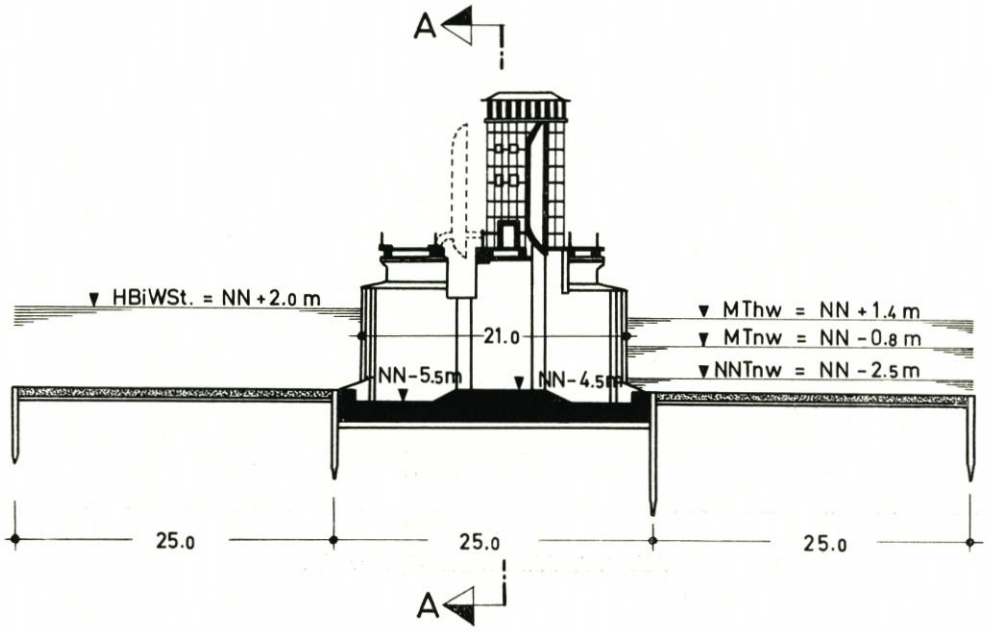


Abb. 4. Leda-Sperrwerk. Querschnitt B—B

Nach ausführlichen Untersuchungen — Modellversuchen, hydraulischen Berechnungen und grundsätzlichen Überlegungen — wurde in den Jahren 1950 bis 1954 das Leda-Sperrwerk unmittelbar südlich von Leer, etwa 4 km oberhalb der Ledamündung gebaut. Am 29. Juli 1954 wurde es in Betrieb genommen.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

Das Sperrwerk ist als Schützenwehr errichtet und besitzt 5 Öffnungen von je 14 m lichter Weite (Abb. 2). Es ist ein flach gegründeter Stahlbeton-Baukörper; zum Schutz gegen Unterläufigkeit ist es allseitig von stählernen Spundwandschürzen umgeben. Die 10,4 m hohen geschweißten Stahl-Schützen haben ein Gewicht von 55 t, hängen an Ketten und werden an seitlichen Schienen durch Rollen geführt. Als Sicherheit wurde keine zweite Reihe von Schützen, sondern ein einziges, allerdings verfahrbares Reservetor gewählt. In den Türmen, die auf den 21 m langen und 4 m breiten Pfeilern errichtet sind, befinden sich die Windwerke. Das Sperrwerk besitzt beiderseits der Schützenreihe noch je einen Bedienungssteg und zusätzlich an der Binnenseite eine 5,3 m breite Straßenbrücke.

4. Aufgaben des Sperrwerkes

Aufgabe des Sperrwerkes ist es nach dem „Generalplan für die Melioration des Leda-Jümme-Gebietes", nur Tiden mit einem Hochwasserscheitel (Thw) von mindestens 60 cm über MThw zu kehren. MThw liegt an der Sperrstelle auf NN + 1,40 m, so daß also nur Tiden gesperrt werden sollen, die NN + 2,00 m (gleich NPH + 700 cm)[2]) erreichen oder überschreiten.

Der Entwurf für das Sperrwerk (17) sieht ferner vor, das Sperrwerk so zu betreiben, daß am Pegel Dreyschloot, am Oberlauf der Leda, ein Wasserstand von NN + 2,10 m nicht überschritten wird. Außerdem darf die Schiffahrt nicht in ungebührlichem Ausmaße behindert werden.

Schließlich aber soll die natürliche Räumkraft des Flusses in dem wahrscheinlich vorhandenen Beharrungszustand weitestgehend erhalten bleiben. Dieses Ziel wird erreicht durch die Betriebsweise des Sperrwerkes als eine nur Sturmfluten kehrende Anlage. Bei normalen oder nur wenig erhöhten Tiden soll an den ursprünglichen Verhältnissen nichts geändert werden. Eine Untersuchung über den Erfolg dieser Maßnahme folgt in Kapitel IV, 5.

5. Betriebsmöglichkeiten

Die dem Sperrwerk gesetzten Ziele werden durch zweckentsprechende Bedienung der Anlage erreicht. Beim Normalfall einer Sperrung werden bereits beim Kentern der Tide von der vorausgehenden Ebbe zur kritischen, d. h. über NN + 2,00 m auflaufenden Flut, also kurz nach dem vorausgehenden Tnw, die Tore des Sperrwerkes vollständig geschlossen. Diese Form der Sperrung sei im folgenden „Vollsperrung" genannt. Kennzeichnend dafür ist der Beginn der Sperrung früher als 50 Minuten nach Eintritt des Tnw. Vorteil dieser Betriebsweise ist, daß die Hubtore des Sperrwerkes in nicht oder kaum strömendes Wasser eintauchen und die bauliche und maschinelle Anlage somit einem Minimum an Belastung ausgesetzt ist.

Eine zweite Form der Sperrung besteht darin, daß man einen Teil der Flutwassermenge in das Leda-Jümme-Gebiet einströmen läßt und erst dann die Hubtore schließt. Wegen des Unterbrechens eines Stromes von bewegten Wassermassen treten dabei einmal höhere Beanspruchungen am Sperrwerk selbst, zum anderen aber auch Schwall- und Schwingungserscheinungen in der gestörten Wassermasse auf, die sich nach oberhalb wie nach unterhalb fortpflanzen und deutlich zu verfolgen sind. Die zuletzt beschriebene Betriebsweise sei im folgenden mit „nachträgliche Vollsperrung" bezeichnet. Ihr Sperrbeginn erfolgt später als 50 Minuten nach Eintritt des Tnw.

Es gibt noch eine dritte Möglichkeit, das Sperrwerk zu betreiben. Eine schädliche Sturmflut kann gedrosselt werden dadurch, daß man die Hubtore des Sperrwerkes nicht vollständig bis zur Schwelle absenkt, sondern einen gewissen horizontalen Spalt offenläßt. Es kann dann nur eine Teilflutmenge in das gefährdete Gebiet einströmen; die Tidebewegung pflanzt sich zwar hinter dem Sperrwerk fort,

[2]) NPH = Nordsee-Pegel-Horizont, entspricht PN = NN — 5,00 m.

jedoch wird nur ein niedrigerer Wasserstand als der bei ungedrosselter Sturmflut erreicht. In der Praxis stehen dieser Betriebsweise, die mit „gedrosselte Sperrung" bezeichnet wird, Bedenken gegenüber. Die durchströmende Wassermenge erreicht in dem engen Spalt knapp über der Sohle beim Sperrwerk erhebliche Geschwindigkeiten, so daß Zerstörungen der beweglichen Sohle, gefährliche Kolke, zu befürchten sind. Da das Leda-Sperrwerk keine entsprechende Energievernichtungsanlage als Schutz besitzt, ist diese Betriebsweise nur in Ausnahmefällen zulässig. Sie wurde bisher nur fünfmal — praktisch lediglich zu Versuchszwecken — durchgeführt.

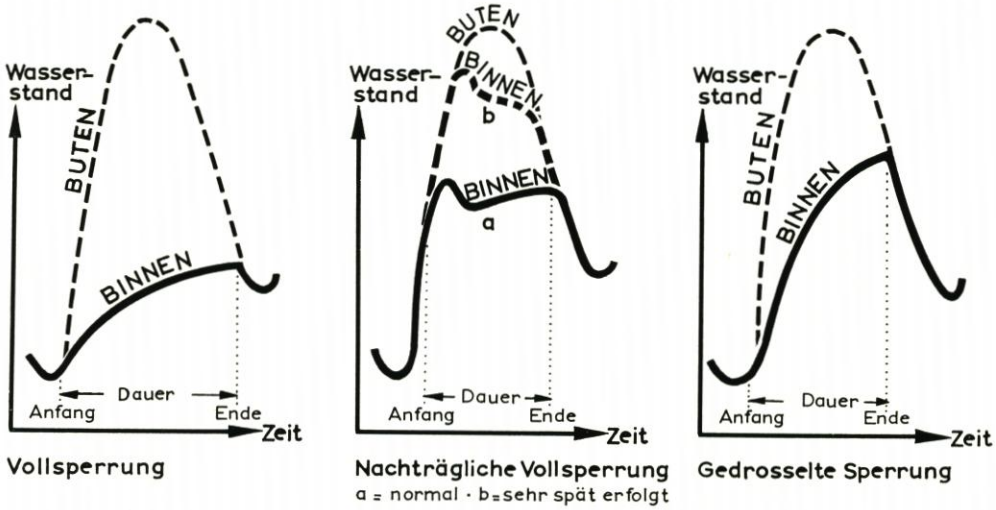


Abb. 5. Charakteristische Sperrkurven

6. Grundlage von Sperrungen

Aus den bisherigen Ausführungen geht hervor, daß eine Sperrung bereits um oder nur wenig nach dem vorhergehenden Tnw erfolgen soll. Damit steht man vor der Aufgabe, bereits zu diesem Zeitpunkt abschätzen zu müssen, ob der Scheitelwasserstand NN + 2,00 m erreichen wird oder nicht. Zu diesem Zweck wurden Verfahren entwickelt, die in der Hauptsache aus der Tidekurve von Borkum die zu erwartende Höhe des Thw beim Sperrwerk ermitteln lassen. Auf Einzelheiten soll in Kapitel V, 1 näher eingegangen werden.

II. Einzelangaben

1. Statistik über Sperrungen

Es folgen Angaben über Anzahl und Dauer der durchgeführten Sperrungen. Dabei wird unterschieden zwischen Vollsperrung, nachträglicher Vollsperrung und — der Vollständigkeit halber — gedrosselter Sperrung (vgl. Kapitel I, 5).

Abbildung 6 zeigt monatlich zusammengestellt die Sperrungen von Inbetriebnahme des Sperrwerkes bis Ende des Jahres 1963. Für jeden Monat eines jeden Jahres ist die entsprechende Anzahl abzulesen; außerdem ist für jeden Monat das Mittel aus den aufgeführten Jahren errechnet. Insgesamt

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

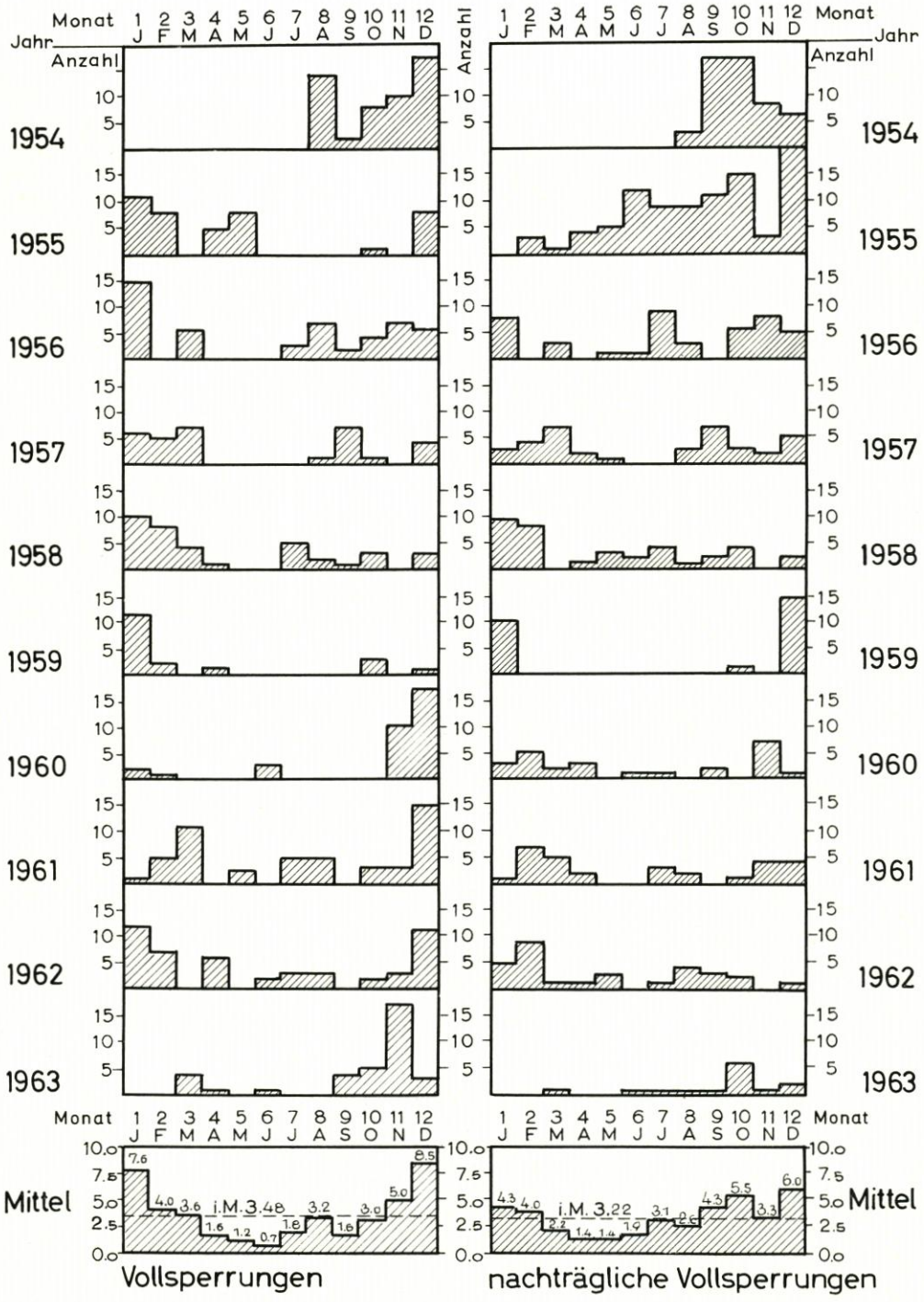


Abb. 6. Ganglinien der Sperrungen 1954 bis 1963

wurden je Monat im Durchschnitt 3,48 Vollsperrungen und 3,12 nachträgliche Vollsperrungen durchgeführt.

Abbildung 7 summiert die Sperrungen für die einzelnen Jahre 1954 bis 1963. Die durchgeführte Mittelbildung der jährlichen Sperrungen läßt allerdings die 5 Monate des Jahres 1954 unberücksichtigt, weil damals wegen mangelnder Betriebserfahrungen außergewöhnlich viele Sperrungen erfolgten, die das tatsächliche Bild verfälscht hätten. Ein gewisser Einfluß dieser („im Zweifel doch") Sperrungen gelangte über das nicht eliminierte Jahr 1955 in die Mittelwerte.

Die Anzahl der gesperrten Tiden ist ins Verhältnis gesetzt zu der Anzahl der gesamten während eines Jahres eingetretenen Tiden, die mit rund 700 angesetzt wurde. Aus der Darstellung geht hervor, daß 10,8 % aller Tiden gesperrt wurden, davon etwa 5,5 % als Vollsperrung, etwa 5,3 % als nachträgliche Vollsperrung und weniger als 0,1 % als gedrosselte Sperrung.

Auf Abbildung 8 sind die entsprechenden Daten über die Dauer der Sperrungen zusammengestellt, ähnlich der Darstellungsweise auf Abbildung 3. Die Mittelbildung erfolgte wieder ohne die Werte des Jahres 1954. Man erkennt, daß das Sperrwerk jährlich 467 Std. 54 Min. geschlossen war; davon entfallen 279 Std. 43 Min. auf Vollsperrungen und 186 Std. 14 Min. auf nachträgliche Vollsperrungen. Der geringe Rest von 1 Std. 57 Min. entfällt auf die probeweise gedrosselten Sperrungen.

Setzt man die 8760 Stunden eines Jahres gleich 100 Prozent, so lauten die entsprechenden Prozentzahlen: Gesamtsperrungen 5,3 % der Zeit, davon 3,2 % Vollsperrungen und 2,1 % nachträgliche Vollsperrungen. Die gedrosselten Sperrungen beanspruchten wieder weniger als 0,1 %.

Eine einzelne Sperrung dauerte bei den Vollsperrungen durchschnittlich 7 Std. 17 Min., während eine nachträgliche Vollsperrung nur 5 Std. 4 Min. beanspruchte (vgl. Abb. 5). Im Mittel ergibt das für eine Sperrung eine Dauer von 6 Std. 14 Min.

Bei den Berechnungen der Jahresmittel wurden wieder die Sperrungen des Jahres 1954 außer acht gelassen, während sie bei der Mittelwertbildung für die Dauer einer einzelnen Sperrung benutzt wurden. Für letztere bilden sie ja keine außergewöhnlichen Verhältnisse, wie dies bei der Anzahl und Gesamtdauer der Fall ist.

Es darf an dieser Stelle festgestellt werden, daß die hohe Zahl der in den ersten Monaten (1954, siehe oben) durchgeführten Sperrungen nicht erreicht wurde. Die Gründe wurden bereits mit zunächst mangelnder Erfahrung erwähnt. Aber auch die im Entwurf (17) erwartete Anzahl der Sperrungen mit 14 % aller Tiden (jährlich 100 Sperrungen) wurde nicht erreicht. Hingegen wurde die vom „Küstenausschuß Nord- und Ostsee" (13) vorausgesagte Anzahl von 45 Sperrungen pro Jahr (6,4 %) überschritten, während die ungünstigste Gesamtdauer der Sperrungen, die mit 548 Stunden pro Jahr (6,3 %) vorausgesagt war, im Mittel tatsächlich nicht und im Einzeljahr seit 1956 nicht mehr überschritten wurde.

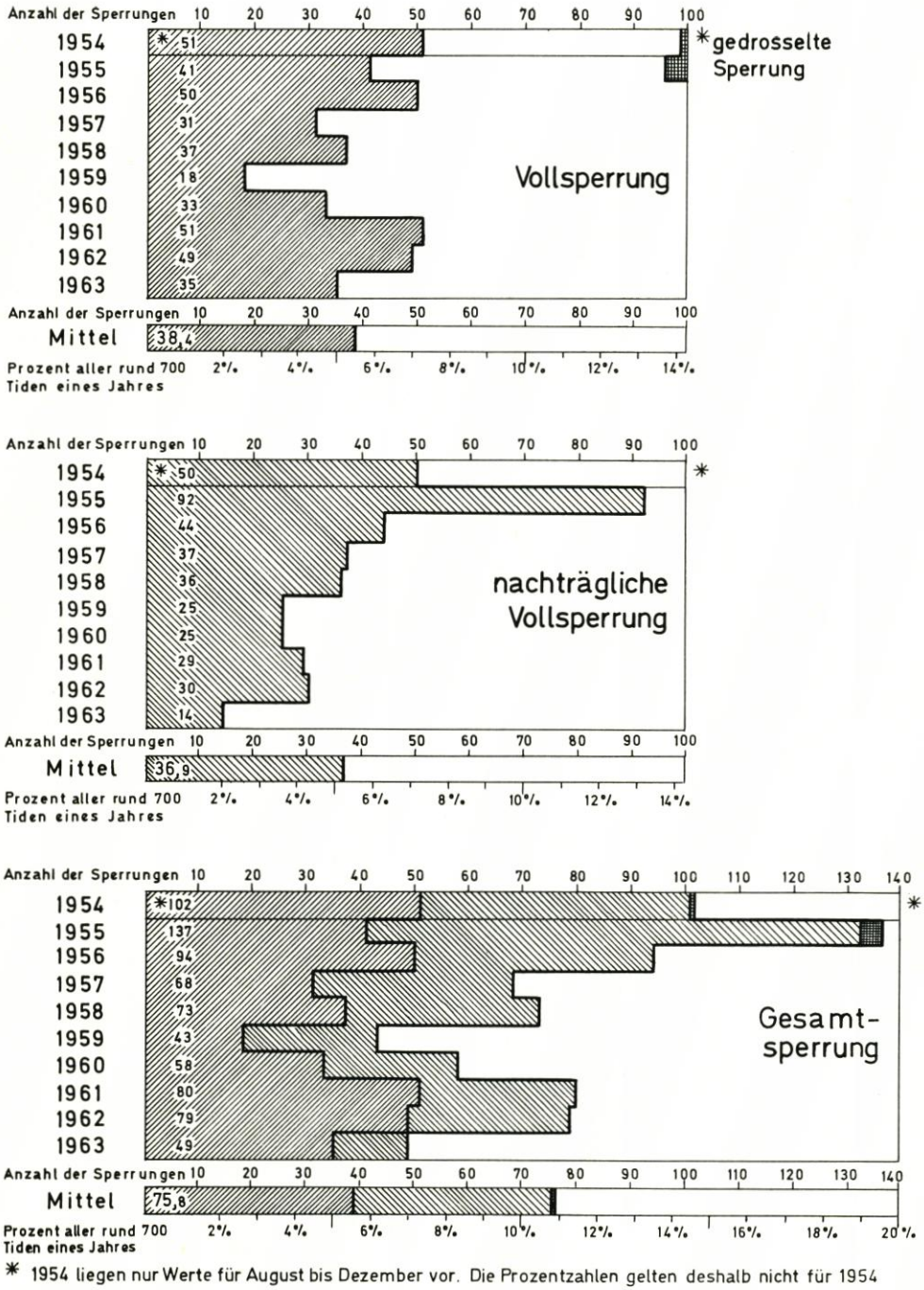
Es ist nicht Aufgabe dieser Arbeit, zu untersuchen, inwieweit vorgenannte Abweichungen von naturbedingten Abweichungen bei den Tiden oder den Oberwasserverhältnissen der Jahre 1954 bis 1963 vom langjährigen Mittel verursacht worden sind.

Die vorstehend gemachten statistischen Angaben werden in einem späteren Kapitel bei der Beurteilung der Auswirkungen auf die Sohlenveränderung Verwendung finden (vgl. IV, 5).

2. Erscheinungen des Sperrbetriebes

Ein Bauwerk, das in so wirksamer Weise in den Ablauf des Naturgeschehens eingreift wie das Sperrwerk, wird selbstverständlich gewisse Auswirkungen auf die natürlichen Verhältnisse haben. Es handelt sich dabei in der Hauptsache um Veränderungen der Wasserstände, die sowohl oberhalb der Sperrstelle wegen der dort ausbleibenden Sturmfluten, als auch unterhalb des Sperrwerkes wegen der jetzt aufzunehmenden Mehrwassermenge auftreten können. Dabei bleiben die Auswirkungen nicht auf den Unterlauf der Leda beschränkt, sondern können sich wegen der Nähe der Ledamündung auch in der Ems nach oben wie nach unten ausbreiten.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182



* 1954 liegen nur Werte für August bis Dezember vor. Die Prozentzahlen gelten deshalb nicht für 1954

Abb. 7. Anzahl der Sperrungen 1954 bis 1963

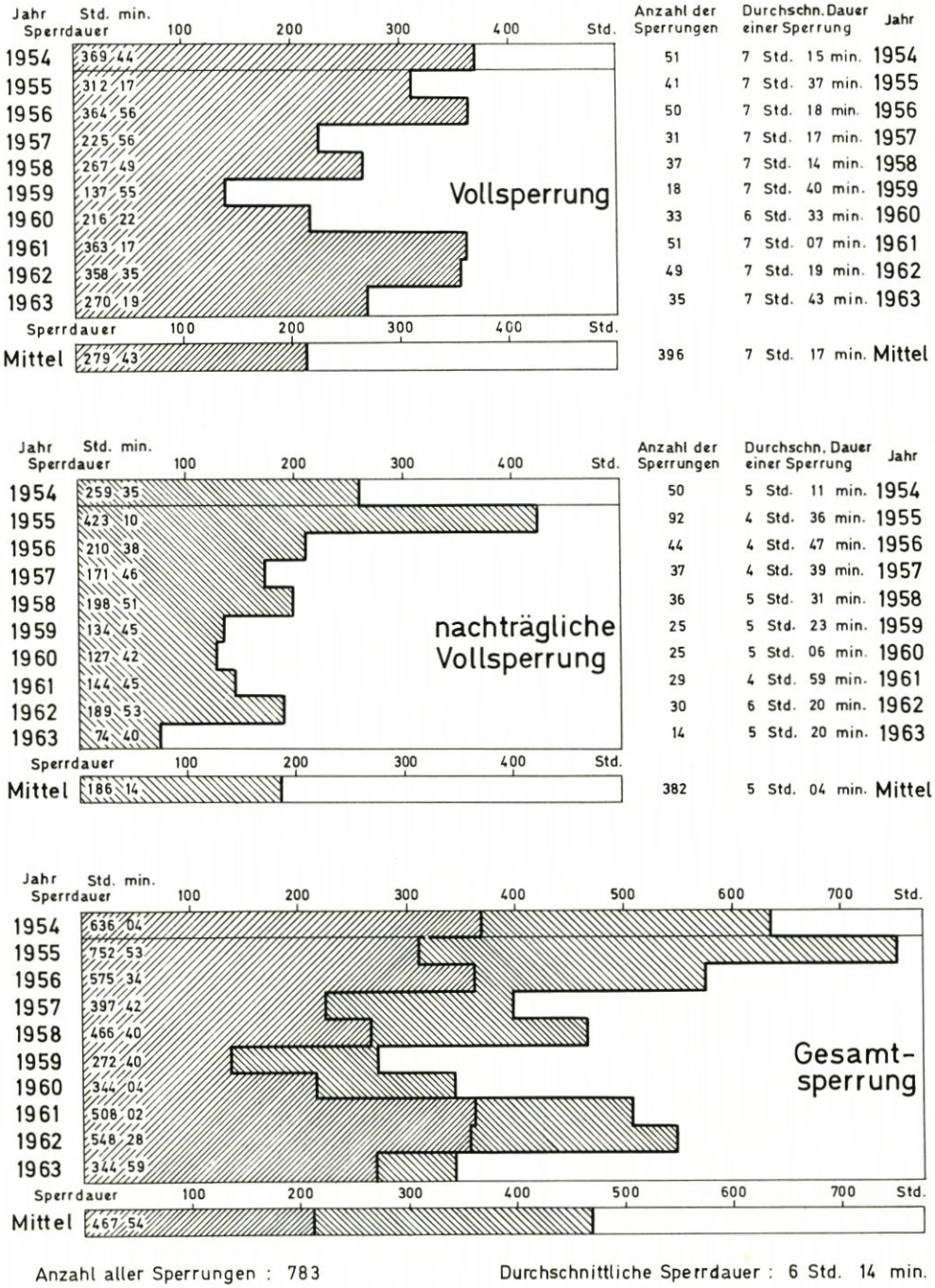


Abb. 8. Dauer der Sperrungen 1954 bis 1963

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

Wegen des Ausbleibens der Sturmflutwassermengen oberhalb des Sperrwerkes und damit beim Abfließen könnten sich auch an der Sohle des Flusses Veränderungen gegenüber den bisherigen Verhältnissen einstellen.

Die beiden zuletzt erwähnten Sperrwerkswirkungen werden vor allem in Kapitel IV eingehender untersucht*).

Eine weitere Frage, die Gegenstand besonderer Voruntersuchungen war, betrifft die erforderliche Größe und Anordnung eines Polders, der bei geschlossenem Sperrwerk das heranströmende Oberwasser aufnehmen soll, wenn der vorhandene Stauraum zwischen den Deichen des Leda-Jümme-Gebietes nicht mehr ausreicht. In den meisten Fällen ist das Fassungsvermögen der außendeichs liegenden Überschwemmungsräume groß genug, um das anfallende Oberwasser unschädlich zu halten. Bis zum Frühjahr 1965 mußte der unmittelbar neben dem Sperrwerk angelegte zusätzliche Entlastungspolder nur zweimal aus Gründen des Hochwasserschutzes benutzt werden, nämlich bei den großen Sturmfluten im Dezember 1954 und im Februar 1962.

3. Erwartete Veränderungen

Bevor nähere Untersuchungen vorgenommen werden, sollen nachstehend die Ergebnisse zusammengestellt werden, die auf Grund der ausführlichen Voruntersuchungen und Modellversuche beim Betrieb des Sperrwerkes zu erwarten waren. Es handelt sich dabei hauptsächlich um Angaben in den Quellen (2), (13), (17).

Für die Binnenwasserstände wurde ein Fernhalten der schädlichen Sturmflutwasserstände erwartet, wobei der kritische Wasserstand nicht überschritten werden sollte. Bei den Wasserständen vor dem Sperrwerk wurde eine Erhöhung des Thw und eine Absenkung des Tnw erwartet. Man nahm an, daß die Absenkung größer als die Erhöhung sein würde.

Die Thw werden nach den o. g. Quellen durch Schließen des Sperrwerkes erhöht am Pegel

Terborg	um 3 bis 11 cm
Leerort	um 8 bis 35 cm
Sperrwerk	um 10 bis 45 cm
Papenburg	um 3 bis 15 cm

je nach der untersuchten Tide. Die Erhöhungen klingen danach emsabwärts stärker ab als emsaufwärts von der Ledamündung. Mit wachsendem Oberwasser ergeben sich geringere Auswirkungen des Sperrwerksbetriebes. Für die bewegliche Sohle wurden nur zeitlich kurz dauernde und dann auch nur geringe Veränderungen vermutet; jedenfalls erwartet man keine ähnliche Versandung wie bei der Eider.

III. Methode zur Überprüfung

1. Bezugslinienverfahren

Zur Überprüfung und zur genaueren Ermittlung der durch eine bauliche Maßnahme in einem Fluß erzeugten Veränderungen bei den Wasserständen wendet man vielfach das Bezugslinienverfahren

---

*) Nicht in dieser Arbeit näher behandelt, sondern hier nur erwähnt werden die möglichen Wirkungen des Sperrwerksbetriebes auf eine zeitliche Verschiebung der Tidescheitel (Verfrühung der Tiden) und damit eine Veränderung der Dauer von Flut und Ebbe.

Ferner wird hier nur angedeutet, daß das Sperrwerk bei seinem Betrieb auch Auswirkungen auf die Grundwasserstände und deren Schwankungen unter dem Einfluß der Gezeiten haben könnte und auch tatsächlich zeigte.

Ebenfalls wird den Schwall- und Schwingungserscheinungen hier nicht näher nachgegangen, die beim Betrieb des Sperrwerkes bei nachträglichen Vollsperrungen auftreten und die bereits in einem früheren Kapitel kurz angesprochen wurden (Kapitel I, 5).

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

an. Dieses Verfahren liegt auch dieser Arbeit zugrunde. Es wird jeweils das durchschnittliche, natürliche Verhalten der ungesperrten Tiden und das Sonderverhalten der beeinflußten, gesperrten Tiden durch eine Bezugslinie charakterisiert, und diese Linien werden miteinander verglichen.

Grundsätzlich kann man mit dem Bezugslinienverfahren auch kleinere Veränderungen an den Wasserständen nachweisen. Jedoch wird dies dann kritisch, wenn die Unterschiede der Bezugslinien sehr klein gegenüber dem verfahrensbedingten Streubereich bei der Aufstellung einer Bezugslinie sind.

Schwierigkeiten bereitet es auch, wenn mehrere bauliche Maßnahmen zur gleichen Zeit stattfinden, da dann schwer festzustellen ist, welche Auswirkungen von welcher Maßnahme stammen. Im vorliegenden Falle wurden zusammen mit dem Bau des Sperrwerkes in der Leda oder zeitlich gleichlaufend eine Reihe von Begradigungen und Deicherhöhungen durchgeführt (vgl. Kapitel IV, 3a und IV, 3c), die einen gewissen gleichartigen Einfluß gehabt haben könnten. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit schließen diesen Einfluß ein.

2. Unterlagen

Zur Ermittlung der benötigten Bezugslinien stehen die Pegelaufzeichnungen verschiedener Pegel der Ems und der Leda zur Verfügung. Die Scheitelwerte sind in Tabellen der täglichen Wasserstände zusammengestellt.

Die vorliegende Arbeit wertete von diesen Unterlagen charakteristische, insbesondere die höchsten während der betrachteten Betriebszeit eingetretenen Tiden aus. Es wurden diejenigen Tiden untersucht, die erstens gesperrt wurden und zweitens beim Sperrwerk (Außenpegel) den höchsten schiffbaren Wasserstand (NN + 2,40 m bzw. NPH + 740 cm) überschritten hatten.

Außerdem ist der untersuchte Zeitraum auf die Jahre 1956 bis 1963 beschränkt. Für die beiden vorhergehenden Jahre 1954 und 1955 wird auf die vorläufige Studie des Wasser- und Schiffahrtsamtes Leer über die Betriebserfahrungen (15) hingewiesen.

Trotz dieser Beschränkungen wurde ein klares Bild erhalten. Im Prinzip ändert sich nichts an den Untersuchungen; auch das Ergebnis könnte sich höchsten geringfügig und unwesentlich verändern, wenn man mehr Zahlenmaterial heranziehen würde. Lediglich die ausgeführten Mittelwertbildungen könnten dadurch noch zuverlässiger belegt werden.

Eine weitere Beschränkung des reinen Rechenaufwandes erfolgte dadurch, daß aus der genannten Studie (15), soweit möglich, Angaben über die früheren Verhältnisse übernommen wurden. Dies geschah speziell dadurch, daß für die Untersuchung der Erhöhung der Thw-Stände (Kapitel IV, 1 b) die Gleichungen der Bezugslinien für ungesperrte Tiden übernommen wurden.

IV. Auswirkungen des Sperrbetriebes

1. Wasserstände der unteren Leda und der Ems unterhalb von Leerort

a. Allgemeines

Die Untersuchung der Wasserstände erfolgt getrennt für Thw und Tnw. Für erstere werden die Pegelstellen Ledasperrwerk (Außenpegel), Leerort und Terborg (siehe Übersichtskarte, Abbildung 1) herangezogen. Als unbeeinflußt von Sperrwerksmaßnahmen werden die Wasserstände (Thw) am Pegel Pogum angenommen; dieser Pegel wird als Bezugspegel gewählt.

Sofern der Pegel Pogum einmal ausgefallen war und man seine Wasserstände nach dem Pegel Terborg ergänzt hatte, wurden die betroffenen Tiden in dieser Arbeit nicht ausgewertet. Es wird nämlich befürchtet, daß der Pegel Terborg noch durch das Sperrwerk beeinflußt wird und es deshalb ge-

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

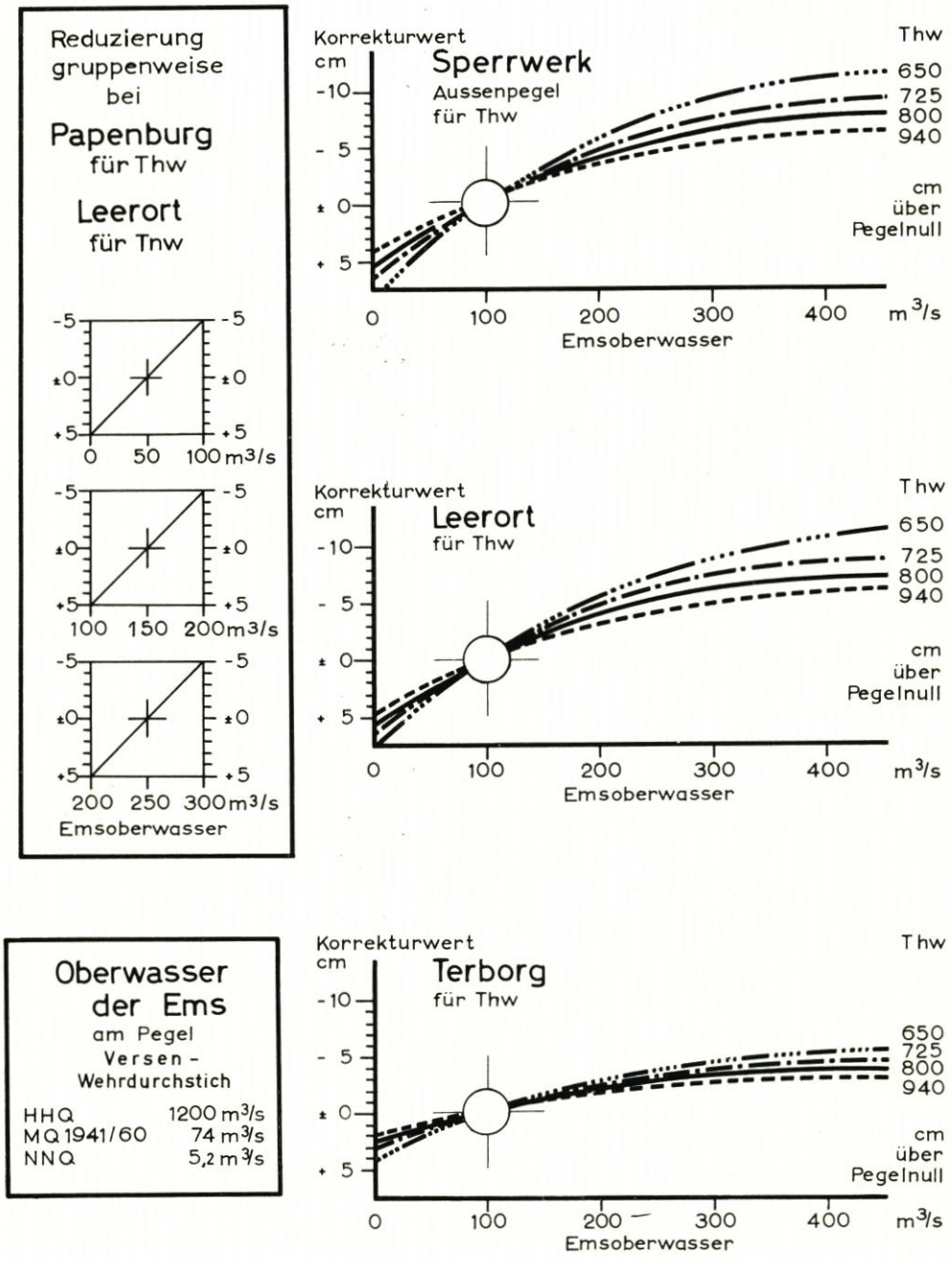


Abb. 9. Einfluß des Emsoberwassers. Reduzierkurven auf einheitlich 100 m³/s

rade für eine Untersuchung über die Auswirkungen des Sperrwerkes nicht zulässig wäre, den Pegel Terborg zur Ergänzung von Pogum zu benutzen. Leider werden durch diesen Verzicht eine Reihe interessanter sehr hoher Tiden (u. a. Sturmflut 1962) betroffen.

Die Tnw-Untersuchung beschränkt sich auf den Pegel Leerort. Da befürchtet werden muß, daß bei Tnw die Wasserstände am Pegel Pogum doch noch vom Sperrwerk beeinflußt werden, wird als Bezugspegel der Pegel Emden gewählt.

Der Einfluß des Ems-Oberwassers wird bei der Thw-Untersuchung ausgeschaltet durch Korrekturwerte nach Abbildung 9. Es werden Reduzierkurven benutzt, die vom Wasser- und Schiffahrtsamt Leer und vom Franzius-Institut Hannover aus früheren Untersuchungen aufgestellt wurden und die das Ems-Oberwasser auf einheitlich 100 m^3/s gleichschalten.

Für die Tnw-Untersuchung standen solche Reduzierkurven nicht zur Verfügung. Es zeigte sich nämlich, daß der Einfluß des Oberwassers hier bereits so stark ist, daß man das Oberwasser gruppenweise zusammenfassen muß. Es wurden die Gruppen 0—99 m^3/s, 100—199 m^3/s und 200—299 m^3/s gebildet. Innerhalb dieser Gruppen wurden die Oberwassermengen (geradlinig nach Abbildung 9) auf 50 m^3/s, 150 m^3/s bzw. 250 m^3/s reduziert.

Die Größe des Oberwassers wurde aus den Abflußmengen am Pegel Versen-Wehrdurchstich abgelesen. Es wurde dabei darauf verzichtet, genauer zu untersuchen, welche zeitliche Differenz zwischen dem untersuchten Wasserstand Pogum, Leerort usw. und den zugehörigen Wasserständen im 77,5 km oberhalb von Leerort liegenden Versen besteht. Überschlägig wurde das arithmetische Mittel aus der Abflußmenge des betreffenden Tages und des Vortages den Untersuchungen zugrunde gelegt. Man bedenke hierbei, daß es lediglich darauf ankommt, Gruppen von Oberwassermengen im Bereich von 100 m^3/s zu bilden oder für höchstens 10 m^3/s einen Korrekturwert von 1 cm einzuführen. Angesichts der durch andere Einflüsse verursachten Streuungen können geringe Ungenauigkeiten bei der Ermittlung der Oberwassermengen durchaus in Kauf genommen werden.

Für die Tnw-Untersuchung konnte nicht auf die in der Studie (15) gemachten Angaben über die früheren Verhältnisse zurückgegriffen werden, weil sich diese aus einem zu geringen Beobachtungsmaterial zusammensetzen und außerdem vorwiegend auf einen Bereich von Wasserständen beziehen, der für die vorliegende Arbeit wegen der Auswahl höherer Tiden keine Vergleichsmöglichkeit ergibt. Um unsicheres Extrapolieren der Angaben aus (15) zu vermeiden, wurden für ausgewählte höhere Tiden aus den Abflußjahren 1952 bis 1954 besondere Bezugslinien aufgestellt, die die früheren Verhältnisse charakterisieren sollen.

Eine Schwierigkeit ergab sich bei dieser Betrachtung der früheren Verhältnisse. Die Abflußmengen für Versen sind nämlich erst ab 1954 in Gewässerkundlichen Jahrbüchern veröffentlicht, nicht für 1951 bis 1953. Es wurde hier die Beziehung zwischen Abflußmenge und Wasserstand aus dem Jahre 1954 hergeleitet und diese für die vorhergehenden Jahre als Nährung benutzt. Wasserstandsangaben für diese Jahre sind veröffentlicht.

Für die Betrachtung der Thw wurden die Angaben aus (15) für die früheren Verhältnisse übernommen (s. Kapitel III, 2).

Es wurden bei der Untersuchung des Thw sowohl Vollsperrungen als auch nachträgliche Vollsperrungen ausgewertet, während sich die Untersuchung der Tnw nur auf Vollsperrungen beschränkt.

b. Erhöhung des Thw

Auf den Abbildungen 10 bis 12 wurden die beobachteten Wertepaare eingetragen, getrennt nach Vollsperrungen und nachträglichen Vollsperrungen, und die zugehörigen Bezugslinien errechnet. Die Punkte ordnen sich recht gut ohne allzu große Streuungen. Die Linie für ungesperrte Tiden ist bei jedem Pegel natürlich unabhängig von der Art der Sperrung.

Man erkennt beim Vergleich zwischen „früher" und „jetzt", daß die Bezugslinien früher durchweg deutlich niedriger lagen. Ferner vergrößert sich der Abstand der zusammengehörigen Linien nach rechts oben. Das bedeutet, daß der Einfluß des Sperrwerkes sich bei höheren Tiden stärker auswirkt, eine durchaus einleuchtende Erscheinung.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

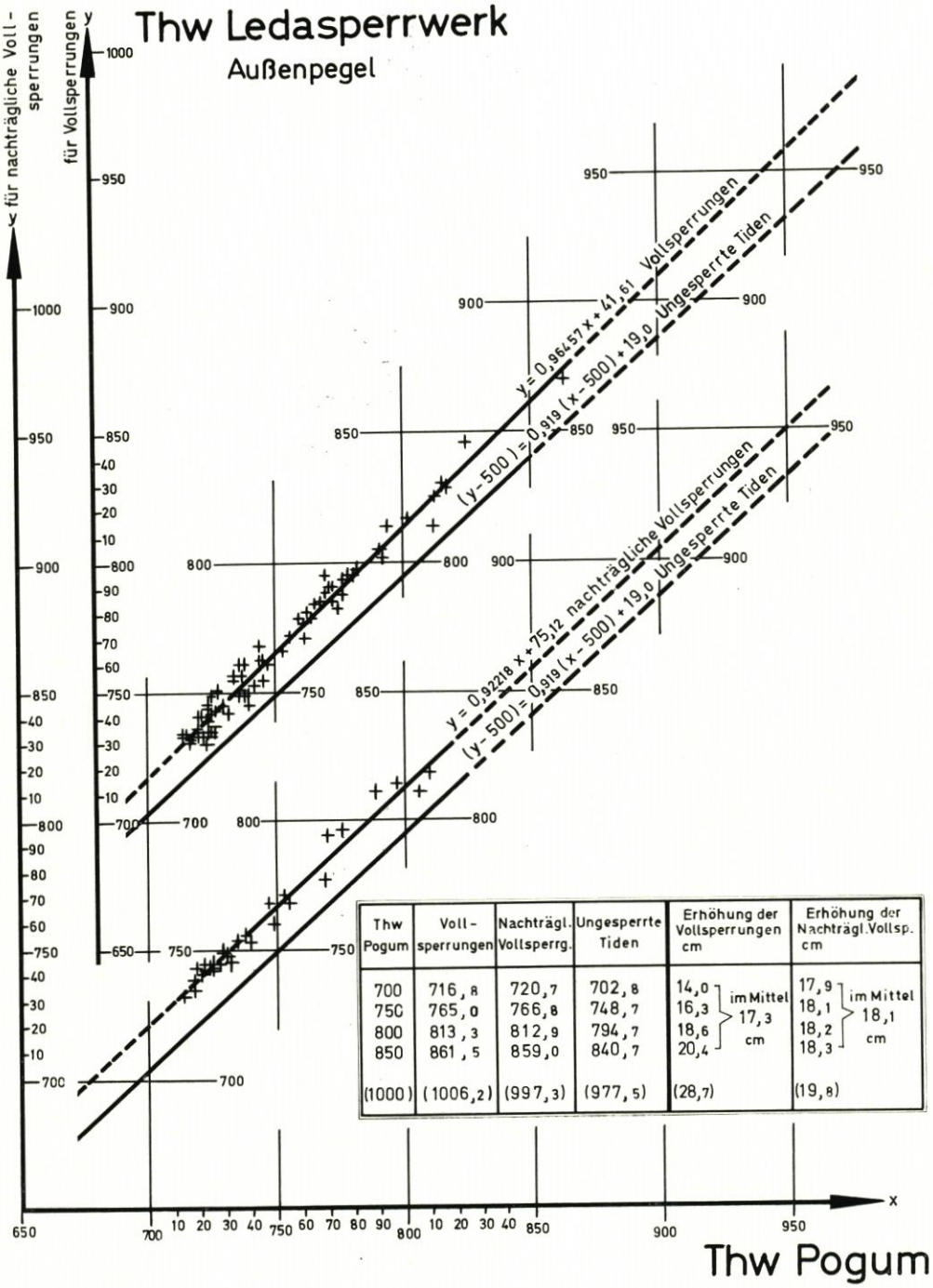
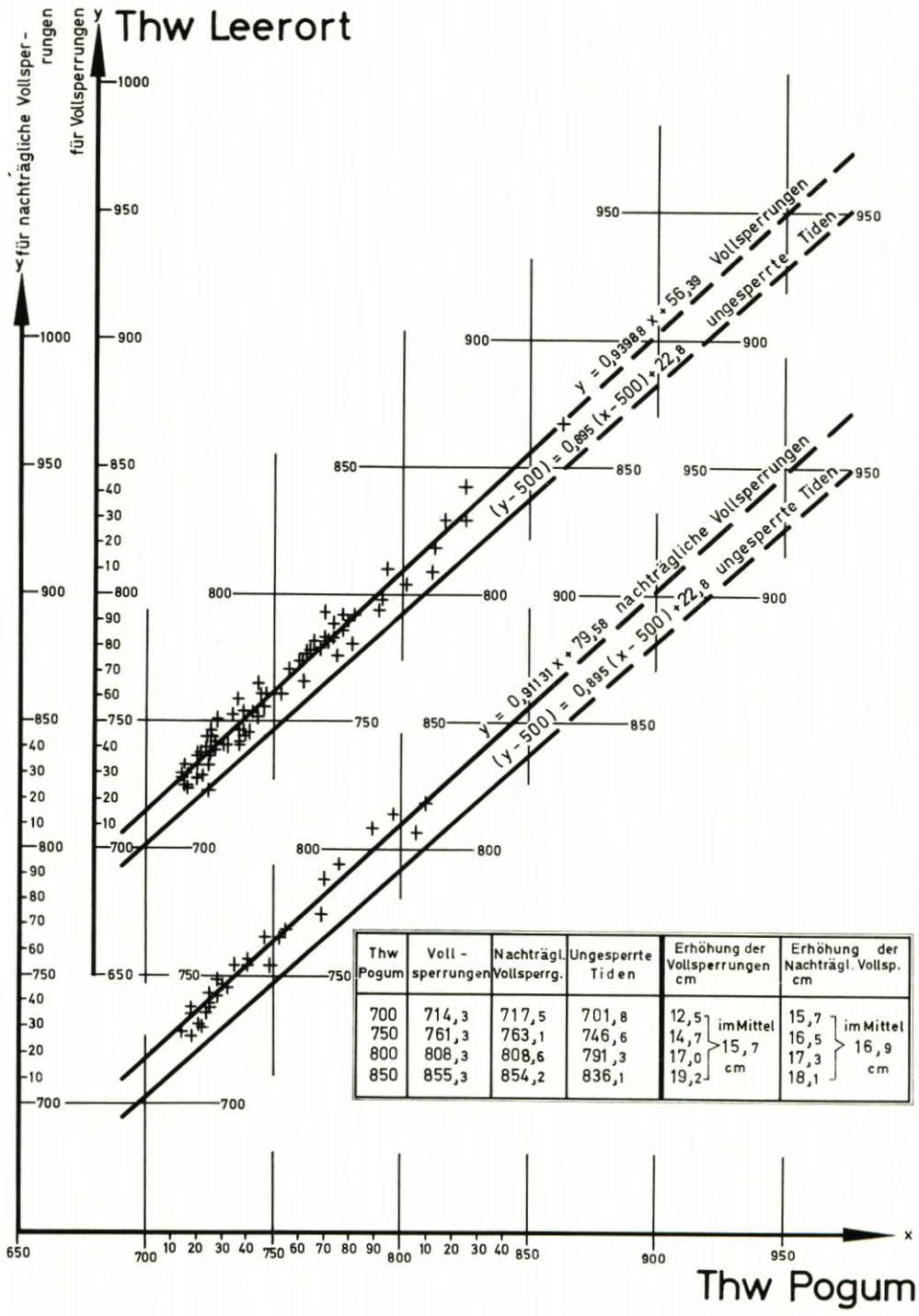


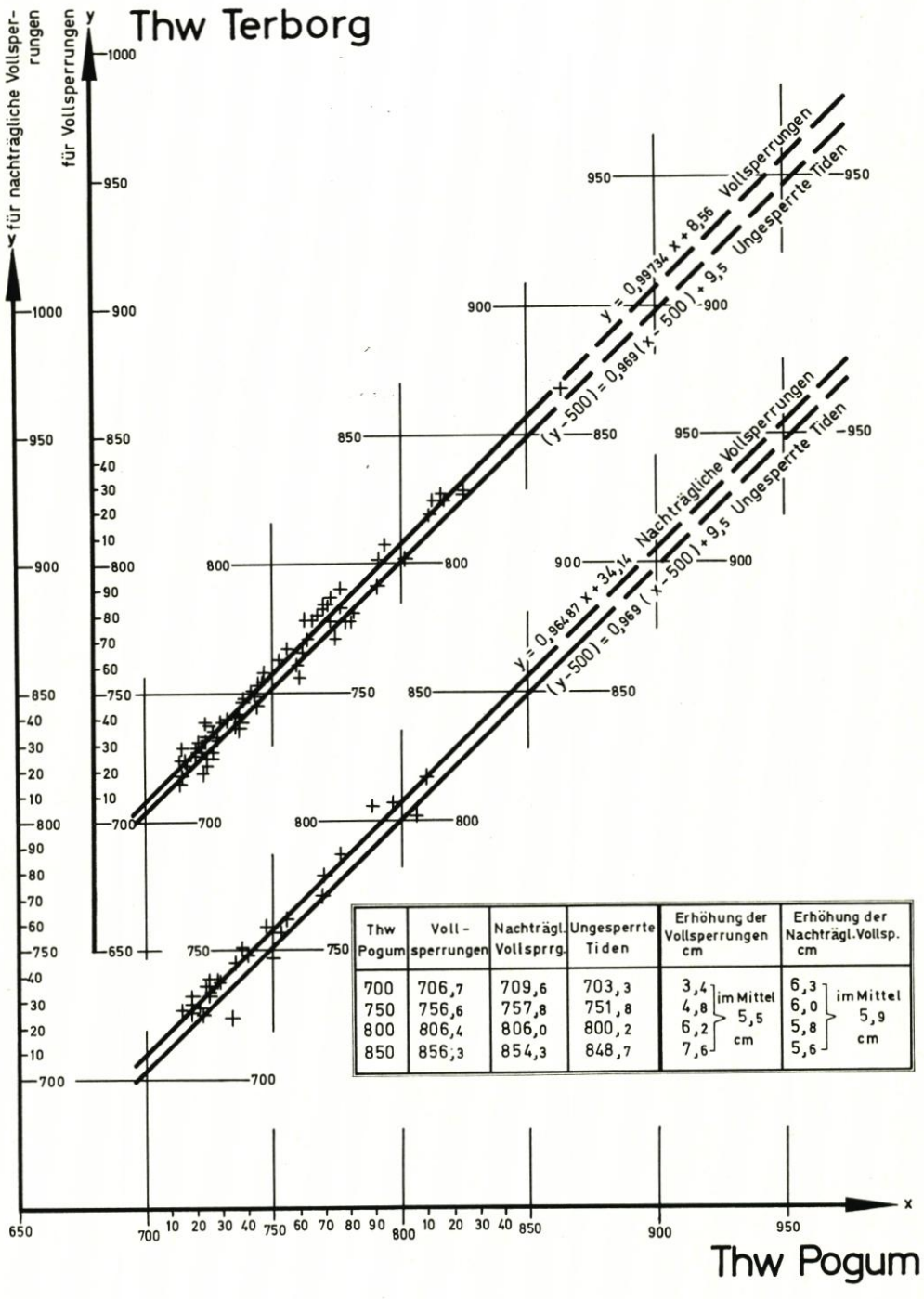
Abb. 10. Erhöhung des Thw Ledasperrwerk. Pegel-Bezugslinien. Ausgewählte höhere Tiden. Ems-Oberwasser reduziert auf 100 m³/s



Thw Pogum	Voll-sperrungen	Nachträgl. Vollsperrg.	Ungesperrte Tiden	Erhöhung der Vollsperrungen cm		Erhöhung der Nachträgl. Vollsp. cm	
700	714,3	717,5	701,8	12,5	im Mittel 15,7 cm	15,7	im Mittel 16,9 cm
750	761,3	763,1	746,6	14,7		16,5	
800	808,3	808,6	791,3	17,0		17,3	
850	855,3	854,2	836,1	19,2		18,1	

Abb. 11. Erhöhung des Thw Leerort. Pegel-Bezugslinien. Ausgewählte höhere Tiden. Ems-Oberwasser reduziert auf 100 m³/s

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182



Thw Pogum	Voll-sperrungen	Nachträgl. Vollsprrg.	Ungesperrte Tiden	Erhöhung der Vollsperrungen cm	Erhöhung der Nachträgl. Vollsp. cm
700	706,7	709,6	703,3	3,4	6,3
750	756,6	757,8	751,8	4,8	6,0
800	806,4	806,0	800,2	6,2	5,8
850	856,3	854,3	848,7	7,6	5,6
				im Mittel 5,5 cm	im Mittel 5,9 cm

Abb. 12. Erhöhung des Thw Terborg. Pegel-Bezugslinien. Ausgewählte höhere Tiden. Ems-Oberwasser reduziert auf 100 m³/s

Für das Auswerten der Größenordnung der gezeigten Erhöhung der Thw muß die Betrachtung, wie die Lage der dargestellten Punkte ausweist, sich auf den Bereich zwischen NPH + 700 cm und NPH + 850 cm am Pegel Pogum beschränken. (Bei diesem Pegel liegt MThw 1951/60 auf NPH + 636 cm.) Für noch höhere Fluten ergaben sich kaum Beobachtungswerte. Schlüsse über diesen sehr hohen Bereich können nur durch Extrapolieren gezogen werden und sind entsprechend vorsichtig zu werten.

Für den genauer zu betrachtenden mäßig hohen Bereich (Fluten, deren Scheitel Höhen zwischen ca. NN + 2,0 m und NN + 3,5 m am Pegel Pogum erreichen) läßt sich eine Abnahme der Erhöhung vom Sperrwerk über Leerort nach Terborg feststellen. Aus dem Vergleich der Zahlen und der Karte läßt sich entnehmen, daß die Erhöhung bis Pogum abgeklungen sein dürfte. Damit wird bestätigt, daß die Annahme, Pogum als Bezugspegel zu wählen, angebracht war. (Vgl. auch Abb. 25 auf S. 135).

c. Ergebnis

Die Thw werden durch den Betrieb des Sperrwerkes erhöht; ihre Erhöhung ist am Sperrwerk am größten, sie nimmt ledaabwärts und in der Ems weiter ab. Die Erhöhung der Thw wächst bei höheren Fluten. Sie ist für nachträgliche Vollsperrungen geringfügig größer als für sofortige Vollsperrungen.

Für etwa 1,6 bis 2,1 m über MThw auflaufende Fluten betragen die Erhöhungen im Mittel bei Vollsperrungen:

Sperrwerk	17,3 cm
Leerort	15,7 cm
Terborg	5,5 cm

und bei nachträglichen Vollsperrungen:

Sperrwerk	18,1 cm
Leerort	16,9 cm
Terborg	5,9 cm

Bei sehr hohen Sturmfluten (Scheitel über NN + 5 m) im Zusammentreffen mit einem nur wenig über das Mittel angehobenen Oberwasser in der Ems wird sich die Erhöhung der Thw am Sperrwerk um etwa 30 cm einstellen. Bei größerem Oberwasser erhöht sich dieser Wert noch um etwa 6 bis 8 cm.

d. Senkung des Tnw

Auf den Abbildungen 13 bis 15 wurden die ausgewerteten Tiden getrennt nach Oberwassergruppen eingetragen, wie in Absatz IV, 1 a erwähnt wurde. Der entstehende Punkthaufen weist trotzdem noch erhebliche Streuungen auf. Geht man möglichen Ursachen für die Streuungen nach, so zeigt sich, daß sie wesentlich bestimmt sind von der Höhe des vorhergehenden Thw. Ordnet man die Punkte nach diesem Gesichtspunkt — dargestellt auf den Abbildungen durch verschiedene Symbole — so erkennt man deutlich den Einfluß des Thw (vgl. Parameterdarstellung). Er ist ziemlich gleichmäßig, einerlei ob man niedrigere oder höhere Tnw betrachtet. Je höher das vorangegangene Thw war, desto höher liegt — verständlicherweise — das Tnw. Dieser Einfluß des Thw zeigt sich in gleicher Weise auch bei den Tiden der früheren Jahre 1951 bis 1954.

Vor allem bei geringerem Oberwasser der Ems (Abb. 15) ist der nach oben hin kleiner werdende Abstand der Bezugslinien für die verschiedenen Thw gut zu erkennen. Dies bedeutet, daß die vorhergehende Tide sich um so weniger auswirkt, je höher der Wasserstand ohnehin schon ist.

Auch beim Vergleich der verschiedenen Oberwassergruppen (Abb. 16) ist eine ähnliche Tendenz zu sehen. Der Abstand der Bezugslinien für Thw von 725, 750 und 775 ist bei wenig Oberwasser

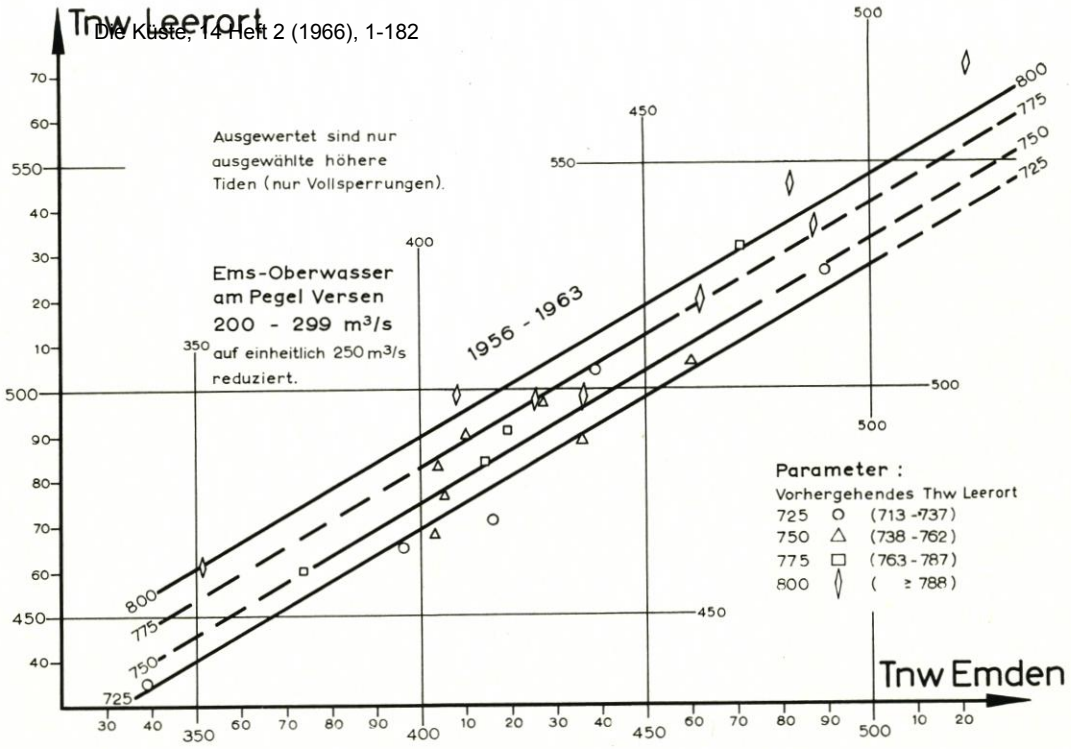


Abb. 13. Pegel-Bezugslinien zwischen Tnw Leerort und Tnw Emden in Abhängigkeit vom vorhergehenden Thw (1)

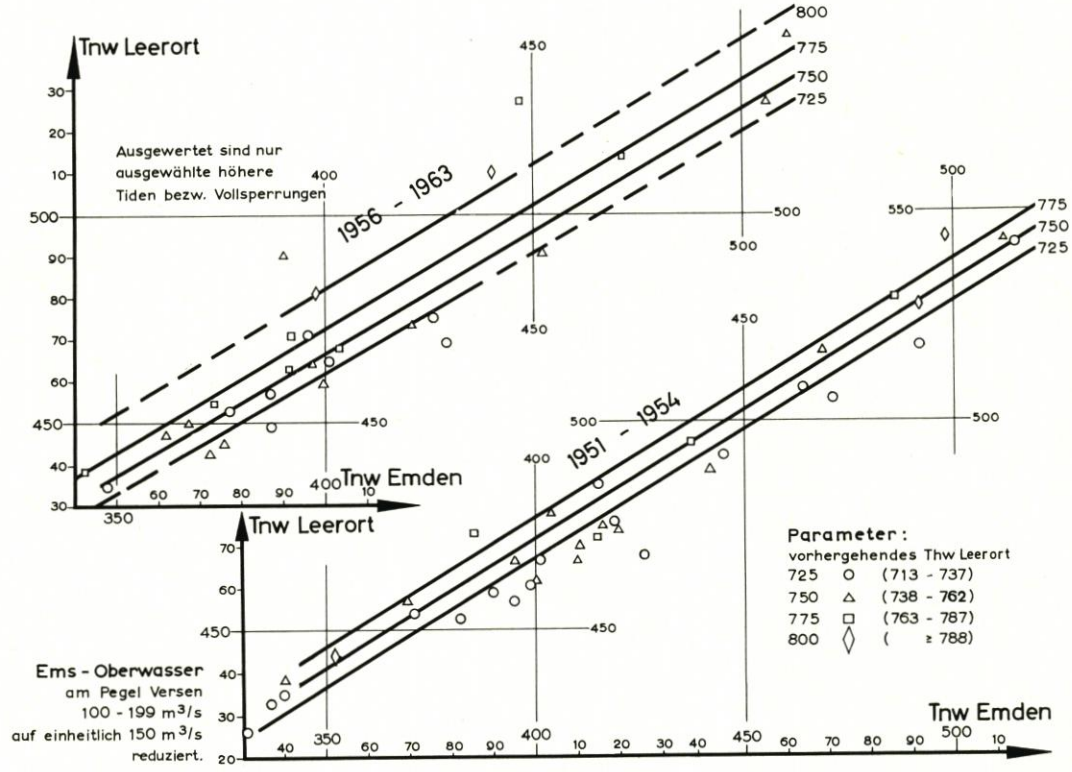


Abb. 14. Pegel-Bezugslinien zwischen Tnw Leerort und Tnw Emden in Abhängigkeit vom vorhergehenden Thw (2)

größer als bei viel Oberwasser. Führt also die Ems ohnehin viel Wasser, dann macht sich der Einfluß der vorhergehenden Tide nicht so stark bemerkbar wie bei wenig Wasserführung der Ems.

Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang auch, daß sich die Bezugslinienscharen, die jeweils eine Oberwassergruppe kennzeichnen, nach rechts oben zueinander neigen. Diese Tatsache besagt, daß bei höheren Tnw der Einfluß des Oberwassers geringer wird. Dies ist wiederum leicht verständlich, wenn man die Querschnittsform eines Flusses betrachtet (s. Abb. 17).

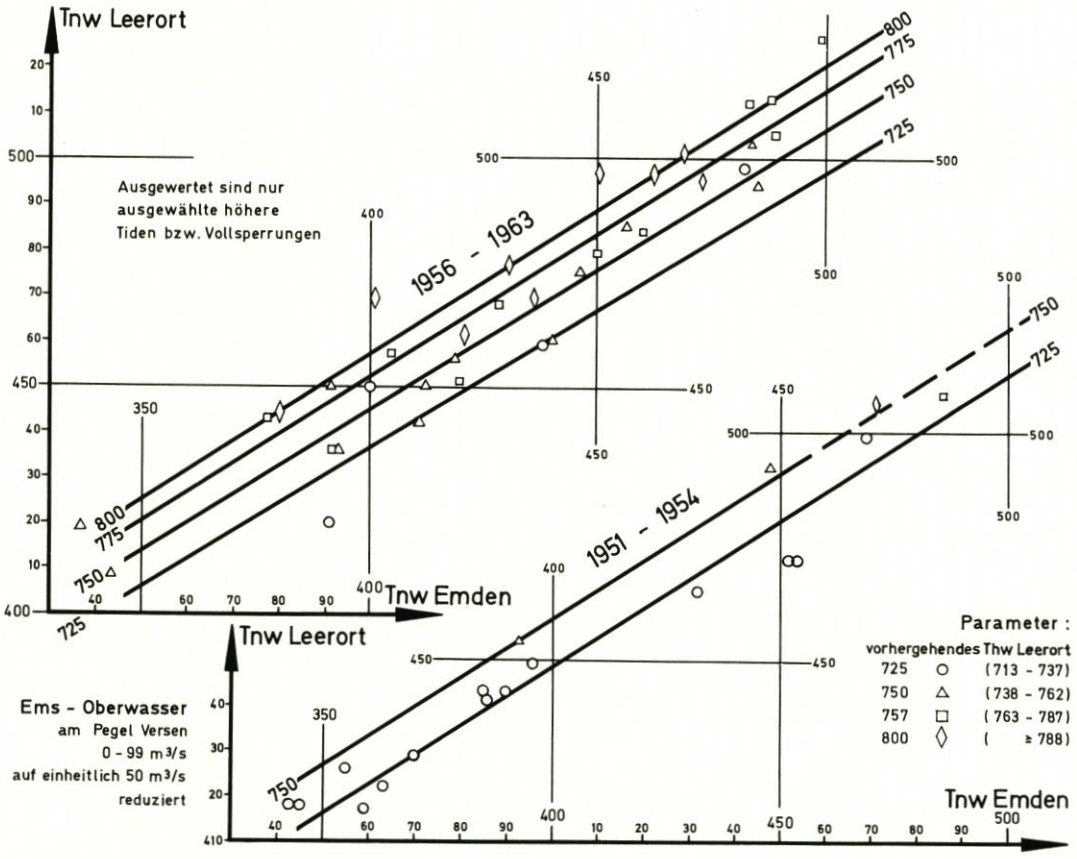


Abb. 15. Pegel-Bezugslinien zwischen Tnw Leerort und Tnw Emden in Abhängigkeit vom vorhergehenden Thw (3)

Die Darstellung in Abbildung 16 soll nur die Tendenz des Oberwassereinflusses zeigen. Bei einem Ablesen von Zahlenwerten hat man zu bedenken, daß zur Zusammenfassung von Oberwassergruppen mit Hilfe von Reduzierkurven Korrekturwerte eingeführt worden sind. Beim zahlenmäßigen Vergleich der Oberwassergruppen aus Abbildung 16 ist daher Vorsicht geboten.

Zum Vergleich mit den früheren Verhältnissen wurden in den Abbildungen 18 und 19 die zusammengehörigen Bezugslinien — getrennt nach Oberwassergruppen und diese wiederum unterteilt nach dem vorhergehenden Thw — herausgezeichnet. Es wurde hierfür auf einzelne Bezugslinien verzichtet, so auf die Oberwassergruppe 200— 299 m³/s, weil hier zu wenig ausgewertete Tiden vor allem für die früheren Verhältnisse vorlagen.

Bei den dargestellten Vergleichen erkennt man, daß die Bezugslinien gegenüber früher gesun-

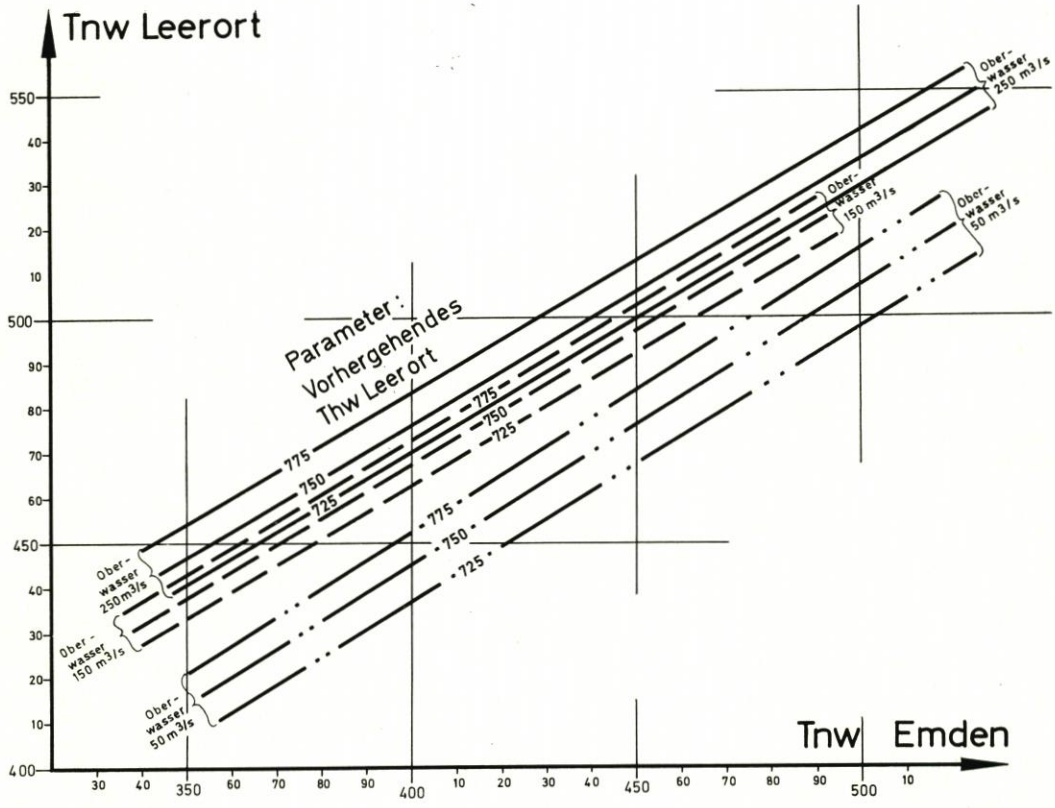


Abb. 16. Pegel-Bezugslinien zwischen Tnw Leerort und Tnw Emden. Einfluß des Ems-Oberwassers

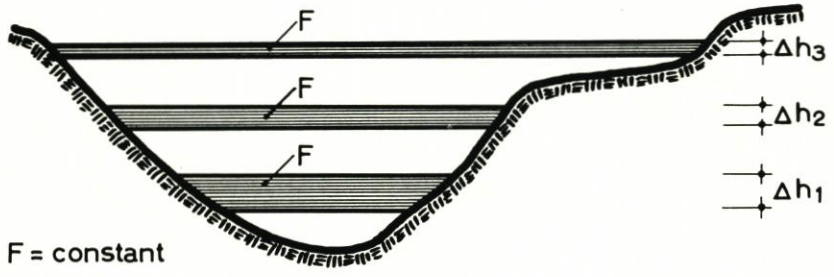


Abb. 17. Querschnittsform eines Flusses

ken sind. Deutlich ist wieder zu erkennen, daß die Bezugslinien nach rechts oben einen größeren Abstand haben. Der Einfluß des Sperrwerkes wirkt sich bei höheren Tiden stärker aus.

Zum Vergleich der Zahlenwerte wird wiederum nur ein Ausschnitt betrachtet. Es wurden deshalb auch nur solche Tiden gezeichnet, deren Tnw bei Emden zwischen NPH + 350 cm und NPH + 500 cm liegt. (Bei diesem Pegel liegt MTnw 1951/60 auf NPH + 333 cm.) Man stellt fest, daß die Senkung des Tnw in diesem Bereich größer ist, wenn gleichzeitig die Ems wenig Oberwasser führt.

Über den Einfluß des vorhergehenden Thw geben die dargestellten Linien widersprüchliche Aussagen. Bei kleinen Oberwassermengen ist klar abzulesen, daß die Absenkung sich vergrößert,

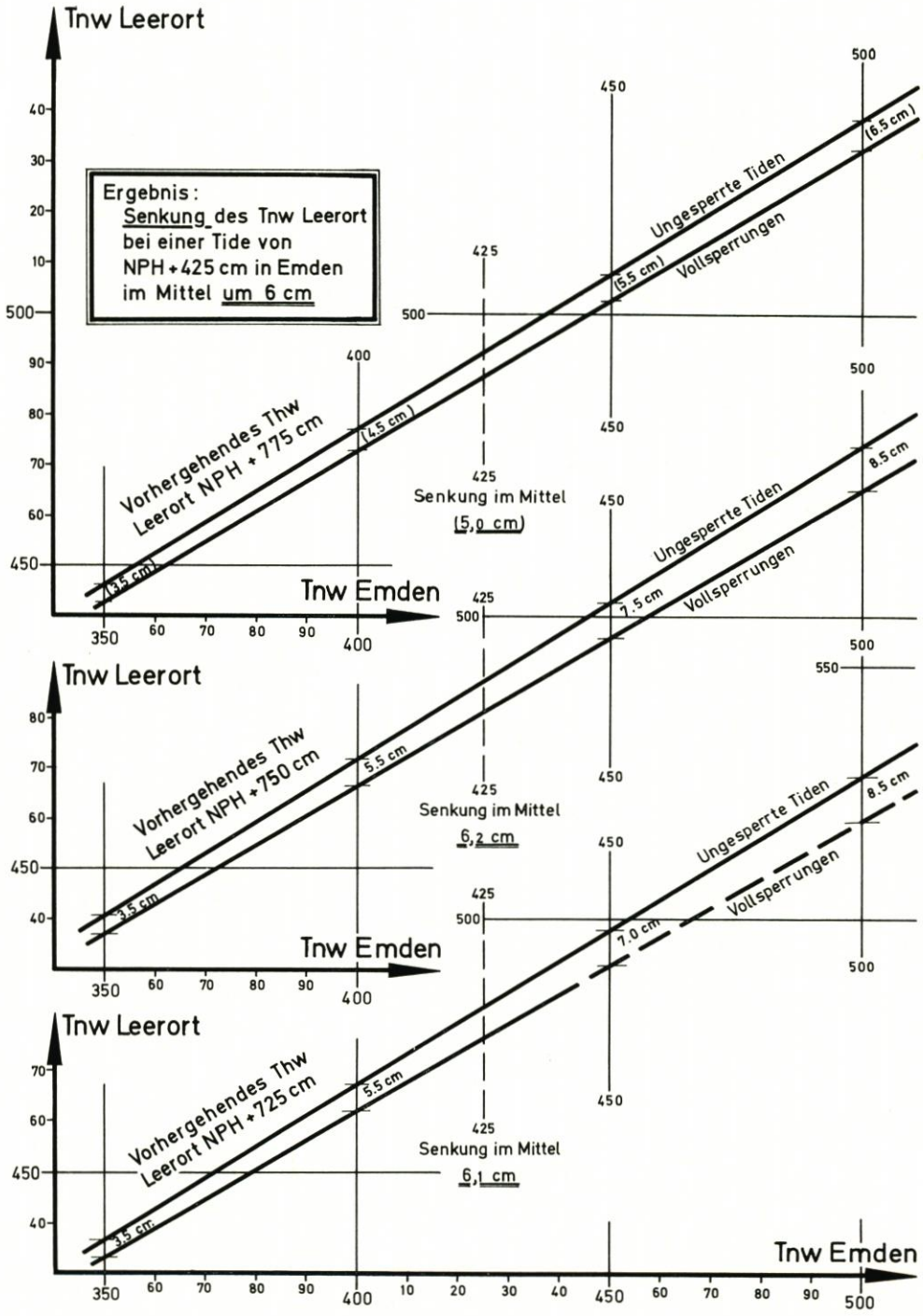


Abb. 18. Senkung des Tnw Leerort. Pegel-Bezugslinien (1). Ems-Oberwasser 100—199 m³/s; i. M. 150 m³/s. Ausgewählte Tiden · In Abhängigkeit vom vorhergehenden Thw

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

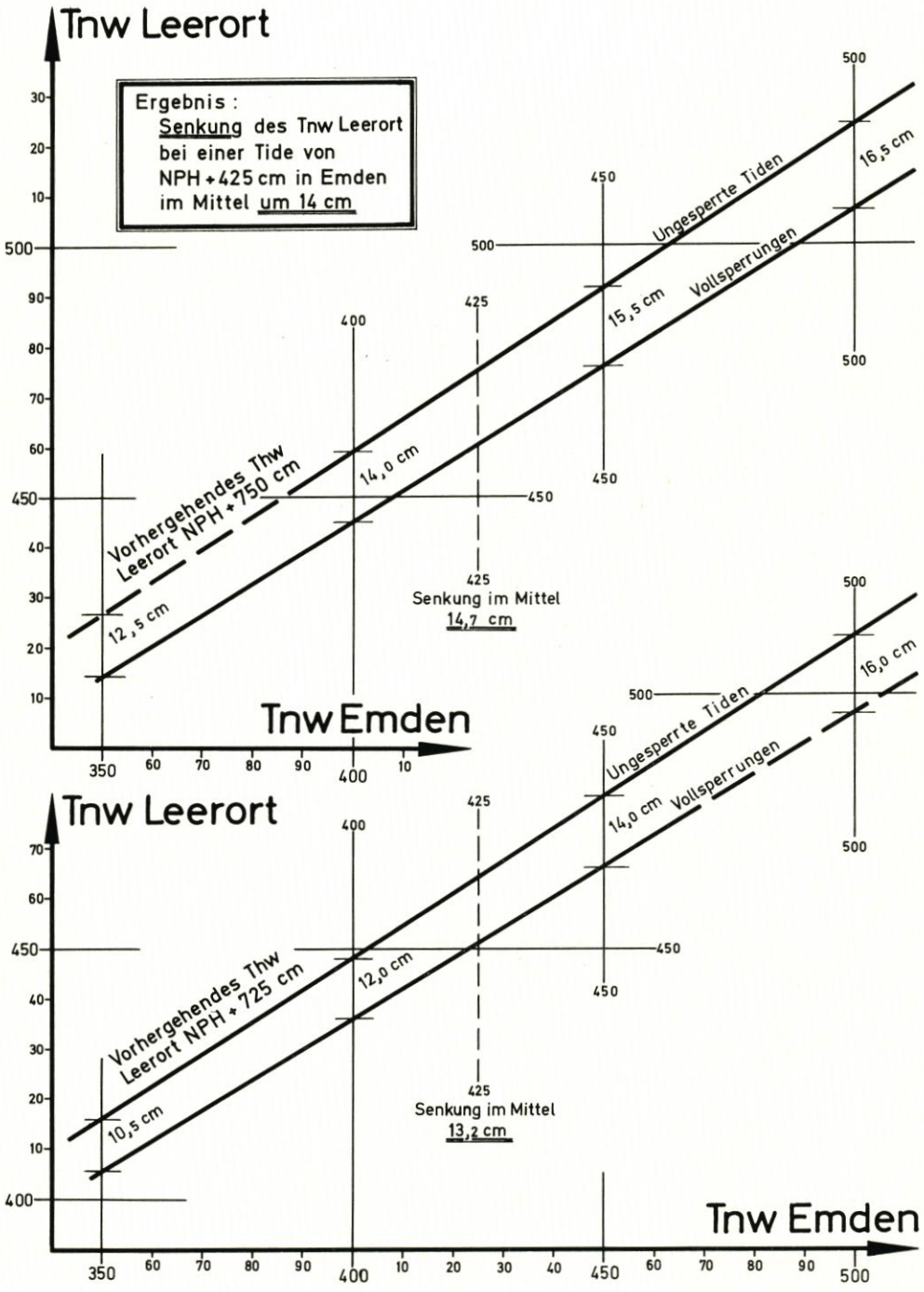


Abb. 19. Senkung des Tnw Leerort. Pegel-Bezugslinien (2). Ems-Oberwasser 0—99 m³/s; i. M. m³/s. Ausgewählte Tiden · In Abhängigkeit vom vorhergehenden Thw

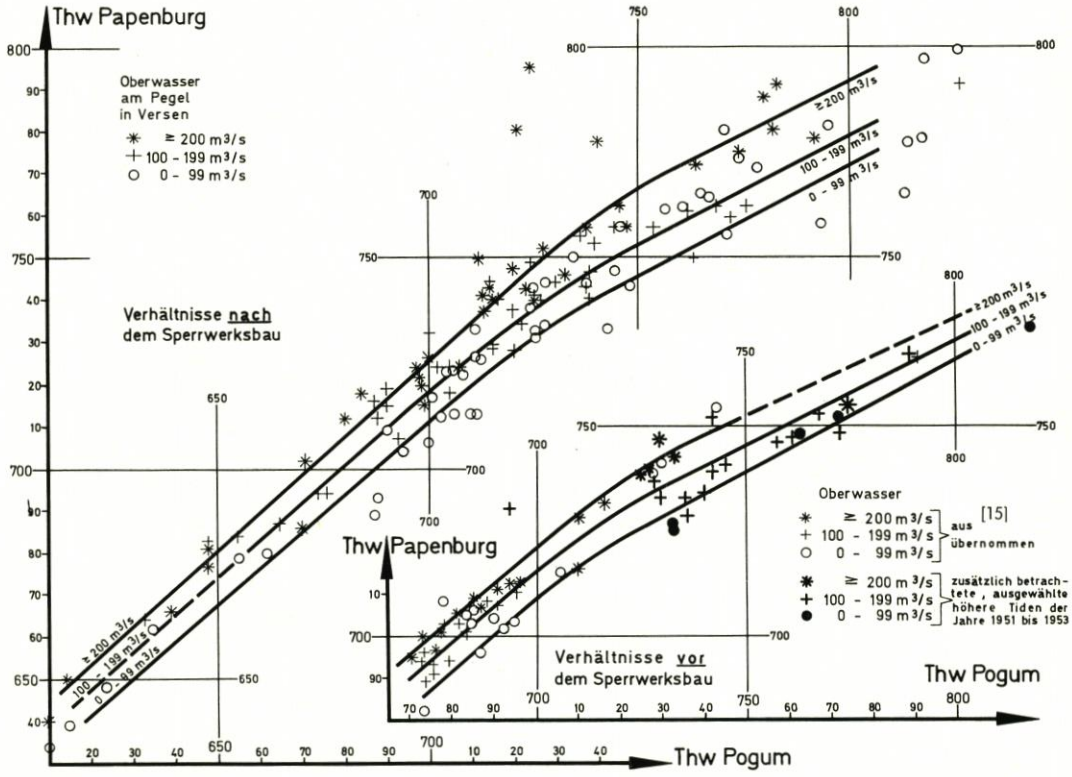


Abb. 20. Pegel-Bezugslinien zwischen Thw Papenburg und Thw Pogum in Abhängigkeit vom Ems-Oberwasser

wenn das vorhergehende Thw höher aufgelaufen ist. Bei reichlicherem Oberwasser — bei dem ja ohnehin eine geringere Absenkung auftritt — kann man die aufgezeigte Tendenz nicht mehr klar verfolgen, vermutlich bedingt durch die wenigen Punkte, die zur Ermittlung der Linien für 775 (Thw) führten. Jedenfalls steht fest, daß das vorhergehende Thw nur noch wenig Einfluß auf die Senkung des Tnw ausübt, wenn die Ems größeres Oberwasser führt.

e. Ergebnis

Die Tnw werden durch den Betrieb des Sperrwerkes abgesenkt. Die Senkung wächst mit höheren Tnw. Sie ist stark abhängig vom Oberwasser der Ems und etwas weniger stark abhängig von der Höhe des vorausgehenden Thw.

Für etwa 0,2 bis 1,7 m über MTnw auflaufende Tnw betragen die Senkungen im Mittel in Leerort

bei 0— 99 m³/s Oberwassermenge in der Ems 14 cm
bei 100—199 m³/s Oberwassermenge in der Ems 6 cm

Bei sehr hohen Tiden (Niedrigwasserscheitel über NN + 2 m) ist bei mäßig hohem Oberwasser in der Ems in Leerort mit einer Absenkung von etwa 25 cm zu rechnen.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

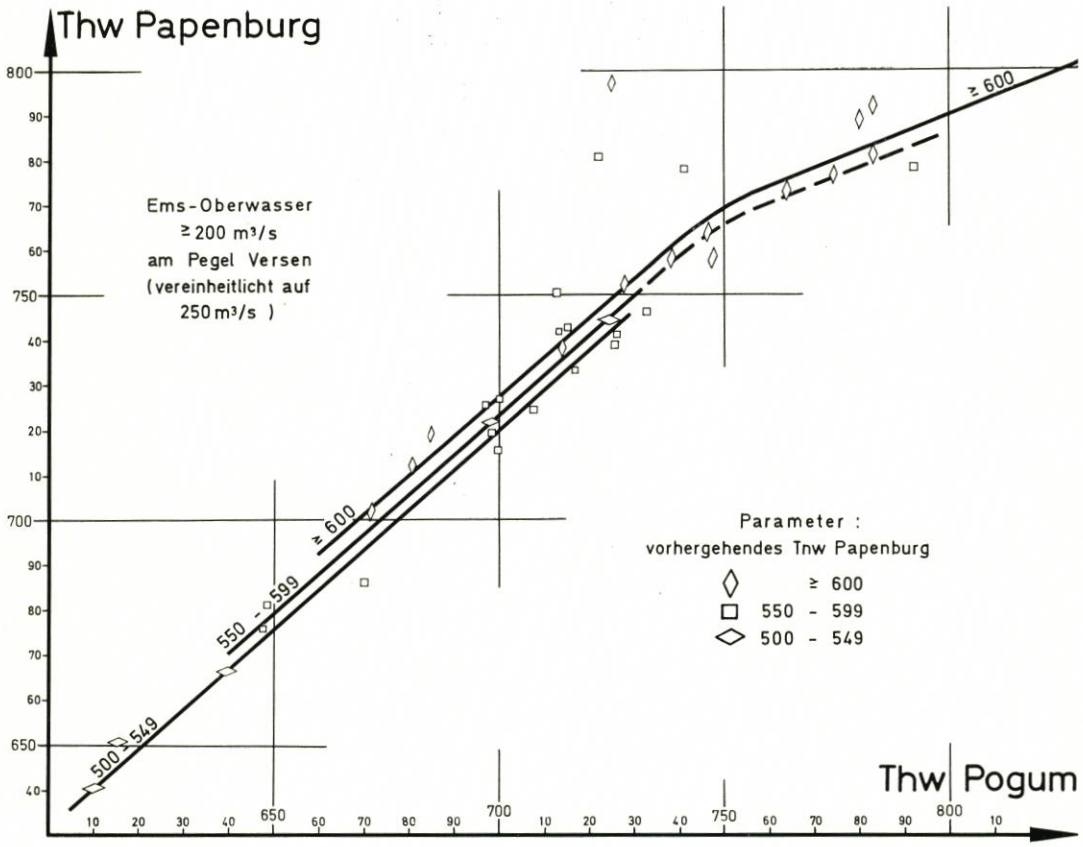


Abb. 21. Pegel-Bezugslinien zwischen Thw Papenburg und Thw Pogum in Abhängigkeit vom vorhergehenden Tnw (1)

2. Wasserstände der Ems oberhalb der Ledamündung

a. Allgemeines

Die Verfolgung eines Einflusses des Leda-Sperrwerks in der Ems nach oberhalb geschieht nach der gleichen Methode wie sie bisher gezeigt wurde. Trotzdem müssen Erläuterungen vorweg gegeben werden.

Es sollen hier nur beispielhaft die Thw untersucht werden, und diese auch nur für den Pegel Papenburg (s. Abb. 1).

In der Emsstrecke oberhalb der Ledamündung macht sich in zunehmendem Maße ein starker Einfluß des Ems-Oberwassers bemerkbar. Es leuchtet ein, daß der Einfluß des Sperrwerkes demgegenüber mehr in den Hintergrund tritt.

Der Einfluß der Oberwassermenge wird wieder durch Gruppenbildung und Reduzierung auf 50 m³/s, 150 m³/s bzw. 250 m³/s innerhalb dieser Gruppen berücksichtigt. Im übrigen gelten für das Oberwasser die Bemerkungen aus Absatz IV, 1 a.

Es zeigte sich, daß sowohl die Angaben der Studie (15) über die früheren Verhältnisse wie auch die Auswertung der bislang hier benutzten höheren Tiden auf nicht genügend Wertepaaren beruhen,

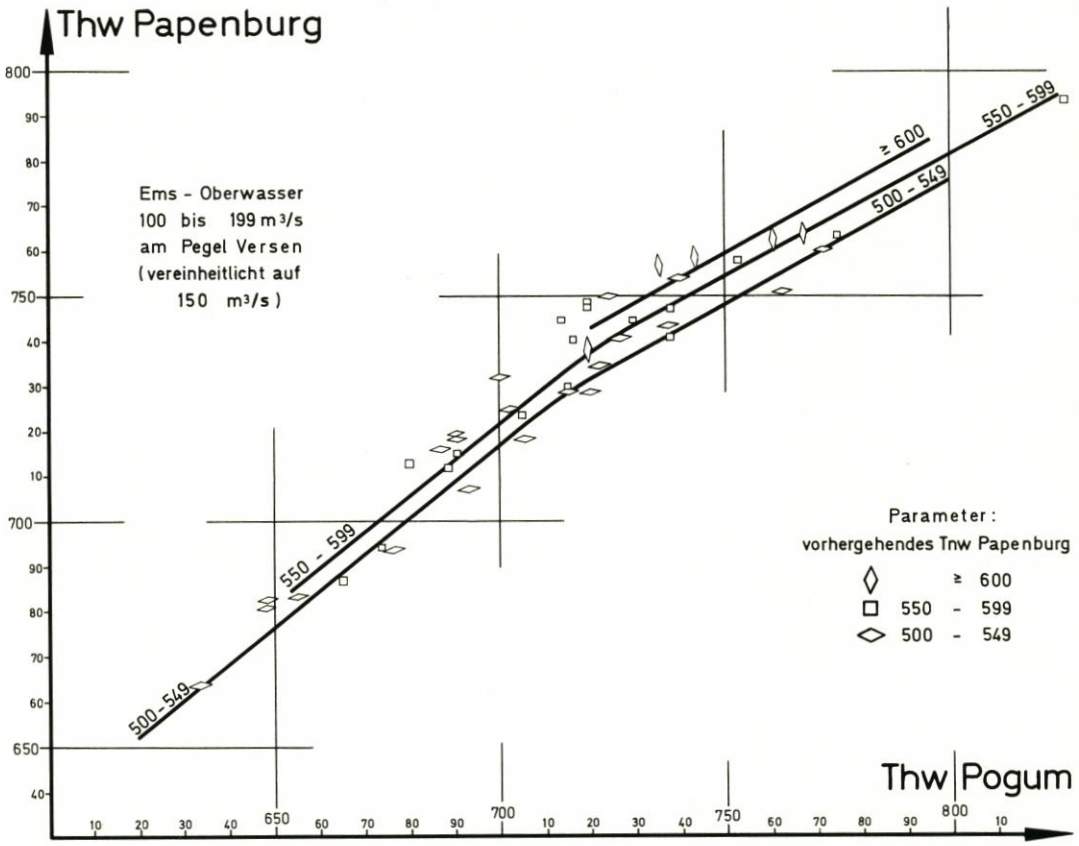


Abb. 22. Pegel-Bezugslinien zwischen Thw Papenburg und Thw Pogum in Abhängigkeit vom vorhergehenden Tnw (2)

um eine einigermaßen sichere Aussage zu machen. Es wurde deshalb ergänzend noch weiteres Beobachtungsmaterial herangezogen.

Für die früheren Verhältnisse wurden zusätzlich zu den in der Studie verwerteten Zahlen die höheren Tiden aus den Jahren 1951 bis 1953 ausgewählt, die bei Papenburg den Pegelstand von NPH + 730 cm überschritten haben. Für die heutigen Verhältnisse mußten, da sich die Angaben aus der Studie vorwiegend auf einen niedrigen Bereich der Thw beschränken, auch aus diesem Bereich Zahlenwerte herangezogen werden. Es wurden Tiden aus der Zeit zwischen Januar 1956 bis Januar 1959 ausgewählt, die gesperrt wurden und am Außenpegel des Leda-Sperrwerks zwischen 700 und 740 cm über NPH aufliefen.

b. Erhöhung des Thw

Auf Abbildung 20 wurden die verwerteten Zahlenpaare eingetragen. Sie ergeben deutlich eine Staffelung nach dem Oberwasser. Jedoch weist der Punkthaufen noch erhebliche Streuungen auf. Auch die zu erwartende Abnahme des Oberwassereinflusses bei höheren Tiden — auf Abbildung 16 für Tnw Leerort noch gut erkennbar — schält sich hier nicht heraus. Vermutlich liegt das daran, daß nicht genügend Tiden ausgewertet werden konnten.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

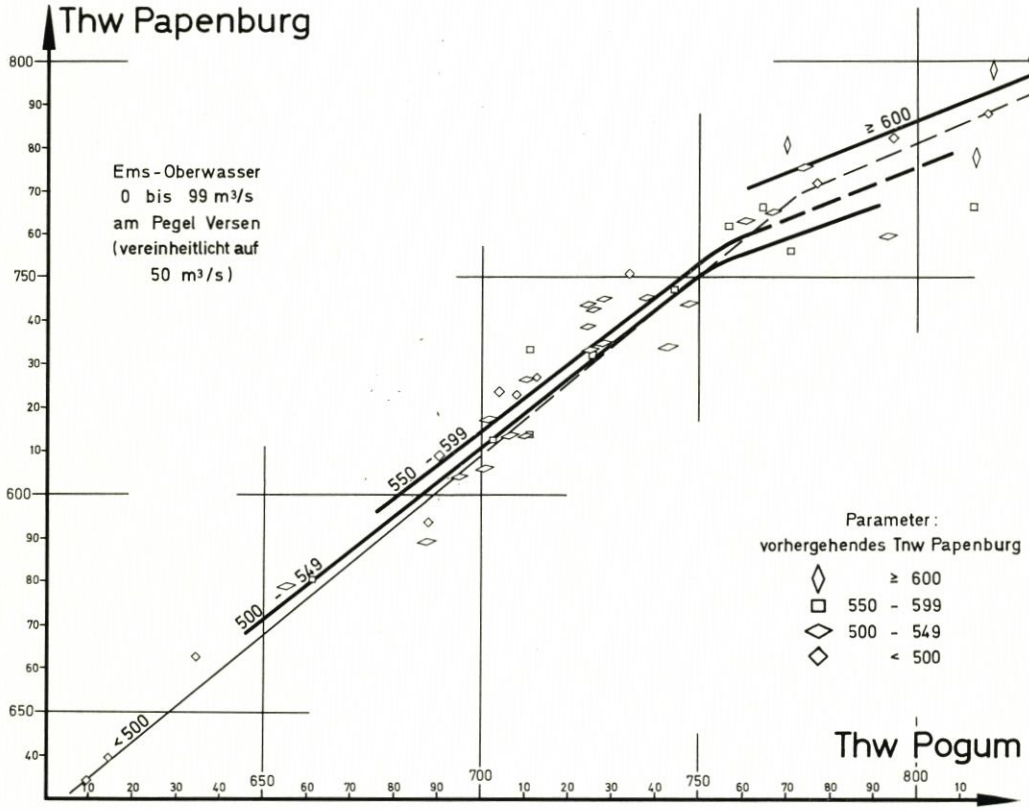


Abb. 23. Pegel-Bezugslinien zwischen Thw Papenburg und Thw Pogum in Abhängigkeit vom vorhergehenden Tnw (3)

Um zu zeigen, daß die Streuungen des Punkthaufens zu einem großen Teil systematischer Natur sind, wurde auf den Abbildungen 21 bis 23, getrennt nach Oberwassergruppen, eine weitere Aufteilung nach dem vorhergehenden Tnw in Papenburg vorgenommen. In den Abbildungen wurden dafür wieder verschiedene Symbole verwendet. Mit Ausnahme eines Falles — nämlich bei geringem Oberwasser und niedrigem Tnw — zeigt sich (wie in Absatz IV, 1 d für Thw entsprechend) ein einigermaßen gleichmäßiger Einfluß des vorhergehenden Tnw, einerlei ob man niedrige oder höhere Thw betrachtet. Je höher das vorhergehende Tnw lag, desto höher läuft auch das Thw auf.

Vergleicht man nun wiederum die Bezugslinien für die heutigen Verhältnisse mit denen für die früheren, so stellt man (Abb. 24) eine Erhöhung der Thw fest, die um so stärker in Erscheinung tritt, je mehr Oberwasser die Ems führt. Da sich die gezeichneten vergleichbaren Bezugslinien wieder nach rechts oben öffnen, läßt sich auch ein stärkerer Einfluß des Sperrwerks bei höheren Tiden ablesen.

Beim zahlenmäßigen Auswerten beachte man, daß die Bezugslinie für ungesperrte Tiden und hohes Oberwasser bei höheren Thw besonders unsicher ist, weil dafür sehr wenig Beobachtungsmaterial vorlag.

c. Ergebnis

Das in Absatz IV, 1 c gefundene Ergebnis wird bestätigt. Die Erhöhung der Thw nimmt in der Ems auch nach oberhalb ab. Sie ist abhängig vom Oberwasser der Ems. Sie beträgt für etwa 1,6 m bis

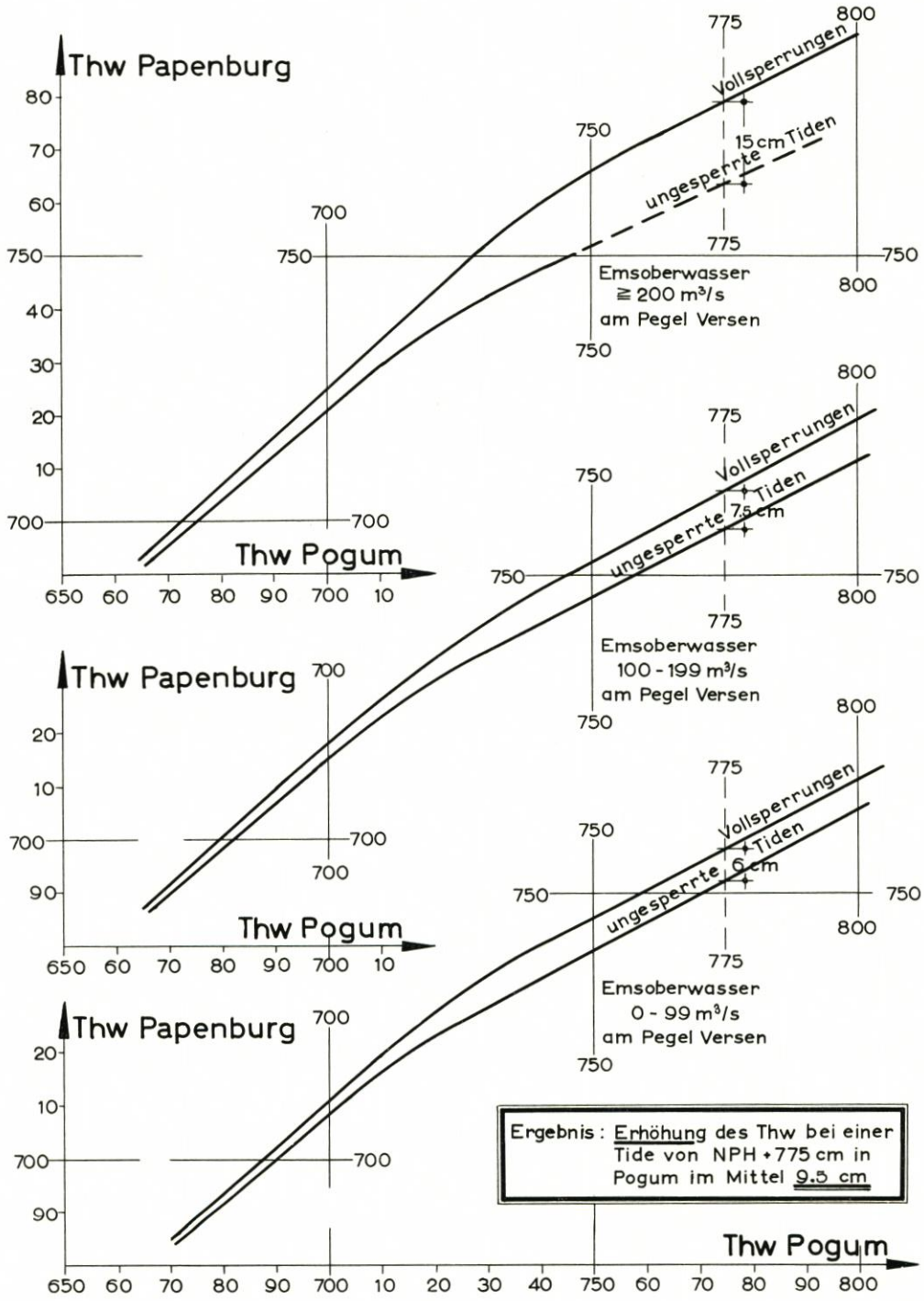


Abb. 24. Erhöhung des Thw Papenburg. Pegel-Bezugslinien. Ausgewählte Tiden. Oberwassergruppen 0—99 / 100—199 / ≧ 200 m³/s

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

2,1 m über MThw auflaufende Fluten bei der Betriebsform Vollsperrung am Pegel Papenburg im Mittel 9,5 cm.

Die Erhöhung der Thw infolge des Sperrwerksbetriebes klingt in Richtung Terborg schneller ab als in Richtung Papenburg (vgl. Absatz IV, 1 c und Abb. 1).

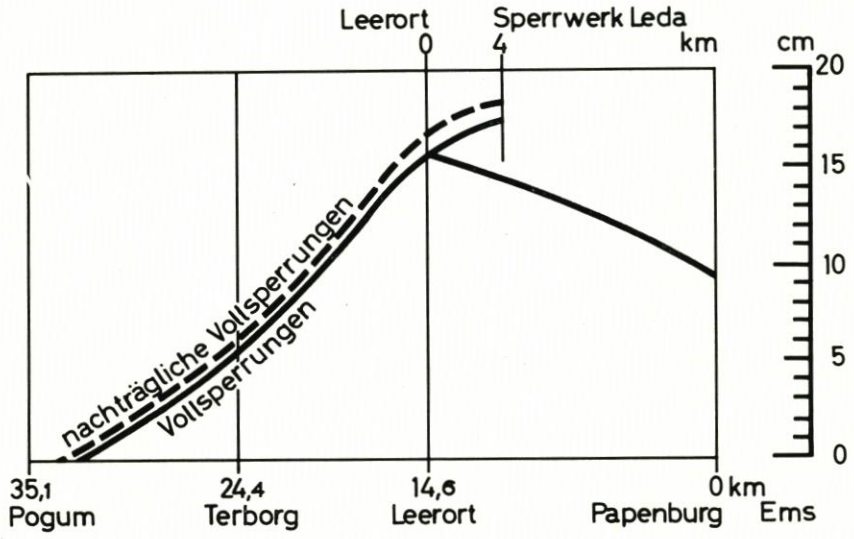


Abb. 25. Erhöhung der Thw (Mittelwerte)

Bei sehr hohen Sturmfluten und reichlichem Oberwasser ist eine Erhöhung der Thw am Pegel Papenburg von 15 bis 20 cm zu erwarten.

3. Binnenwasserstände

a. Allgemeines

Zur Beurteilung der Auswirkungen des Sperrbetriebes auf die Binnenwasserstände werden die Pegelstellen am Sperrwerk (Binnenpegel) und am Dreyschloot (Abb. 1) untersucht.

Hierbei ist zu beachten, daß der Pegel am Sperrwerk erst mit dem Bau der Gesamtanlage errichtet wurde. Es liegen also keine Beobachtungen aus der Zeit vorher vor. Diese Tatsache erschwert den Vergleich mit früheren Verhältnissen außerordentlich. Man könnte natürlich auf Grund der vorhandenen Unterlagen eine Pegelbeziehung zu den benachbarten Pegeln Leerort oder Wiltshausen herleiten, jedoch muß dabei berücksichtigt werden, daß die Leda in diesem Bereich nicht nur durch den Sperrwerksbau in ihrem Lauf verändert wurde. Auf die Herleitung einer solchen Pegelbeziehung wurde deshalb verzichtet.

Die Aussagen beschränken sich daher bei der Betrachtung der Binnenwasserstände im wesentlichen darauf, zu zeigen, welche Wirkung der Sperrbetrieb in seinen verschiedenen Formen heute auf die Binnenwasserstände hat, ohne genauer auf einen Vergleich zu früher einzugehen. Lediglich recht roh wird ein solcher Vergleich durch Angabe von Mittelwerten angedeutet. Die so gefundenen Aussagen sind besonders problematisch, weil vielerlei „fremde" Einflüsse in diese Mittelwertbildung eingehen, sich summieren, vielleicht auch gegenseitig teilweise aufheben usw., ohne daß sie in irgendeiner

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

Weise erfaßt würden. Die Streuungen, die Abweichungen vom Mittelwert, sind groß. Die so gefundenen Ergebnisse mögen entsprechend vorsichtig gewertet werden.

Bei der Untersuchung der Binnenwasserstände wird mehrfach auch auf Abhängigkeiten zurückgegriffen, die keine Bezugslinien im enger gefaßten Sinne sind, wenn sie auch nach Art dieser Bezugslinien dargestellt sind. Insbesondere handelt es sich um die Auftragung des Thw über dem vorausgegangenen Tnw des gleichen Pegels. Aus diesen Diagrammen kann man durchaus Abhängigkeiten erkennen. Insbesondere besteht die Möglichkeit, über die Beziehung des Thw zum Tnw hinaus den Einfluß eines weiteren Umstandes durch Darstellung in Parameterform zu kennzeichnen.

Einer dieser Einflüsse, die herausgearbeitet werden, ist der Zeitpunkt des Sperrens nach dem vorhergehenden Tnw, der sich bereits in den Betriebsformen „Vollsperrung" und „nachträgliche Vollsperrung" ausdrückt.

Der zweite wesentliche Einfluß auf die Binnenwasserstände ist der des Oberwassers aus dem Leda-Jümme-Gebiet. Leider gibt es für dieses keine Angaben über die Abflußmengen, wie dies beim Oberwasser der Ems am Pegel Versen-Wehrdurchstich der Fall ist. Die Gründe dafür mögen darin liegen, daß sich das Flußsystem noch im Tidegebiet weit verzweigt und aufteilt (Abb. 1). In den Oberlauf teilen sich eine ganze Reihe gleichberechtigter Zuflüsse.

Ein einigermaßen sicheres Abschätzen von Oberwassergruppen versprach der bei geschlossenem Sperrwerk gemessene Anstieg des Binnenwasserstandes. Dieser Anstieg hängt ja weitgehend vom Zufluß des Oberwassers ab. Zwar spielen auch Lage des Wasserspiegels beim vorhergehenden Tnw, Spiegelsenkungen im oberen Einzugsgebiet, Abfluß durch Siele und Schöpfwerke während der Sperrzeit eine Rolle; es schien aber die zuverlässigste Methode zu sein, den Binnenanstieg zur Abschätzung der Oberwassermengen zu benutzen.

Genau genommen ist der Anstieg des Binnenwasserstandes in der Zeiteinheit das Maß, das verwendet werden müßte. Da aber nur Vollsperrungen ausgewertet wurden, deren Dauer nicht zu stark voneinander abwich, wurde hier vereinfachend nur die Steighöhe zwischen Zeitpunkt des Sperrens und dem des Öffnens als „Binnenanstieg" angesehen. Es wurden 4 Gruppen gebildet: Wenig, mäßig, reichlich und viel Oberwasser; auf den Abbildungen jeweils charakterisiert durch ein besonderes Symbol.

Aus Mangel an entsprechenden Unterlagen konnte auch innerhalb der Oberwassergruppen für das Binnengebiet keine Reduzierung vorgenommen werden, eine Tatsache, die natürlich weitere Streuungen nach sich zieht. Man könnte an Hand der in dieser Arbeit gefundenen Abstände der Linien für die Oberwassergruppen Reduzierkurven aufstellen und Korrekturwerte einführen. Hierauf wurde jedoch verzichtet. Eine stichprobenweise Überprüfung zeigte, daß die Streuungen geringer werden.

b. Binnenpegel Sperrwerk

Auf Abbildung 26 sind die ausgewerteten Tiden eingetragen. Sie wurden nach Art von Bezugslinien aufgetragen in Abhängigkeit von dem jeweils vorausgegangenen Tnw Leda-Sperrwerk, mit der Oberwassermenge in der Leda als Parameter. Ihr Mittelpunkt liegt bei Thw Leda-Sperrwerk = NPH + 590 cm. Zum — wie erwähnt recht rohen — Vergleich zu ungesperrten Tiden werden die entsprechenden Tiden mit ihrem Wasserstand am Außenpegel herangezogen, gemittelt und von diesem Mittelpunkt die in einem früheren Kapitel (Absatz IV, 1 b, Abb. 10) ermittelte Erhöhung abgesetzt. Der so korrigierte Mittelpunkt der ungesperrt gedachten Tiden liegt bei Thw Leda-Sperrwerk = NPH + 750 cm. Daraus läßt sich eine wesentliche Absenkung der Thw durch den Sperrwerksbetrieb, und zwar um 160 cm, ablesen.

Zuverlässiger als die zahlenmäßige Angabe der Absenkung der Thw lassen sich an Hand der Parameterdarstellung auf Abbildung 26 Aussagen über den Einfluß des Oberwassers auf den Wasserstand am Binnenpegel des Sperrwerks machen. Der Punkthaufen, der zunächst sehr große Streuungen aufwies, sortiert sich durch die Gruppierung nach dem Oberwasser bereits recht deutlich. Es wurde

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

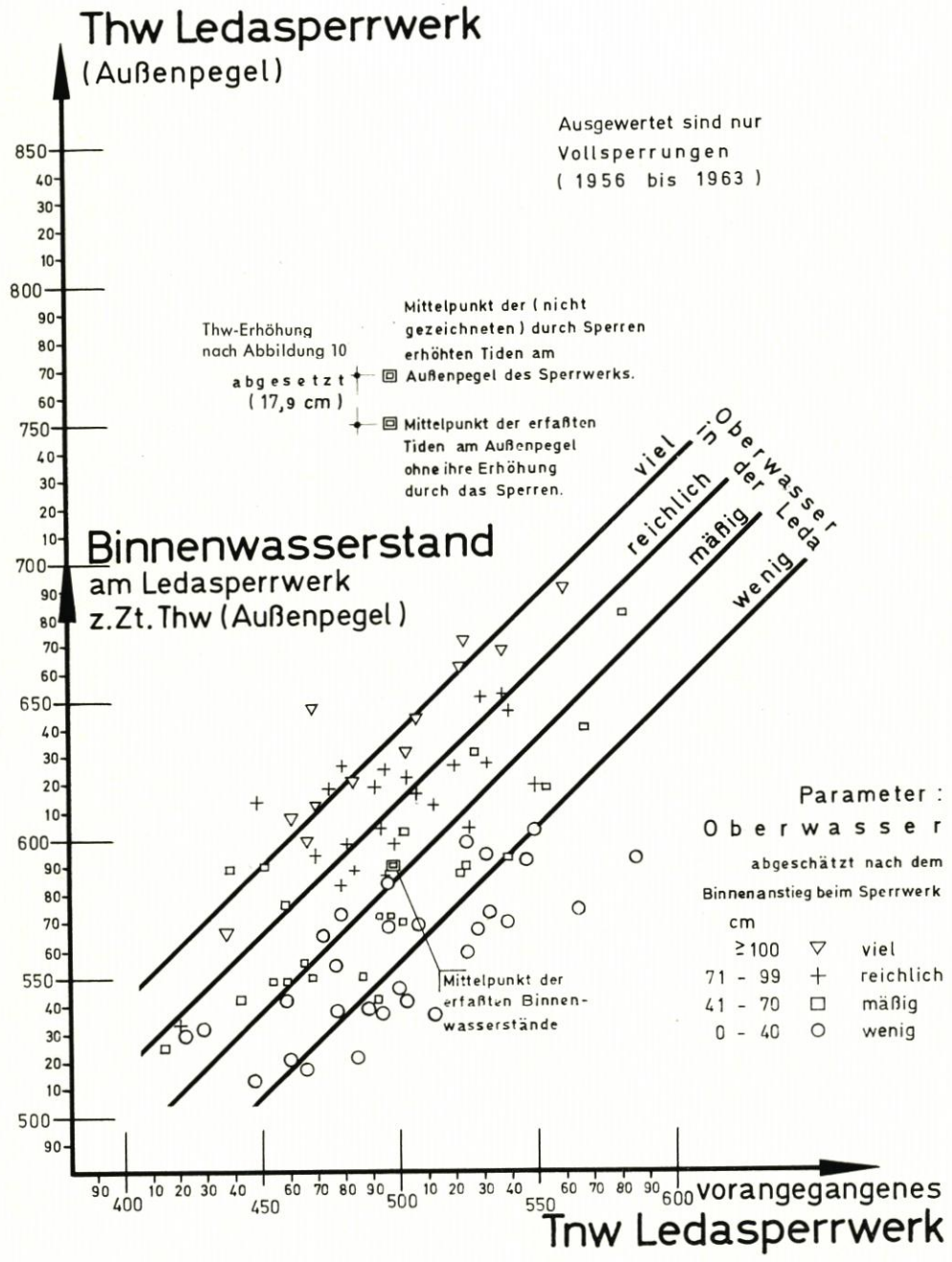


Abb. 26. Binnenwasserstand am Leda-Sperrwerk in Abhängigkeit von Tnw und Oberwasser (1)

versucht, die Gruppen durch je eine Gerade zu ersetzen. Je höher das vorangegangene Tnw war und je größer die Oberwassermenge ist, desto höher wird auch der Binnenwasserstand. Der Einfluß des Oberwassers nimmt mit wachsender Menge nur wenig ab, da der Abstand der Geraden nur gering-

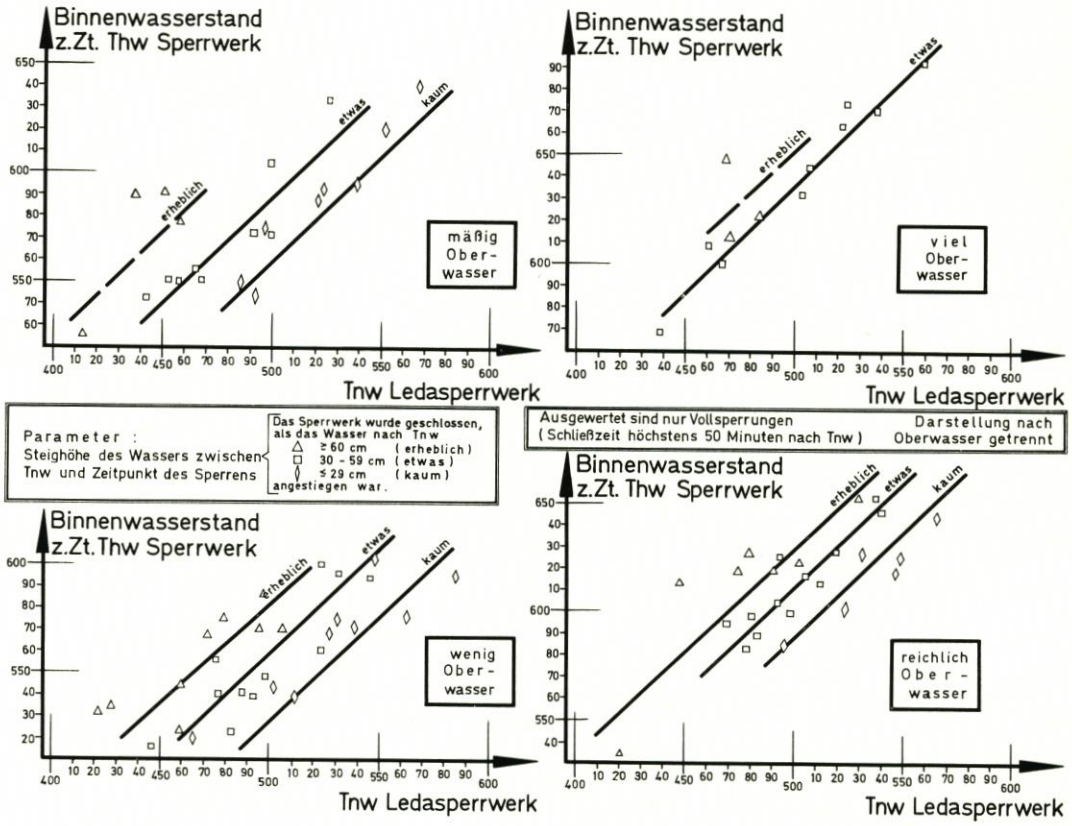


Abb. 27. Binnenwasserstand am Leda-Sperrwerk in Abhängigkeit von der Steighöhe des Wassers zwischen Tnw und Zeitpunkt des Sperrens

fügig enger wird. Ebenso nimmt der Einfluß des Oberwassers im untersuchten und dargestellten Bereich auch kaum mit dem vorangegangenen Tnw ab, denn die vier Geraden verlaufen annähernd parallel.

Die Streuung der zu Oberwassergruppen zusammengefaßten Punkte ist trotz allem noch sehr groß. Unterscheidet man deshalb weiterhin jede Gruppe nach dem Zeitpunkt des Sperrens — hier gemessen an dem Anstieg des Wasserspiegels zwischen dem Tnw und dem Sperren —, so erkennt man klar eine Ordnung, die auf Abbildung 27 gezeichnet ist. Je mehr der Wasserspiegel noch vor dem Sperren angestiegen ist, desto höher wird bei gleichem Tnw der Binnenwasserstand.

Die erwähnte Abhängigkeit vom Oberwasser läßt sich auch recht gut zeigen, wenn man — wie es auf Abbildung 28 geschehen ist — nur diejenigen Tiden zusammenfaßt, deren Steighöhe vor dem Sperren etwa die gleiche ist.

c. Pegel Dreyschloot

Zunächst ist auf Abbildung 29 der Zusammenhang zwischen den beiden betrachteten Binnenpegeln durch Bezugslinien, die jeweils wieder getrennt nach den eingeführten vier Oberwassergruppen aufgestellt wurden, dargestellt. Die Linien verlaufen ähnlich wie auf Abbildung 26.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

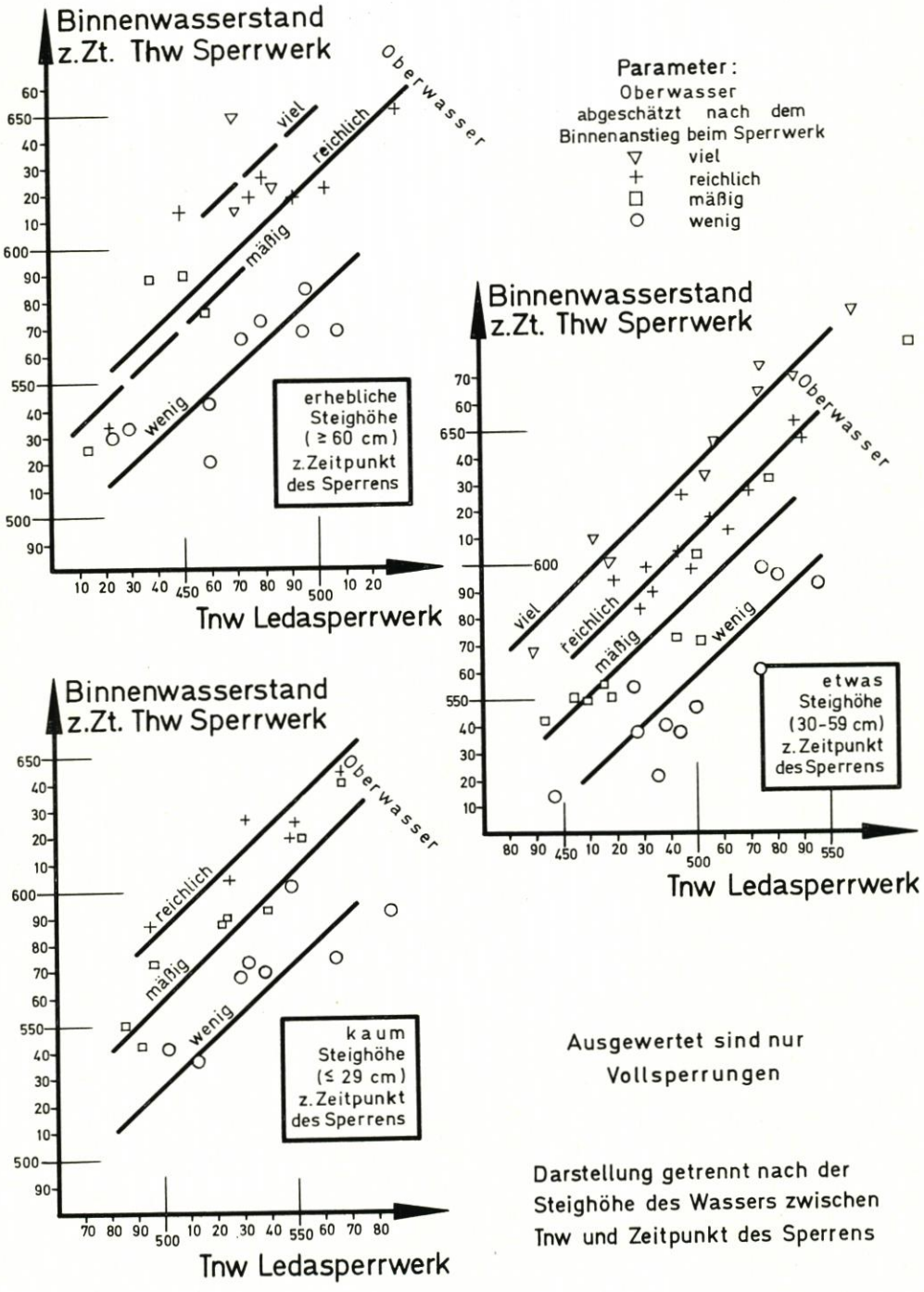


Abb. 28. Binnenwasserstand am Leda-Sperrwerk in Abhängigkeit von Tnw und Oberwasser (2)

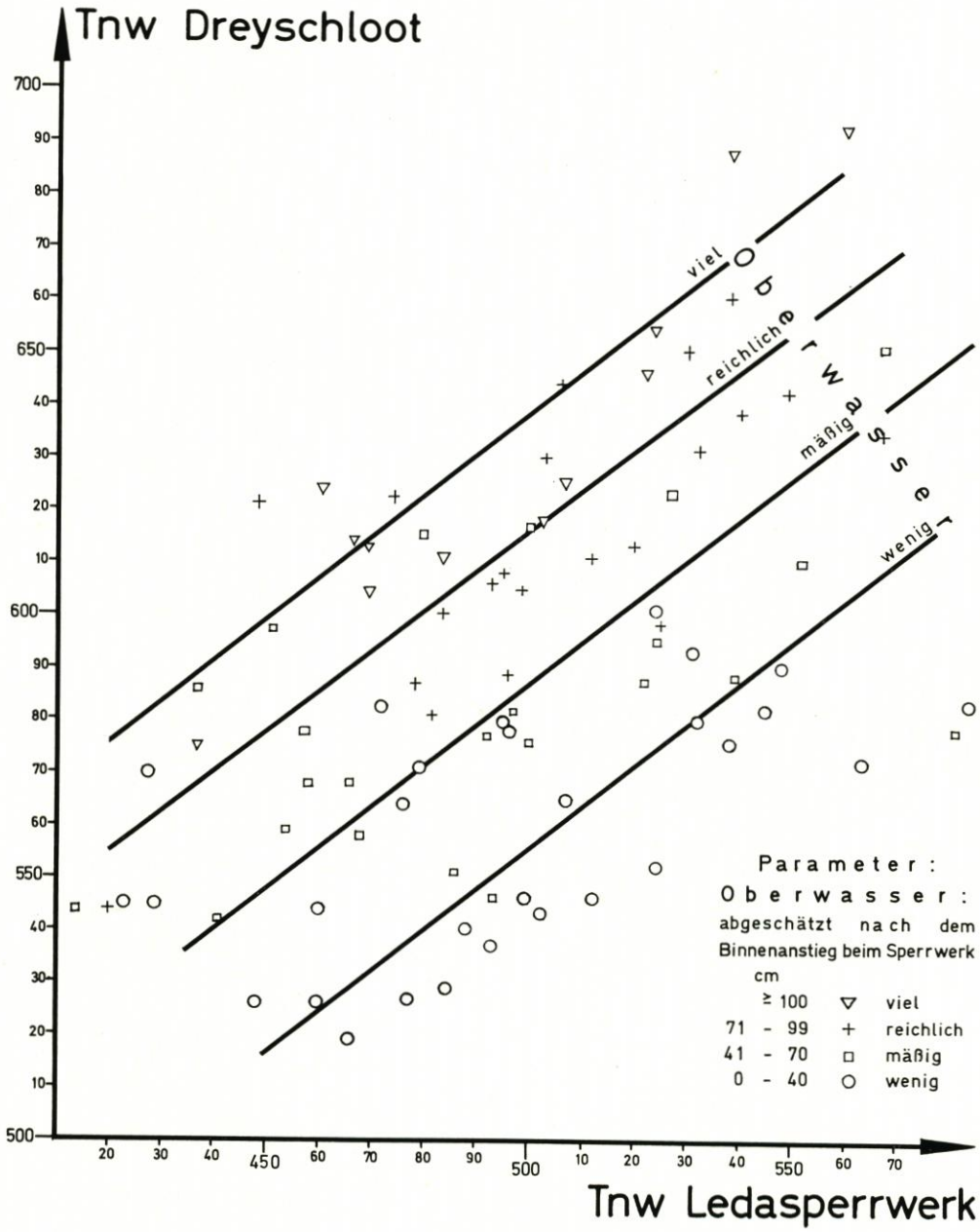


Abb. 29. Pegel-Bezugslinien zwischen Tnw Dreyschloot und Tnw Sperrwerk in Abhängigkeit vom Leda-Oberwasser

Der Vergleich zwischen den früheren Verhältnissen und denen nach Inbetriebnahme des Sperrwerkes wird zunächst wieder an Hand von Mittelwerten versucht.

Betrachtet man die Tabellen 1 und 2 (S. 144 oben), so glaubt man eine Senkung des Tnw im Mittel um knapp 30 cm, eine Senkung des Thw um rund 35 cm wahrzunehmen. Vergleicht man demgegenüber aber auch solche Tiden, die unter dem Sperrwasserstand von NPH + 700 bleiben, die also

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

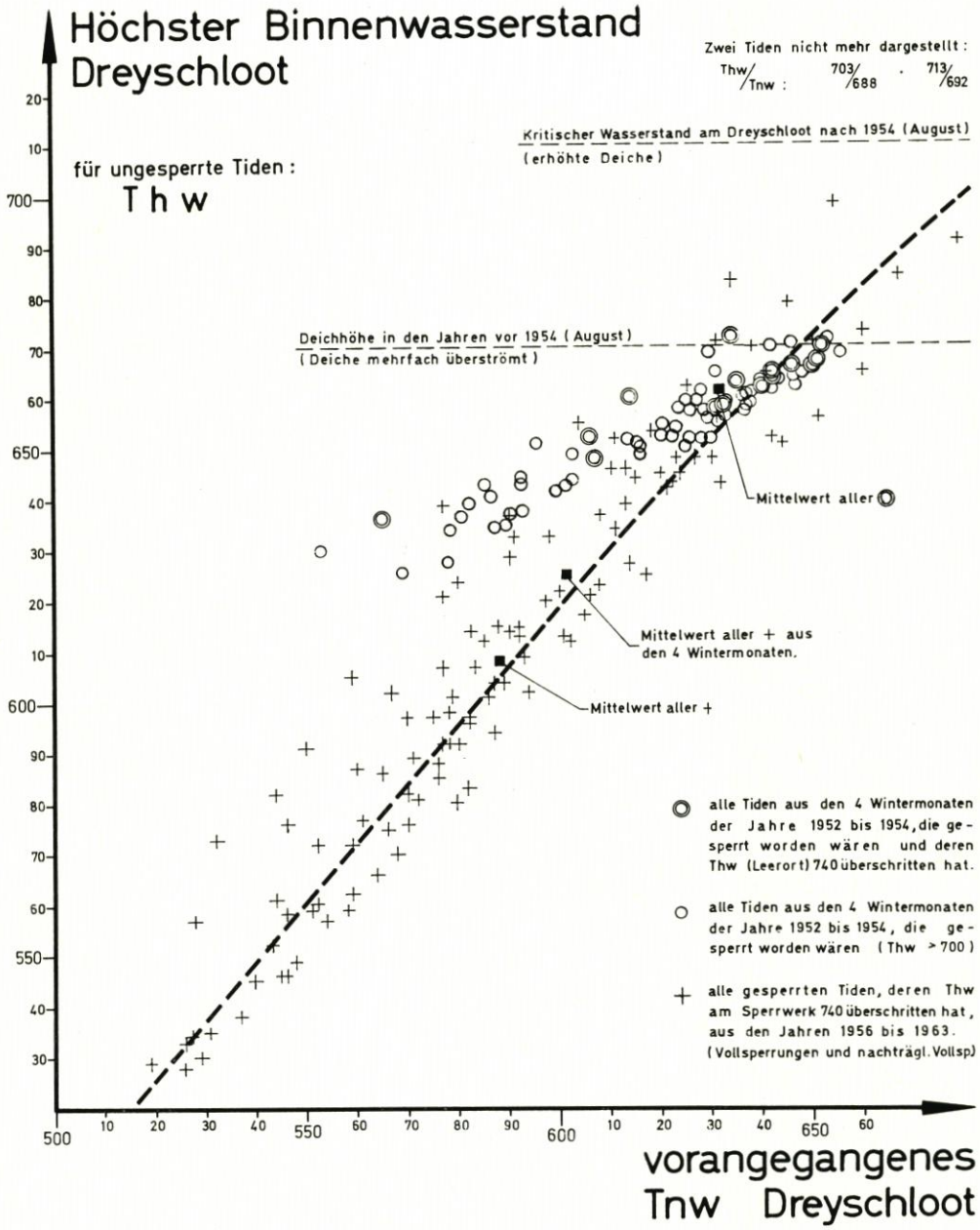


Abb. 30. Binnenwasserstand am Dreyschloot. Vergleich mit früheren Verhältnissen (2)

durch das Sperrwerk unbeeinflußt sein müßten, so erkennt man, daß auch hier schon eine Senkung des Tnw um etwa die Hälfte des vorher erkannten Betrages von knapp 30 cm eingetreten ist, während das Thw annähernd gleich blieb.

Es ist möglich, daß die untersuchten „Tiden unter NPH + 700" doch nicht ganz unbeeinflußt von den Sperrungen sind, sofern es sich um die einer gesperrten Tide folgende niedrigere Tide handelt.

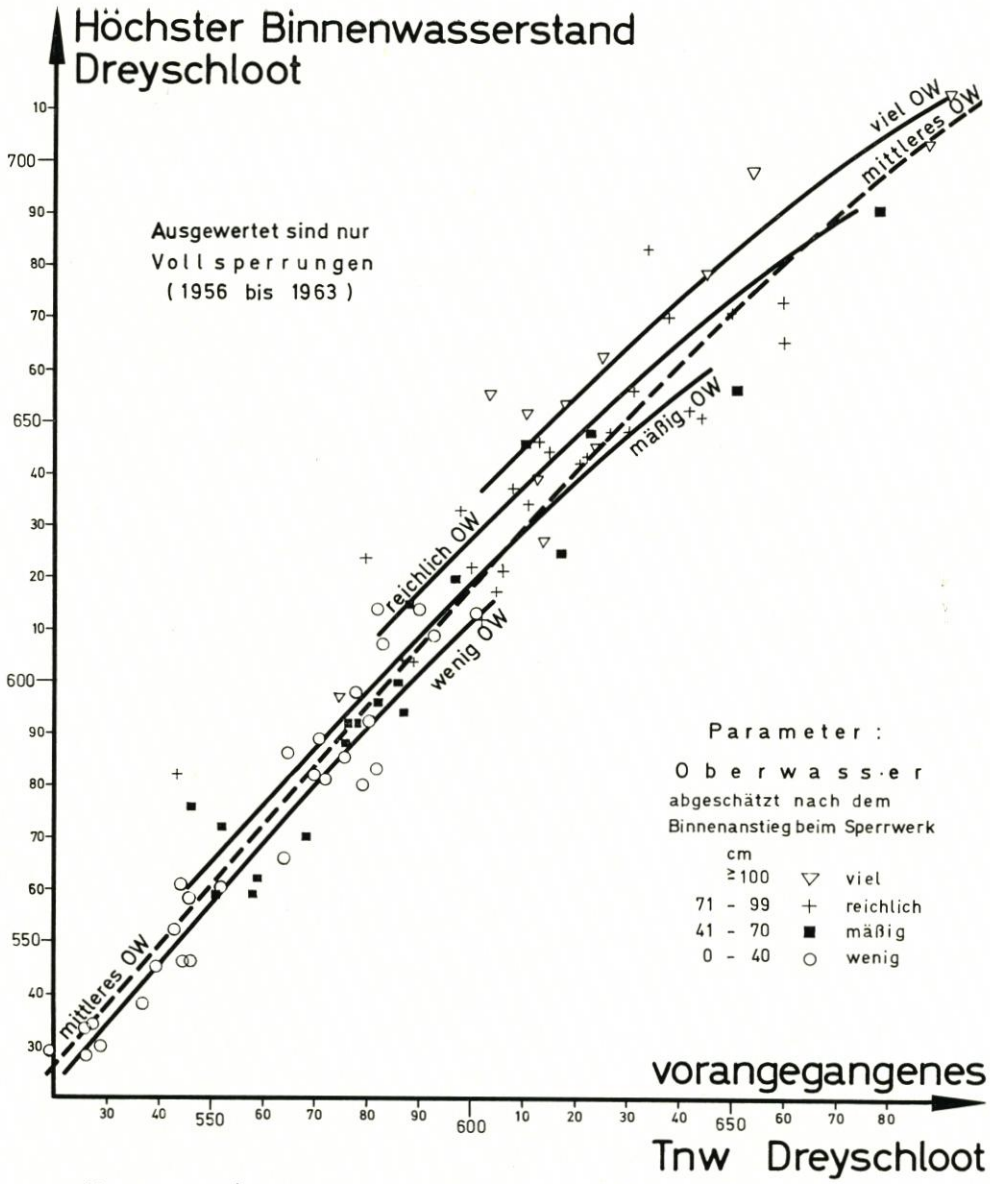


Abb. 31. Binnenwasserstand am Dreyschloot in Abhängigkeit von Tnw und Oberwasser

Auf das Eliminieren solcher Tiden wird verzichtet, da die ganze Untersuchung der Mittelwerte wegen ihrer Unsicherheiten keinen Erfolg verspricht.

Es ist auch möglich, daß sich in der erwähnten Feststellung für die niedrigeren Tiden der Einfluß des Ausbaus des Leda-Jümme-Gebietes zeigt, denn ein solcher hat stattgefunden und könnte die beschriebene Wirkung haben.

An einem weiteren Beispiel soll die Unsicherheit der durchzuführenden Untersuchungen erläutert werden. Auf Abbildung 30 sind alle Tiden aus den Jahren 1956 bis 1963 aufgetragen, die gesperrt wurden und deren Thw den Wasserstand von NPH + 740 cm überschritten hatte. Außerdem sind

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

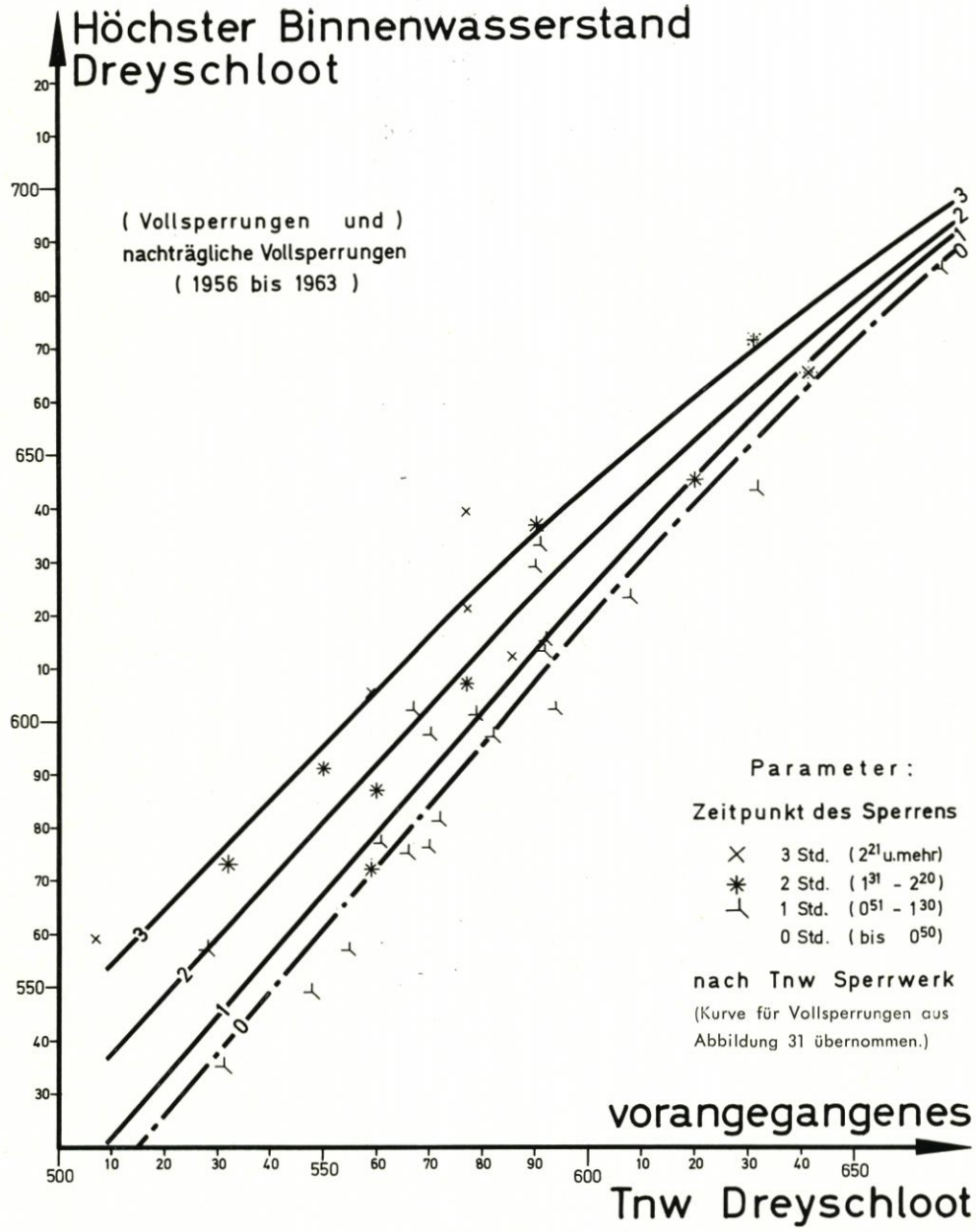


Abb. 32. Binnenwasserstand am Dreyschloot in Abhängigkeit vom Zeitpunkt des Sperrens

vergleichbare Tiden aus der Zeit vor dem Sperrwerksbau herangezogen worden. Während die erfaßten Tiden aus den Jahren 1952 bis 1954 mit ihrem Thw niemals über NPH + 670 cm hinausgehen, erreichen die entsprechenden Tiden aus den Jahren 1956 bis 1963 mehrfach höhere Werte. Diese zunächst überraschende Feststellung — Thw werden binnenseits des Sperrwerkes erhöht! — erklärt sich daraus, daß durch Deicherhöhungen heute im Leda-Jümme-Gebiet größere Thw-Stände möglich sind, während früher die Deiche überströmt wurden (vgl. hierzu Absatz III, 1).

Binnenwasserstand am Dreyschloot. Vergleich mit früheren Verhältnissen (1)

Tabelle 1

Vergleich aller Tiden über NPH + 740 cm, die vor Sperrwerksbau gesperrt worden wären mit denen, die nach Sperrwerksbau gesperrt worden sind, jeweils nur aus den Monaten November bis Februar anhand ihrer Mittelwerte, bezogen auf NPH:

Abflußjahre		Tnw	Thw
vorher	(1952—1954)	630,5	660,5
nachher	(1957—1963)	601,9	625,3
Senkung der Tidescheitel insgesamt		28,6 cm	35,2 cm

Tabelle 2

Vergleich der ungesperrten Tiden aus den Monaten November bis Februar vor und nach Sperrwerksbau anhand ihrer Mittelwerte, bezogen auf NPH:

	Abflußjahre		Tnw	Thw
	vorher	(1952—1954)	568,1	601,4
	nachher	(1957—1963)	552,8	598,3
	Senkung der Tidescheitel auch ohne Sperrwerkseinfluß		15,3 cm	3,1 cm
Verbleibt:	Senkung der Tidescheitel durch Sperrwerkseinfluß		13,3 cm	32,1 cm

Zum Abschluß der Betrachtungen über den Binnenwasserstand wird auf Abbildung 31 wieder der Einfluß des Oberwassers dargestellt, indem der vorhandene Punkthaufen wieder durch Symbole in die erwähnten vier Oberwassergruppen aufgeteilt wurde.

Ferner wird in Abbildung 32 die Abhängigkeit des Binnenwasserstandes vom Zeitpunkt des Sperrens nach dem vorangegangenen Tnw aufgezeigt. Es wird in diesem Falle die Zeit direkt als Maßstab benutzt, nicht wie im Absatz IV, 3 b die in dieser Zeit erfolgte Wasserstandsänderung. Die Kurve für den Parameter 0 ist diejenige für die Betriebsform „Vollsperrung". Die Betriebsform „nachträgliche Vollsperrung" mußte genauer unterteilt werden. Man erkennt deutlich, daß der Wasserstand niedriger bleibt, je früher die Sperrung durchgeführt wird. Je höher der Wasserstand des vorangegangenen Tnw ist, desto schwächer wirkt sich jedoch der Zeitpunkt des Sperrens aus.

d. Ergebnis

Die Binnenwasserstände werden durch den Betrieb des Sperrwerkes abgesenkt. Dies gilt sowohl für die Thw als auch für die Tnw. Jedoch ist das Bild durch im Laufe der Jahre durchgeführte Ausbaumaßnahmen einerseits und durch Deicherhöhungen andererseits verfälscht. Die Absenkung der Thw beträgt im Mittel beim Sperrwerk 1,60 m und am Dreyschloot etwa 30 cm, die Absenkung der Tnw wirkt sich am Dreyschloot um rund 15 cm aus.

Ein wesentlicher Einfluß auf die Binnenwasserstände wird durch den Zeitpunkt des Sperrens nach dem vorangehenden Tnw ausgeübt.

Naturgemäß werden die Binnenwasserstände auch durch das anfallende Oberwasser beeinflußt. Dieser Einfluß ist erheblich.

Das Sperrziel für die Binnenwasserstände war, daß Wasserstände am Pegel Dreyschloot die Höhe NN + 2,10 m nicht überschreiten sollten. Dieses Ziel wurde erreicht. Lediglich einmal im betrachteten Zeitraum wurde das Sperrziel um 3 cm geringfügig überschritten. Die übrigen höchsten Binnenwasserstände am Pegel Dreyschloot bleiben weit unter NN + 2,10 m = NPH + 710 cm (vgl. Abbildung 30).

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

4. Vergleich mit den Erwartungen

Abschließend vergleiche man die erwarteten Veränderungen durch den Sperrwerksbetrieb, soweit sie in Absatz II, 3 zusammengestellt wurden, mit den in dieser Arbeit ermittelten Ergebnissen, die in Absatz IV, 1 bis IV, 3 entwickelt und dargestellt wurden.

Man stellt fest, daß die bereits früher gewonnenen und in der Studie des WSA Leer über die Betriebserfahrungen mit dem Sperrwerk (15) niedergelegten Erkenntnisse im großen und ganzen bestätigt werden können.

Das gleiche kann auch zu den durch Voruntersuchungen erwarteten Veränderungen gesagt werden. Sowohl die vorausgesagten Tendenzen wie auch die angegebenen Größenordnungen stimmen im allgemeinen recht gut mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit überein. Es konnte lediglich nicht nachgewiesen werden, daß (bei Leerort) die Senkung der Tnw größer ist als die Erhöhung der Thw.

Zur Bekräftigung der guten Übereinstimmung zwischen den erwarteten und den hier nachgewiesenen Veränderungen sollen nur noch beispielhaft an dieser Stelle die Erhöhungen der Thw aufgeführt und gegenübergestellt werden.

Am Pegel	vorausgesagte Erhöhung in cm	nachgewiesene Erhöhung in cm im untersuchten Bereich	im Mittel Vollsperrg.	im Mittel nachtr. Vollsp.	maximal
Terborg	3 bis 11	3,4 bis 7,6	5,5	5,9	
Leerort	8 bis 35	12,5 bis 19,2	15,7	16,9	
Sperrwerk	10 bis 45	14 bis 20,4	17,3	18,1	38
Papenburg	3 bis 15	(6) bis 15	9,5	—	

5. Sohlenveränderungen

Besondere Sorge bestand nach den ungünstigen Erfahrungen mit der Absperrung der Eider über die Sohlenveränderung. Würde die natürliche Räumkraft des Flusses trotz Sperrbetriebes in ausreichendem Maße erhalten bleiben?

Allerdings werden ja bei der Leda nur erhöhte Wind- und Sturmfluten gesperrt, nicht alle Tiden. Wie bereits in Absatz II, 1 dargelegt, werden nur 10,8 % aller Tiden gesperrt. Die Sperrungen erstrecken sich auf 5,3 % der Gesamtzeit. In der übrigen Zeit bleibt es beim bisherigen ungesperrten Zustand.

Nun entsprechen zwar nicht 5 % der Zeit gleich 5 % der Einwirkungen auf die Sohle. Die gesperrten Tiden sind ja gerade diejenigen mit größeren Tidewassermengen. Demgegenüber füllen sie aber auch ein größeres Bett, so daß also nicht unbedingt mit erhöhter Geschwindigkeit und größerer Räumkraft bei den nun gesperrten höheren Tiden zu rechnen ist. Außerdem sammelt sich bei Sturmfluten gewöhnlich auch mehr Oberwasser an als sonst, so daß beim Öffnen des Sperrwerks mit einem kräftigeren Spülstrom gerechnet werden kann. Der Spülstrom kann zudem noch künstlich erzeugt werden durch verspätetes Öffnen der Sperrwerkstore, was aber noch nicht notwendig war.

Insgesamt zeigten sich beim Ledasperrwerk keine beängstigenden Anzeichen einer Versandung. Aus diesem Grunde wurden auch zunächst sorgfältig begonnene häufige Peilungen am Sperrwerk wieder eingestellt. Es liegen lediglich die Peilungen an folgenden Daten vor: 15./16. 11. 1954, 6./7./13. 5. 1955, 2./5. 12. 1955, 5. 7. 1956, 14. 9. 1962, 4./5. 2. 1964.

Aus diesen wenigen Unterlagen lassen sich keine exakten Angaben über die Sohlenveränderung machen. Die in der Studie (15) festgestellte Zungenbildung nach einer Periode aufeinanderfolgender

Sperrungen kann anhand dieser Peilungen nicht bestätigt werden, da die Peilungen willkürlich durchgeführt wurden, nicht etwa nach einer Kettentide o. ä.

Dagegen kann man aus den — hier nicht beigefügten — Peilplänen erkennen, daß die Südseite der Leda im Sperrwerksbereich durchweg tiefer ist als die Nordseite. Das in der Studie (15) erwähnte Dreiecksprofil scheint sich also zu halten.

Um einen Anhalt über mögliche Versandung zu gewinnen, werden hier die jährlichen Baggermengen in der Leda zwischen Mündung und Seeschleuse Leer verglichen. Es wurden gebaggert:

1946	18 500 m³	1955	6 700 m³
1947	26 500 m³	1956	55 600 m³
1948	9 700 m³	1957	3 000 m³
1949	0 m³	1958	0 m³
1950	16 150 m³	1959	8 100 m³
1951	8 750 m³	1960	52 600 m³
1952	2 700 m³	1961	0 m³
1953	3 640 m³	1962	3 700 m³
1954	10 400 m³	1963	0 m³
i. M.	10 650 m³		14 400 m³

Aus diesen Angaben über die laufende Unterhaltung läßt sich zwar eine Erhöhung der durchschnittlichen Jahresbaggermenge ablesen. Verursacht ist die Erhöhung durch zwei außergewöhnliche Jahre: 1956 und 1960. Ob sich darin ein Sperrwerkseinfluß zeigt, ist jedoch nicht sicher. Zweifellos folgt das Jahr 1956 auf eine Zeit relativ zahlreicher Sperrungen (vgl. Abb. 7). Andererseits folgt das Jahr 1960 dem Jahr mit der weitaus geringsten Anzahl von Sperrungen.

Selbst wenn die Erhöhung der Baggermengen auf den Sperrwerkseinfluß zurückzuführen ist, so darf wohl festgestellt werden, daß von einer besorgniserregenden Entwicklung keine Rede sein kann.

V. Gezeitenvoraussage

1. Methoden

Es wurde bereits früher erwähnt (Absatz I, 6), daß es für den Betrieb des Sperrwerkes unbedingt notwendig ist, schon zum Zeitpunkt des jeweiligen Tnw zu wissen, ob das kommende Thw einen Pegelstand von NPH + 700 cm erreichen wird oder nicht. Für eine derartige Wasserstands-Voraussage bedient man sich beim Ledasperrwerk verschiedener Möglichkeiten.

a. DHI-Vorhersage

Im Rahmen seines allgemeinen Hochwasser-Meldedienstes gibt das Deutsche Hydrographische Institut (DHI) in Hamburg auch Vorhersagen an das Ledasperrwerk. Die Meldung bezieht sich auf Tiden, deren Thw am Sperrwerk 40 cm höher als normal, also bis auf NPH + 680 cm aufläuft, und kann bereits 8 bis 12 Stunden vor dem Eintritt des betreffenden Flutscheitels gegeben werden. Sie ist deshalb zur Vorwarnung gut geeignet und ermöglicht auch einen zweckmäßigen Einsatz des Bedienungspersonals. Die Vorhersage erfolgt zu bestimmten Zeiten, nämlich um 8.30, 15.30 und 20.30 Uhr unmittelbar an das Sperrwerk, fernmündlich oder mittels WOBS-Telegrammen. Wegen ihrer Eigenschaft als langfristige Vorhersage besitzt sie natürlich keine allzu große Genauigkeit und wird daher

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

nicht als maßgebende Vorhersage für die Entscheidung verwendet, ob das Sperrwerk geschlossen werden muß oder nicht.

Für diese Entscheidung wurden andere Verfahren entwickelt, die dem Bedienungspersonal des Sperrwerkes eine eigene Gezeitenvorhersage ermöglichen.

b. Erste Voraussage auf Grund von Angaben des Pegels Borkum

Für die eigene Gezeitenvoraussage wird die skizzierte Aufeinanderfolge der Tiden am Pegel Borkum und beim Sperrwerk herangezogen. Aus der jeweiligen Höhe des Wasserspiegels in Borkum und seiner augenblicklichen Steiggeschwindigkeit läßt sich die kommende Höhe des Tidescheitels beim Sperrwerk abschätzen. Die erste Voraussage dieser Art findet zum Zeitpunkt des Tnw am Sperrwerk statt, also etwa 5 bis 6 Stunden vor dem Hochwasserscheitel. Zu dieser Zeit befindet sich der Wasser-

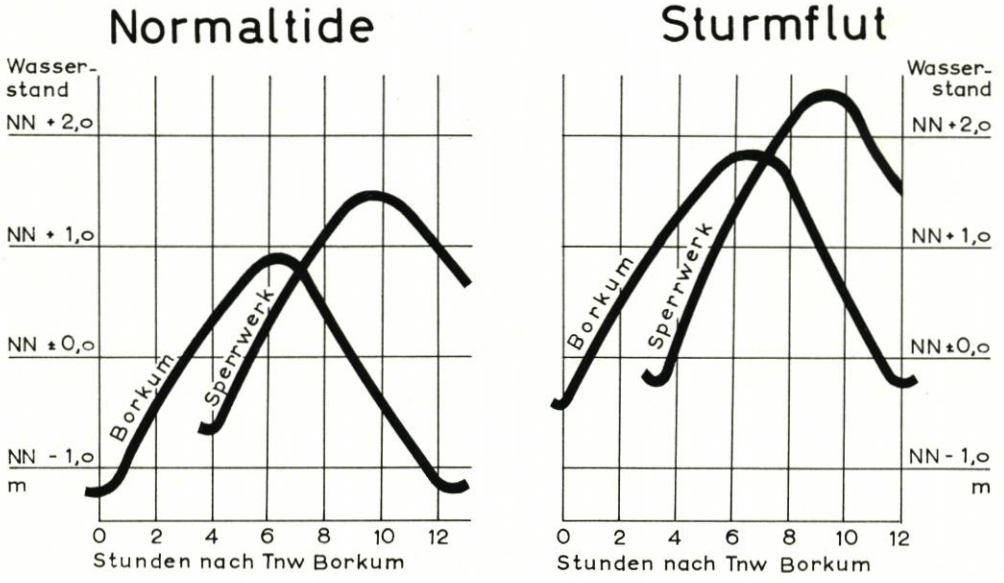


Abb. 33. Tidekurven. Borkum und Sperrwerk

stand in Borkum bereits in der Mitte zwischen seinem Tnw und Thw. Für die Voraussage wurden durch statistische Auswertung früherer Beobachtungen die in Abbildung 34 nach Art der Bezugslinien dargestellten Linien ermittelt. Parameter ist die Steiggeschwindigkeit am Pegel Borkum. Auf Grund der Ergebnisse dieser Voraussage erfolgt die Bedienung des Sperrwerkes, das ja bei der Betriebsform „Vollsperrung" bald nach der Voraussage geschlossen werden muß.

c. Zweite Voraussage auf Grund von Angaben des Pegels Borkum

Die angegebene Voraussage wird etwa 3 Stunden später nochmals überprüft durch eine zweite Voraussage, die die gleichen Zusammenhänge und eine ähnliche Schar von Bezugslinien benutzt. Diese zweite Schar von Bezugslinien ist auf Abbildung 35 dargestellt, sie wird im Zeitpunkt des Thw Borkum angewendet und berücksichtigt neben diesem Thw-Stand auch den als Parameter gezeichne-

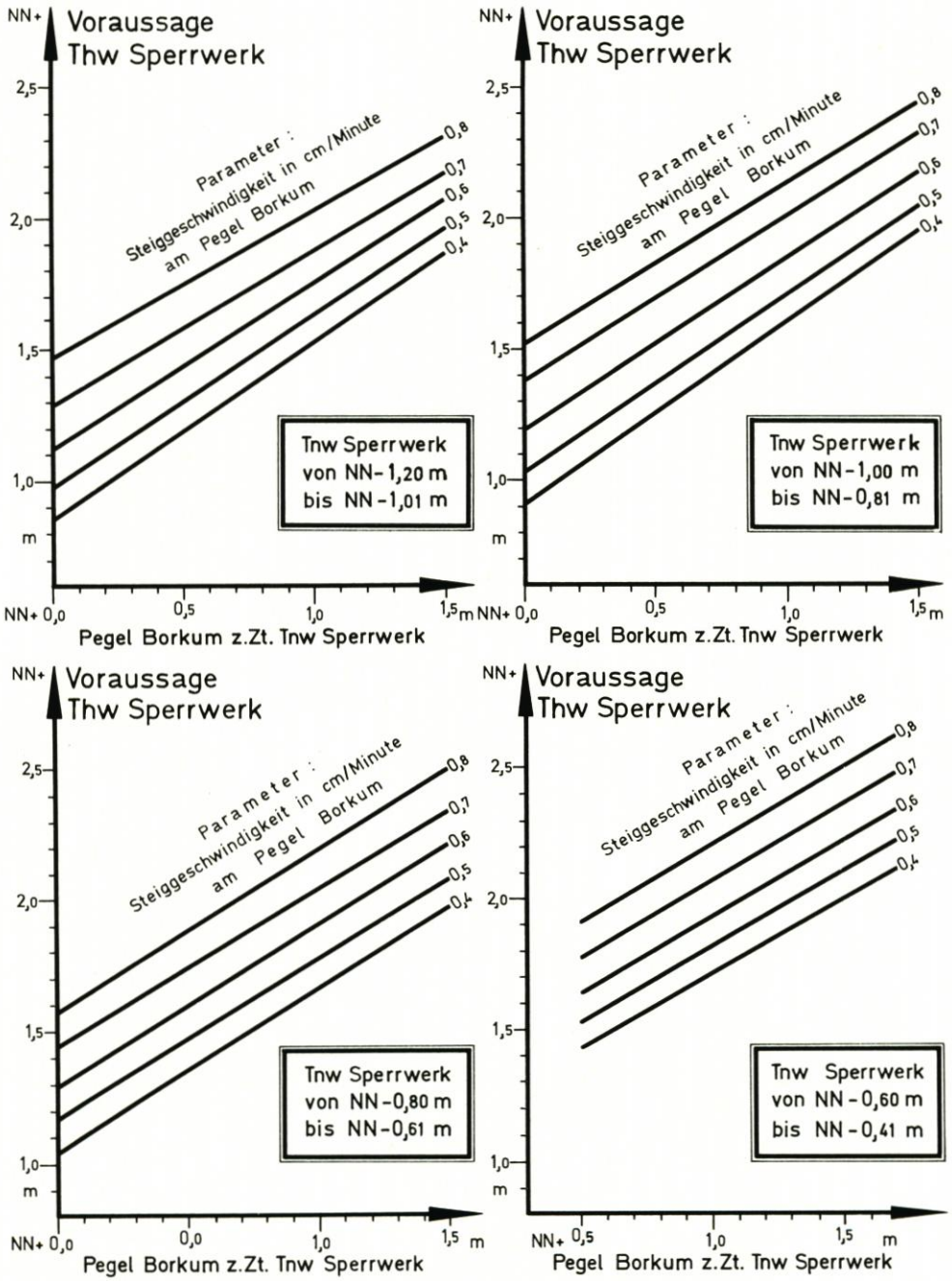


Abb. 34. Erste Gezeitenvoraussage. Auszug aus der Betriebsordnung

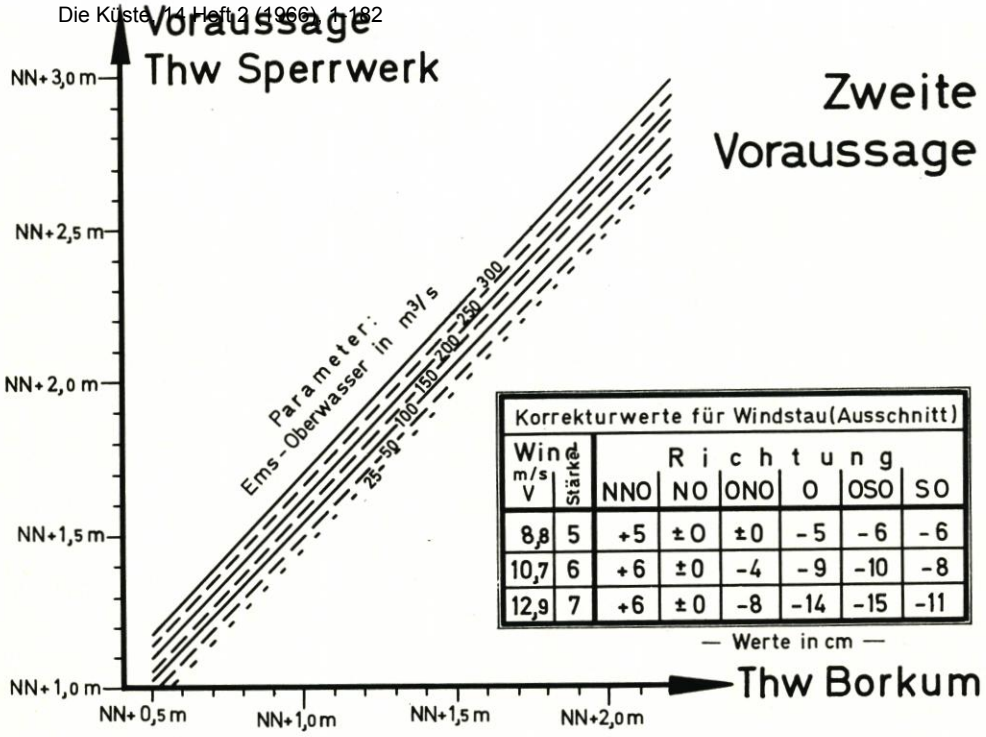


Abb. 35. Zweite Gezeitenvoraussage. Aus der Betriebsordnung

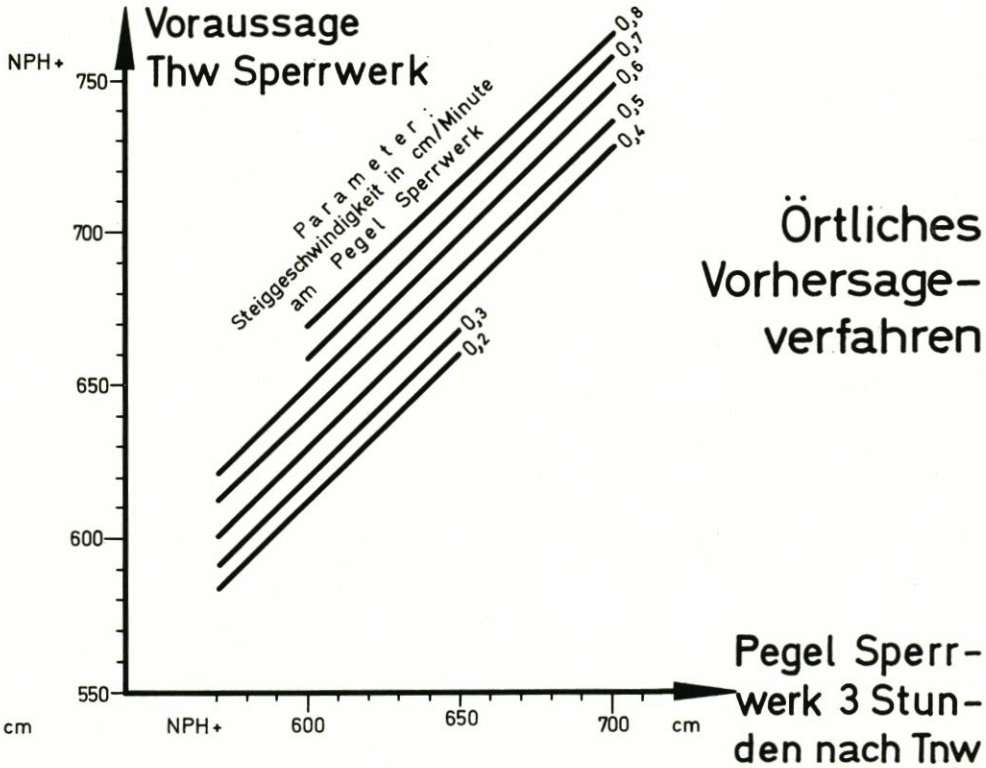


Abb. 36. Örtliche Vorhersage. Aus der Betriebsordnung

ten Einfluß des Ems-Oberwassers. Die Oberwassermenge erhält man vom Pegel Versen-Wehrdurchstich. Außerdem sind Korrekturwerte für den Einfluß des Windstaues anzubringen.

Es leuchtet ein, daß die zweite Voraussage sicherer sein wird, weil sie ja einmal später erfolgt und zum anderen mehrere zusätzliche Einflüsse berücksichtigen kann. Eine Kritik über die Genauigkeit der Voraussage soll in Absatz V, 2 erfolgen.

d. Örtliches Vorhersageverfahren

Die bisher angegebenen Voraussageverfahren, die von der Sperrwerksbedienung durchgeführt werden, sind auf Angaben der Wasserstände und der Steiggeschwindigkeit des Pegels Borkum angewiesen. Da man sicherheitshalber damit rechnen muß, daß die Übertragung der benötigten Angaben einmal ausfällt, wurde ein weiteres Verfahren entwickelt, das sich lediglich auf örtlich am Sperrwerk zu beobachtende Werte stützt.

Man benötigt für die Vorhersage wieder den Wasserstand zu einem bestimmten Zeitpunkt und die zugehörige Steiggeschwindigkeit, jedoch alle Angaben vom Pegel Sperrwerk. Die Zusammenhänge zwischen diesen Werten und dem kommenden Thw sind wieder nach Art der Bezugslinien aufgetragen (s. Abb. 36).

Die Linien sind wiederum gewonnen aus statistischen Auswertungen der Pegelkurven. Es hat sich herausgestellt, daß zur Zeit 3 oder 4 Stunden nach Tnw Sperrwerk die beiden Werte — augenblicklicher Wasserstand und Steiggeschwindigkeit — zur Bestimmung der kommenden Thw-Höhe ausreichen. Zu einem früheren Zeitpunkt, etwa 2 Stunden nach Tnw, übt die Höhe des Tnw selbst noch einen maßgebenden Einfluß zusätzlich aus.

Für eine Vorhersage zu einem noch früheren Zeitpunkt, etwa 1 Stunde nach Tnw, gelang es nicht, entsprechende Bezugslinien aufzustellen. Zu diesem Zeitpunkt verhindert noch die Turbulenz infolge des Richtungswechsels vom Ebbstrom zum Flutstrom eine verwertbare Abhängigkeit der Beobachtungen zum folgenden Thw.

Die zuletzt aufgezeigte örtliche Vorhersagemethode kann daher nur ein Ersatzverfahren für den Notfall sein, nicht aber vollwertig an die Stelle des Verfahrens über den Pegel Borkum treten. Für die Durchführung einer Vollsperrung ist es unerläßlich, Vorhersagen schon zu einem früheren Zeitpunkt zu haben, als dies mit der örtlichen Methode möglich ist.

2. Daten und Genauigkeit der Voraussagen

Die vorausgesagten Wasserstände nach Absatz V, 1 b und V, 1 c werden beim WSA Leer in einem Betriebsbuch gesammelt, in dem auch die tatsächlich eingetretenen Wasserstände aufgeschrieben werden. In der vorliegenden Arbeit werden nun derartige Aufzeichnungen aus der Zeit von November 1958 bis Dezember 1962 näher betrachtet, um festzustellen, welche Genauigkeit die Voraussagen erreichen können.

Zu diesem Zweck werden die benutzten ca. 2400 Daten geordnet nach der Größe ihrer Abweichung vom tatsächlichen Wasserstand am Sperrwerk. Diese Ordnung geschieht gruppenweise getrennt für verschiedene Wasserstandshöhen, um auch zu untersuchen, ob die Genauigkeit der Voraussage sich mit der Höhe des Wasserstandes verändert. Die Auswertung ist für die erste Voraussage (Absatz V, 1 b) auf Abbildung 37, für die zweite Voraussage (Absatz V, 1 c) auf Abbildung 38 dargestellt. Dabei sind die Fehler 0 cm, 1 und 2 cm, 3 und 4 cm usw., jeweils nach beiden Seiten aufgetragen. Die Anzahl der Voraussagen, die in die einzelnen Gruppen gehört, ist ausgezählt und (in einem nicht interessierenden, teilweise von Gruppe zu Gruppe wechselnden Maßstab) aufgetragen. Es erwies sich hierbei, daß in den gezeichneten Streubereich die Mehrzahl aller Voraussagen fallen.

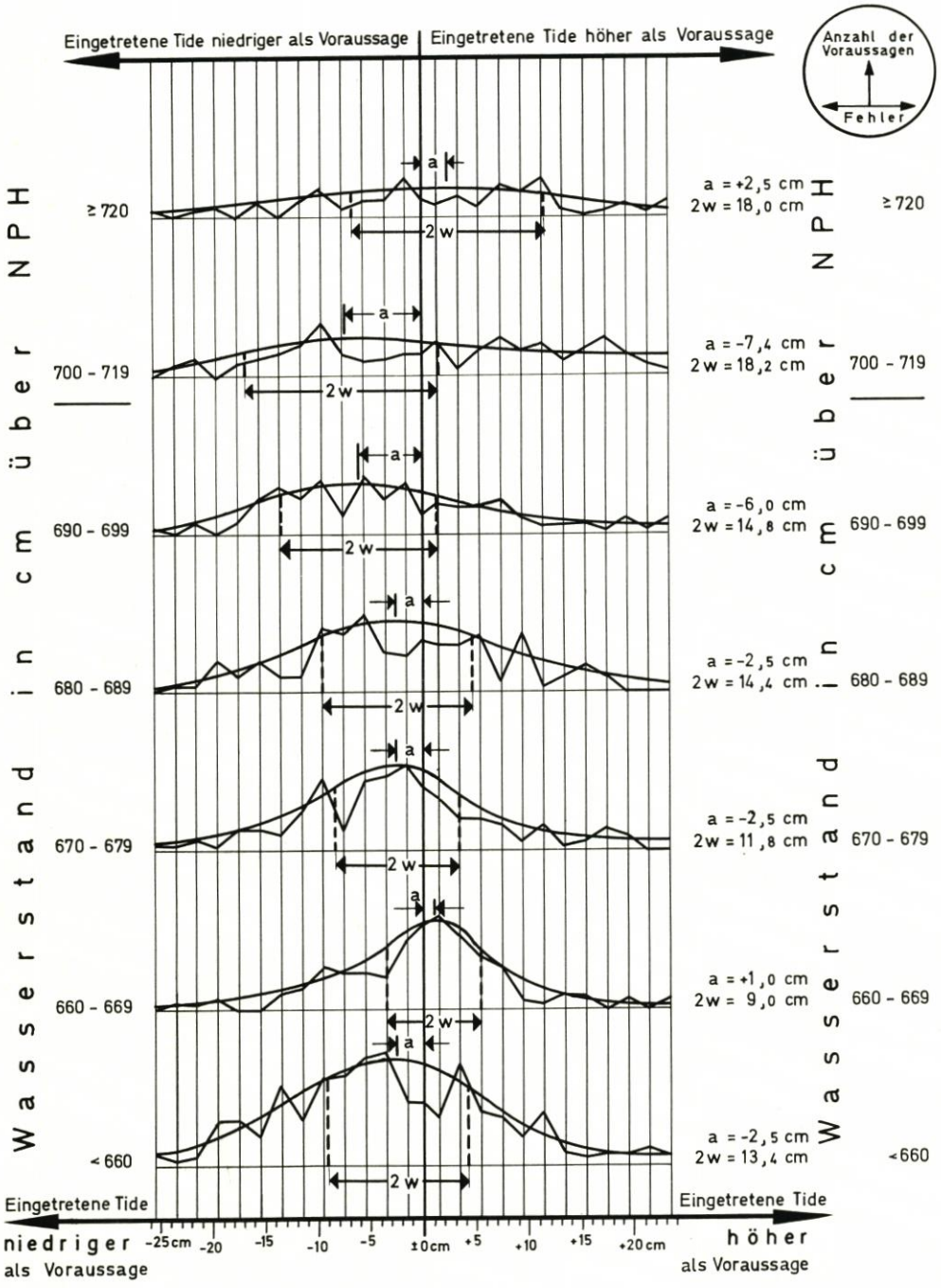


Abb. 37. Häufigkeit der Fehler in der ersten Voraussage

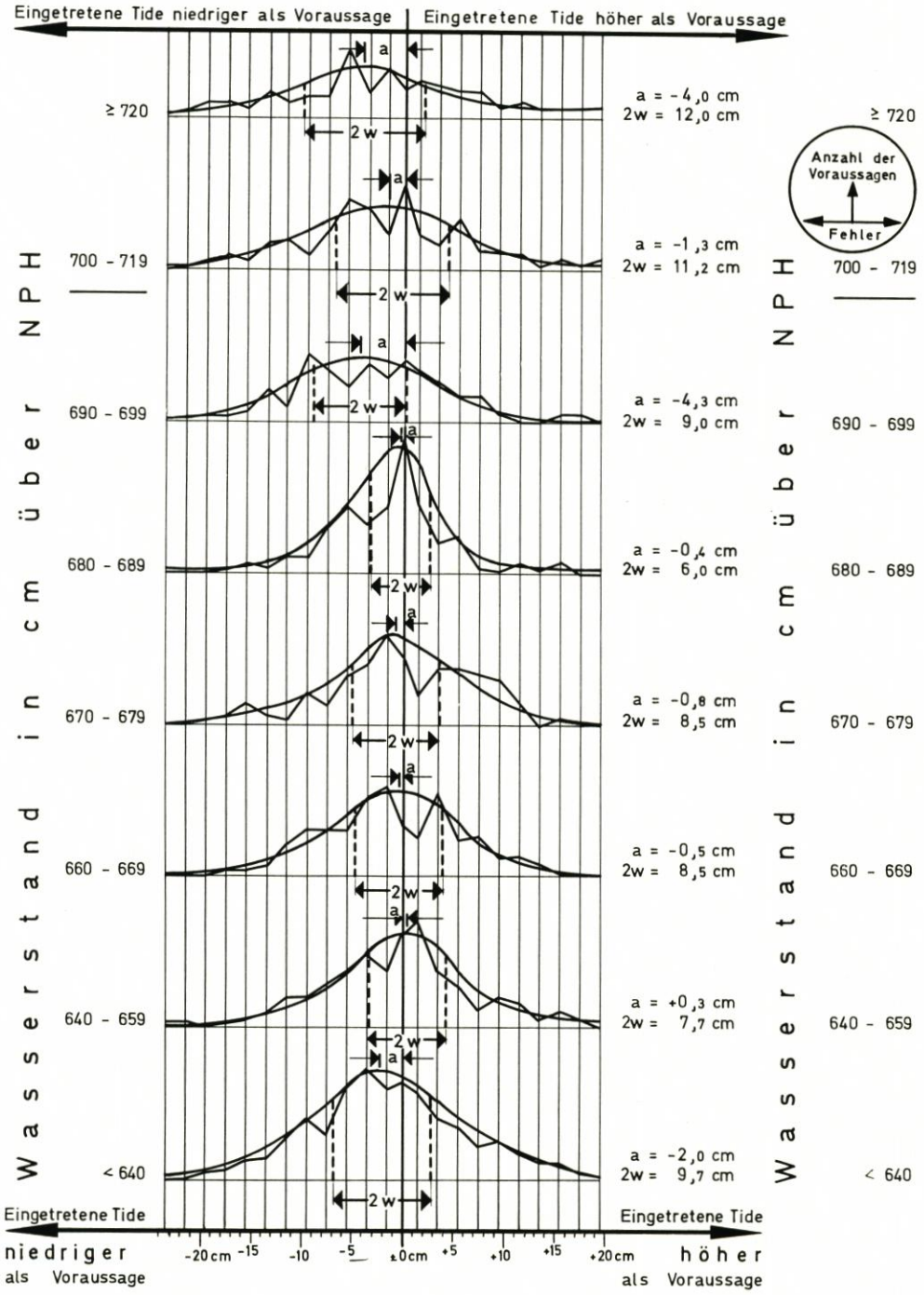


Abb. 38. Häufigkeit der Fehler in der zweiten Voraussage

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

Bei der ersten Voraussage erstreckt sich der Bereich auf die Fehler + 24 cm bis — 28 cm. 91,6 % der betrachteten 893 Voraussagen liegen innerhalb des Bereiches. Die Ausnahmen (8,4 %) erstrecken sich von + 104 cm bis — 46 cm, überschreiten also die Bereichsgrenzen bis 430 % bzw. 165 %.

Bei der zweiten Voraussage erstreckt sich der gezeichnete Bereich auf die Fehler + 20 cm bis — 24 cm. 97,9 % der betrachteten 1572 Voraussagen liegen innerhalb des Bereiches. Die restlichen 2,1 % streuen von + 40 cm bis — 64 cm, entsprechend 200 % und 267 % der Bereichsgrenzen.

Man beachte bei der Wertung der Rest-Streuungen, daß es für die Bedienung des Sperrwerkes völlig gleichgültig ist, ob z. B. eine Tide bis NPH + 800 cm oder NPH + 880 cm anläuft: gesperrt wird auf alle Fälle.

Die in der beschriebenen Weise gefundenen Polygonzüge der Abbildungen 37 und 38 sind nach Augenmaß ausgeglichen durch einen stetigen Linienzug; es ist damit der theoretische Schritt von der begrenzten Anzahl der verwendeten Daten zu unendlich vielen Voraussagen vollzogen. Man erhält auf diese Weise Verteilungskurven, deren Form (nicht: Größe!) die Wahrscheinlichkeit und Größenordnung von Streuungen charakterisiert. Um *einen* Zahlenwert für diese Kennzeichnung zu erhalten, ist die halbe Fläche zwischen Verteilungskurve und Horizontaler durch 2 gestrichelte Linien symmetrisch zum Maximum der Kurve abgeteilt worden. Der Abstand 2 w dieser beiden gestrichelten Linien stellt die wahrscheinliche Abweichung der Voraussagen von ihrer größten Häufigkeit dar. 50 % der dargestellten Voraussagen liegen innerhalb dieses Streubereiches. Ein zweiter Wert für die Kennzeichnung der Verteilungskurve ist der Abstand a des Maximums (also der größten Häufigkeit) vom Fehler „0 cm".

Mit den beiden Werten 2 w und a ist die Form und Lage der Verteilungskurve genügend gekennzeichnet und eine Aussage über die Qualität der Voraussage gemacht. Je kleiner a und 2 w, desto besser ist die Voraussage.

Auf Abbildung 39 sind für beide Voraussagen die Werte 2 w und a (aus Abbildung 37 und 38 entnommen) über die Wasserstandshöhe aufgetragen. Man erkennt an der unterschiedlichen Bandbreite deutlich die bessere Qualität der zweiten Voraussage. Man erkennt fernerhin, daß beide Voraussagen vorwiegend auf der Minus-Seite liegen, d.h., die Tide tritt meist etwas niedriger ein als vorhergesagt. Für die Binnenwasserstände heißt das: man liegt auf der sicheren Seite. Für die Bedienung des Sperrwerkes heißt es: es wird leicht etwas zu oft gesperrt.

Man erkennt an der Darstellung auf Abbildung 39 außerdem, daß das Optimum beider Voraussagen nicht beim „kritischen" Wasserstand von NPH + 700 cm liegt. Interessant ist ja die Vorhersage nur für die Frage: Wird „700" überschritten oder nicht? Tiden, die ganz gewiß weit höher liegen, werden ohnehin gesperrt; solche, die sicherlich längst nicht so hoch auflaufen, werden nicht gesperrt. (Aus diesem Grunde wurde auch nur der Bereich zwischen „640" und „720" genauer untersucht.) Das Optimum der beiden Voraussagen liegt etwas unterhalb des Sperrwasserstandes „700" und zwar in der ersten Voraussage bei „665", in der zweiten (günstiger) bei „685".

Im Mittel betragen im „kritischen Bereich" die „wahrscheinlichen Abweichungen" 14,2 cm bei erster bzw. 9,0 cm bei zweiter Voraussage. Die größte Häufigkeit liegt für die erste Voraussage beim Fehler „— 2,49 cm" bzw. für die zweite Voraussage beim Fehler „— 1,63 cm".

Man darf angesichts der hier erarbeiteten Angaben sagen, daß die Genauigkeit der Voraussagen zufriedenstellend ist.

VI. Bewährung der Anlage

Betrachtet man den Zweck der Sperrwerksanlage, nämlich die Abwehr schadenbringender Sturmfluten, so darf festgestellt werden, daß allen höheren Tiden der Zutritt zu den Niederungen des Leda-Jümme-Gebietes verwehrt worden ist. Damit wurden große Überschwemmungen verhindert. Aus dieser Tatsache schon kann der Nutzen und die Bewährung der Anlage abgelesen werden.

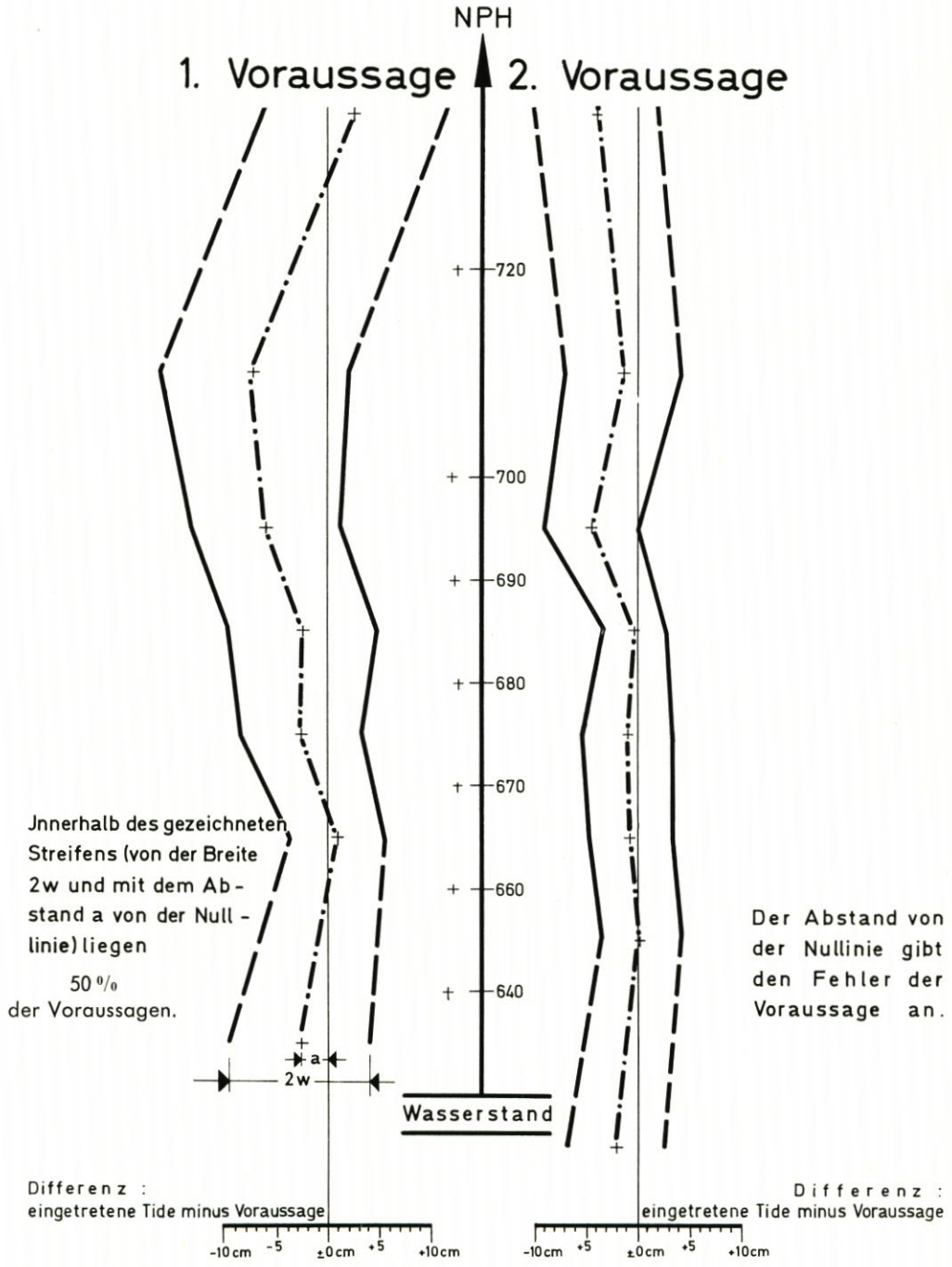


Abb. 39. Genauigkeit der Gezeiten-Voraussage

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

Ihre Bewährungsprobe bestand die Anlage bereits wenige Monate nach ihrer Fertigstellung bei der Weihnachtsflut 1954, als die Wasserstände bei dem auf die Flut folgenden Tnw so hoch waren, daß die rechtzeitig vor der Flut geschlossenen Tore noch nicht geöffnet werden konnten und ein zweiter Flutscheitel abgewartet werden mußte (Kettentide). Weitere Kettentiden traten auf im Januar 1955 und 1956, bei der großen Sturmflut im Februar 1962, im September und Oktober 1963 und im November 1964. Um die segensreiche Wirkung des Sperrwerkes zu veranschaulichen, wurde auf Abbildung 40 der Verlauf der Februarsturmflut 1962 aufgetragen. Man erkennt deutlich den Unterschied zwischen der vor dem Sperrwerk aufgelaufenen Flut (gestrichelt) und den binnenseits eingetretenen Wasserständen (durchgezogene Linie).

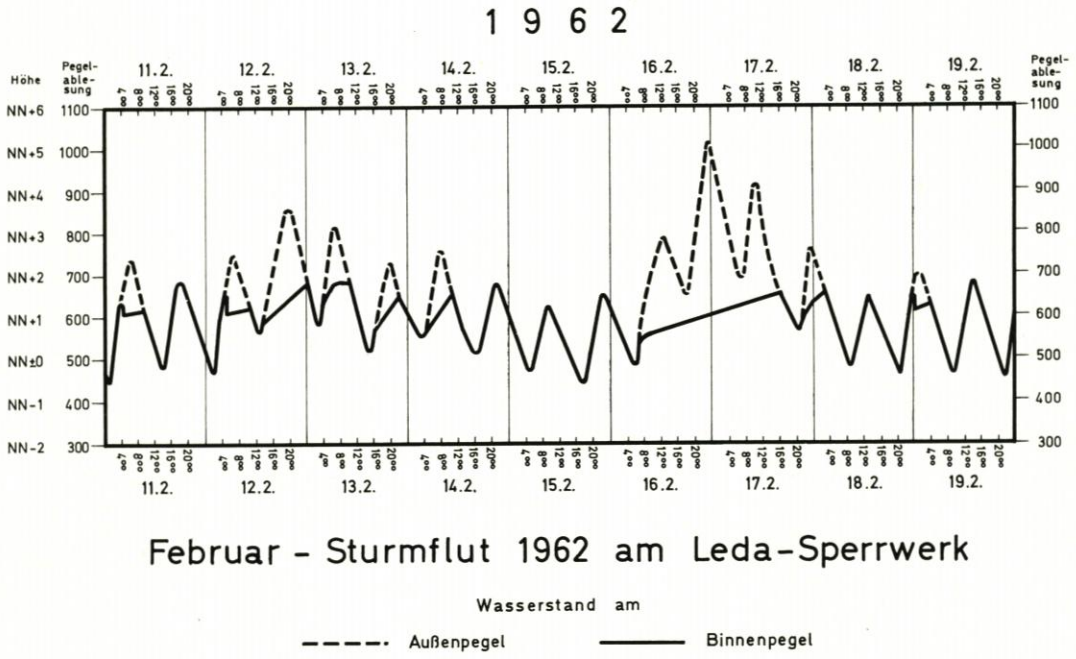


Abb. 40. Wirkung des Leda-Sperrwerkes. Kappen der Sturmflutscheitel

Auch die Anzahl der jährlichen Schließungen, die im Durchschnitt mit rund 76 ermittelt wurde (Absatz II, 1 und Abb. 7), läßt in Verbindung mit der dargestellten Genauigkeit der Gezeitenvoraussage (Absatz V, 2) und der davon abhängigen tatsächlichen Notwendigkeit einer Sperrung Rückschlüsse auf die wasserwirtschaftliche Bedeutung und Bewährung der Sperrwerksanlage zu.

Die schädlichen Auswirkungen des Sperrwerkes auf die natürlichen Verhältnisse am Fluß dürften als gering anzusprechen sein, wenn man ihre eventuellen Nachteile, wie etwa die Erhöhung des Thw in der unteren Leda und der Ems, dem erzielten volkswirtschaftlichen Vorteil durch den Schutz des Leda-Jümme-Gebietes vor Überschwemmungen gegenüberstellt.

Möge das Ledasperrwerk weiterhin seiner Aufgabe gerecht werden — zum Segen und Nutzen des ganzen Leda-Jümme-Gebietes.

VII. Schriftenverzeichnis

1. Dressel, W.: Das Ledasperrwerk bei Leer als Hochwasserschutz für das Leda-Jümme-Gebiet. Die Wasserwirtschaft, 42. Jg., Nr. 2, 1951.
2. Hensen, W.: Modellversuche für die untere Ems. Mitt. Franz.-Institut, Heft 6, 1954.
3. Krause, G.: Der Leda-Jümme-Verband. Wasserwirtschaft Niedersachsen, Sonderdruck Sept. 1964.
4. Kümpel, O.: Das Sperrwerk in der Leda bei Leer. Baumaschine und -technik, Heft 8 u. 9, 1955.
5. Liese, R.: Bestimmung des Abflusses aus einem Niederungsgebiet durch zeitweilige Absperrung vom Hauptvorfluter im Tidegebiet. Bes. Mittl. Dt. Gewässerkdl. Jahrbuch, Nr. 12, Koblenz, 1955.
6. Liese, R.: Die ersten Betriebserfahrungen mit dem Sperrwerk. Wasser und Boden, 8. Jg., H. 6, 1956.

Unveröffentlichte Arbeitsberichte:

7. Janssen, Th.: Berechnung der Leistungsfähigkeit der Leda ...
8. Köhler, G.: Untersuchungen über das Abflußvermögen der unteren Leda.
9. Sperling, W.: Die Wasserstände und Abflußmengen der Ems untersucht auf Grund der Gleichwertigkeitsbeziehungen. 1947.
10. Sperling, W.: Der Wasserhaushalt des Emsgebietes. 1949.
11. Sperling, W.: Größtstärken des Hochwasserabflusses im Emsgebiet und Nachbargebieten. 1950.
12. von Sanden: Praktische Mathematik.
13. Küstenausschuss Nord- und Ostsee: Gutachten zur Betriebsweise des Ledasperrwerks. 1951.
14. WSA Leer: Betriebsbuch des Leda-Sperrwerks.
15. WSA Leer: Betriebserfahrungen mit dem Sperrwerk in der Leda bei Leer. 1955.
16. WSA Leer: Die hydrologischen Verhältnisse im Leda-Jümme-Gebiet. 1953.
17. WSA Leer: Entwurf für das Sperrwerk in der Leda bei Leer vom 23. 2. 1953.
18. WSA Leer: Riffeluntersuchungen in der Ems. 1955.
19. WSA Leer: Betriebsordnung für das Ledasperrwerk.
20. WSD Aurich: Das Leda-Sperrwerk bei Leer. Festschrift 1954.
21. WSD Bremen und WSA Leer: Archivunterlagen.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

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

Von Harald Göhren

Inhalt

1. Vorbemerkungen 157
2. Faktoren für die Sandbewegung in Tideflüssen 157
   a. Der Tidehub 160
   b. Der Windeinfluß 160
   c. Das Oberwasser 160
3. Statistische Bearbeitung 160
   a. Beobachtungsdaten 160
   b. Ergebnis der statistischen Auswertung 162
4. Deutung des statistischen Ergebnisses 165
   a. Der Einfluß des Oberwassers auf die Sandbewegung 165
   b. Folgerungen für die Fahrwasserunterhaltung 167
5. Zusammenfassung 169
6. Schriftenverzeichnis 169

1. Vorbemerkungen

In den für die Schiffahrt zu unterhaltenden Fahrrinnen unserer Tideflüsse treten häufig Sandablagerungen auf, die die Erhaltung der festgelegten Solltiefen oft schwierig und kostspielig machen. Die Beseitigung derartiger Versandungen — sei es durch Baggerung, sei es durch strombautechnische Maßnahmen — erfordert stets vordringlich, ihre Ursachen eingehend zu erforschen. Bei den sehr verwickelten Vorgängen im Tidegebiet und den in dieser Beziehung noch lückenhaften theoretischen Kenntnissen ist das oft schwierig. Die Gesetzmäßigkeiten der Umbildung des Strombettes, Größe und Richtung resultierender Feststoffbewegungen sind noch weitgehend unbekannt (1).

In der gestreckten und gut ausgebauten Fahrrinne der Außenweser (Abb. 1) zwischen Bremerhaven (Strom-km 67) und Imsum (Strom-km 75) treten häufig und unregelmäßig Versandungen auf und erfordern oft den Einsatz von Baggern. Mit verschiedenen Methoden, jedoch ohne eindeutiges Ergebnis wurde bereits mehrfach versucht, die Ursachen und damit gegebenenfalls auch Möglichkeiten der Einwirkung zu finden (9, 11).

Eine im Jahre 1961 vom Verfasser durchgeführte statistische Untersuchung ergab einen Zusammenhang der Sandeintreibungen mit dem Oberwasserabfluß der Weser. Da ähnliche Gesetzmäßigkeiten vermutlich auch in anderen Tideflüssen auftreten, sollen Untersuchungsmethode und Ergebnis nachfolgend beschrieben werden.

2. Faktoren für die Sandbewegung in Tideflüssen

Die Sandbewegung in Tideflüssen ist sowohl theoretisch als auch empirisch nur schwer erfaßbar, weil die Gesetzmäßigkeiten des Sandtransportes in strömendem Wasser noch nicht genügend erforscht und die für Natur- und Modellmessungen zur Verfügung stehenden Methoden noch durchaus unbefriedigend sind.

Naturmessungen zur quantitativen Erfassung des Sandtransportes in einem Stromquerschnitt, wie sie an vielen Stellen ausgeführt worden sind (u. a. 6, 7), ergeben kaum mehr als Aufschlüsse

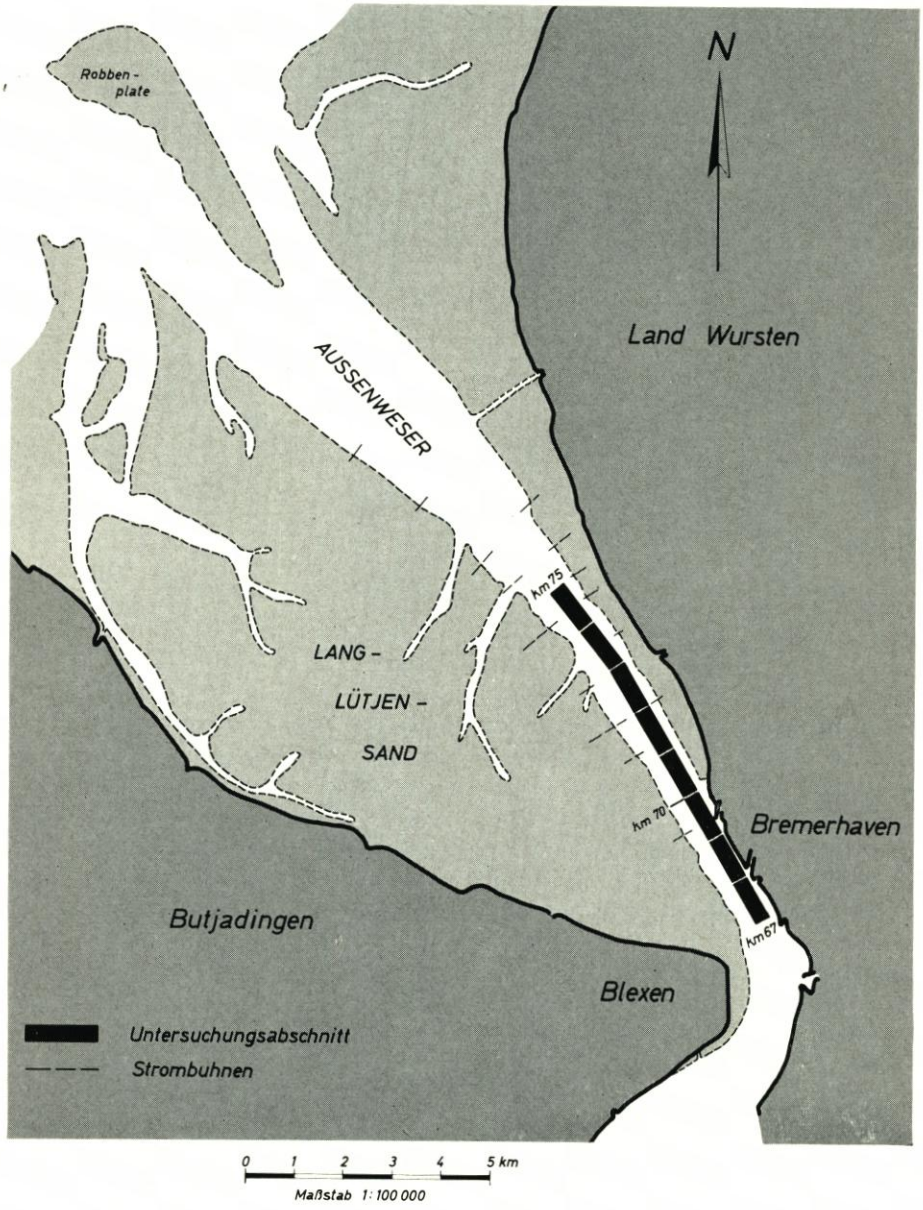


Abb. 1. Lageplan der Außenweser von Bremerhaven bis zur Robbenplate

über die Größenordnung der transportierten Mengen. Die Frage, ob in bestimmten Stromabschnitten Sedimentation oder Erosion überwiegen, kann nicht durch Feststoffmessungen gelöst werden, da die messungsbedingten Ungenauigkeiten größer sind als die auftretenden Differenzwerte.

Allgemein herrscht heute die Ansicht, daß in unseren Tideflüssen großräumig und langzeitlich ein Gleichgewicht des Sandtransportes besteht. Es handelt sich aber um ein sehr labiles Gleichgewicht, das sowohl durch menschliche Eingriffe als auch durch natürliche Faktoren, die die Tidebewegung beeinflussen, gestört werden kann (4). Die wichtigsten dieser Faktoren sind:

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

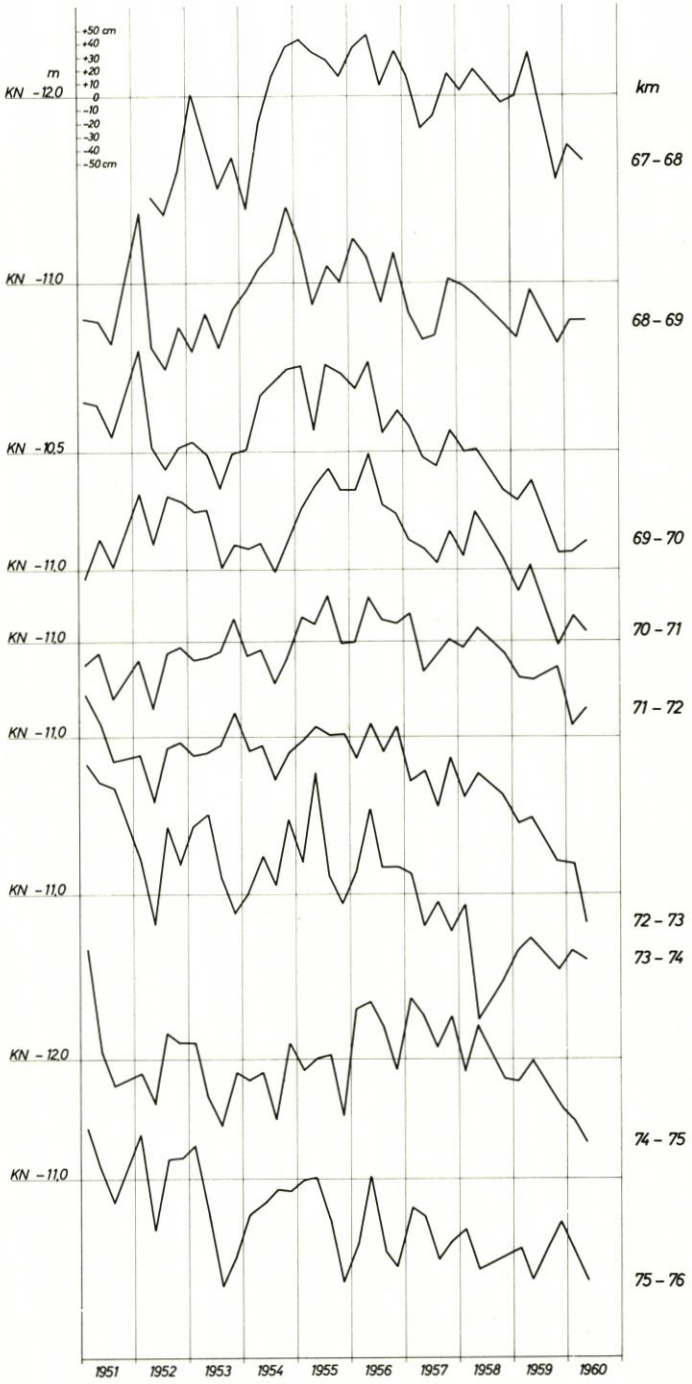


Abb. 2. Ganglinien der mittleren Fahrwassertiefen zwischen km 67 und 76 der Außenweser

a. Der Tidehub. Die Intensität der Gezeitenströmungen hängt unmittelbar von der Amplitude der vertikalen Gezeitenbewegung, dem Tidehub ab. Die bekannten periodischen Schwankungen des Tidehubs werden sich daher auch auf die resultierende Sandbewegung in einem Tidefluß auswirken.

b. Der Windeinfluß. Eine unmittelbare Wirkung des Windes auf die Strom- und Sandbewegung entsteht durch die Anfachung von Triftströmungen und die Erhöhung der Turbulenz im Wasser und damit des Transportvermögens für suspendierte Feststoffe. Mittelbar beeinflußt der Wind durch den Wasserstau an der Küste und in flachem Wasser die Strömungsvorgänge.

c. Das Oberwasser. Im Oberlauf eines Tidestromes wird bei zunehmendem Oberwasserabfluß die Flutströmung schwächer, die Ebbeströmung stärker und damit auch die Sandbewegung in Ebbestromrichtung. Im Unterlauf, im Bereich der Mischungszone zwischen Seewasser und Flußwasser sind die Vorgänge sehr unübersichtlich. Die Mischungszone, in der Dichteströmungen entstehen, verschiebt sich mit Veränderung des Oberwassers. Gleichzeitig verändert sich auch der in stark turbulenten Strömungssystemen für die Intensität der Dichteströmung maßgebende horizontale Dichtegradient (5), der durch die Veränderung des Salzgehaltes je Längeneinheit dargestellt werden kann. Da Dichteströmungen eine Sandbewegung in Flutstromrichtung fördern, können also im Oberlauf und im Unterlauf eines Tideflusses durchaus entgegengesetzte Sandbewegungstendenzen durch hohes Oberwasser entstehen.

Zu diesen äußeren Faktoren, deren Auswirkungen auf die Sandbewegung quantitativ nicht erfaßbar sind, kommen besonders im Mündungsgebiet des Tideflusses weitere Einflüsse wie Strombettverlagerungen, Stromspaltungen, Sandbankveränderungen usw. Die Aufgabe, die ursächlichen Faktoren beobachteter Versandungen oder Erosionen in einem Tidefluß zu finden, ist daher in den meisten Fällen äußerst schwierig. Wenn ein zuverlässiges Beobachtungsmaterial zur Verfügung steht, kann eine statistische Untersuchung zum Erfolg führen, wie im folgenden Abschnitt nachgewiesen werden soll.

3. Statistische Bearbeitung

a. Beobachtungsdaten

Die eingangs schon beschriebenen unregelmäßigen Versandungen im Fahrwasser der Außenweser sind besonders in dem 8 km langen Fahrwasserabschnitt unterhalb Bremerhavens zwischen Strom-km 67 und 75 zu beobachten. Das Fahrwasser wird hier drei- bis viermal jährlich durch Längspeilungen vermessen, und zwar in stets gleichbleibenden Profilen und mit annähernd konstanten Lotpunktabständen. Aus allen verfügbaren Peilungen der Jahre 1951 bis 1960 wurden durch Mittelbildung über alle Lotzahlen die mittleren Tiefen jeweils 1000 m langer Teilstrecken und der Gesamtstrecke zwischen km 67 und 75 gebildet. Die Tiefenganglinien der Teilstrecken sind in Abbildung 2 dargestellt. Die Tiefenschwankungen in den Teilstrecken sind bemerkenswert groß, ein Hinweis auf die Veränderlichkeit der Stromsohle in diesem Gebiet. Eine gewisse Gleichgängigkeit der Kurven ist zu erkennen.

Als mögliche ursächliche Faktoren für die Tiefenschwankungen wurden das Oberwasser der Weser (nach Abflußbeobachtungen am Pegel Intschede), Schwankungen des Tidehubs und meteorologische Einflüsse in Rechnung gestellt. Für einen ersten Korrelationsansatz erschien es dabei zulässig, den Windeinfluß durch den Gang des Tidehochwassers auszudrücken. Dem lag die Überlegung zugrunde, daß in dem im inneren Mündungstrichter der Außenweser liegenden Untersuchungsabschnitt der indirekte (auf die Wasserstände wirkende) Windeinfluß größer sein dürfte als der direkte Einfluß.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

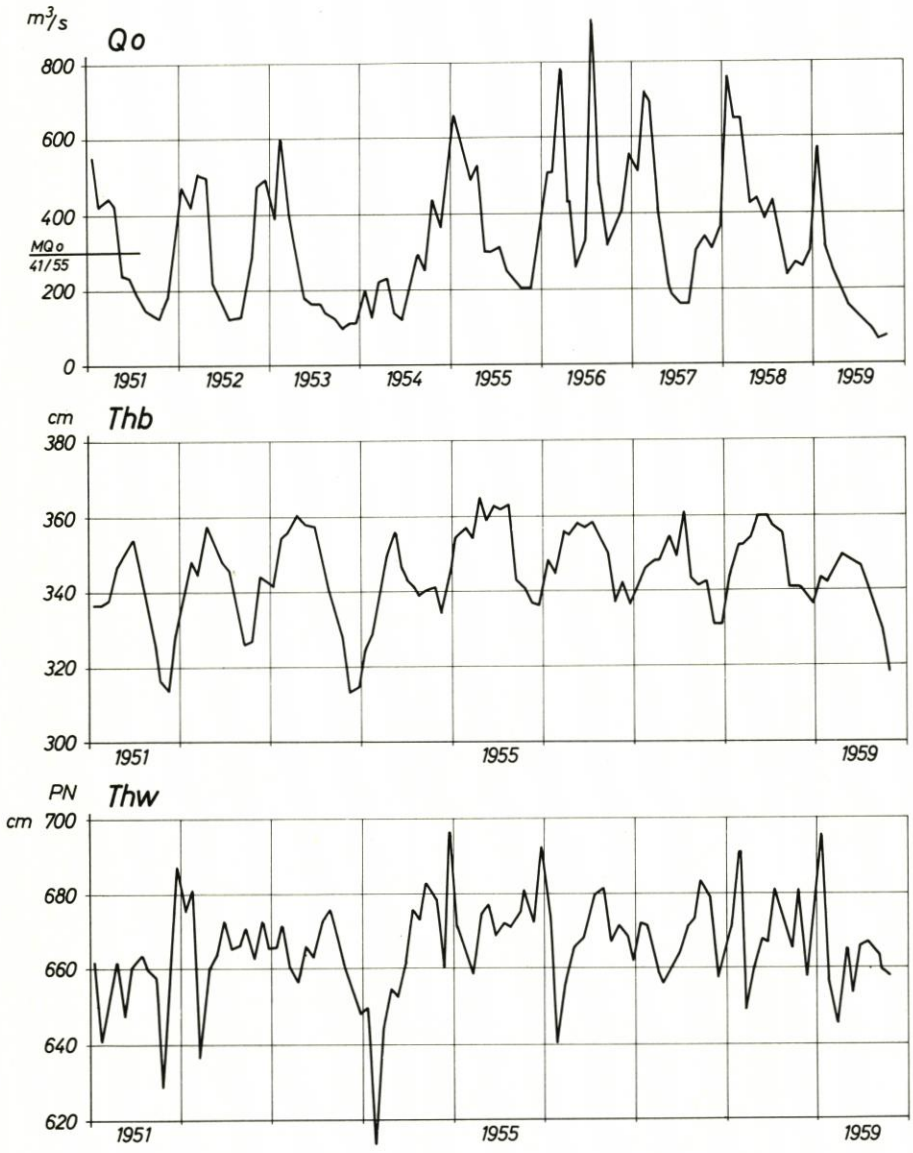


Abb. 3. Ganglinien der Monatsmittel des Oberwassers bei Intschede (Mittelweser) sowie des Thb und Thw bei Bremerhaven von 1951 bis 1959

Abbildung 3 zeigt die Ganglinien der Monatsmittel der drei Faktoren. Das Oberwasser weist in den Jahren 1951 bis 1953 und 1957 bis 1959 den typischen Jahresgang mit geringem Abfluß im Sommer und Abflußspitzen im Winter und Frühjahr auf. Der Sommer 1959 ist besonders abflußarm. Anomale Verhältnisse liegen 1954 und 1956 vor. 1954 fehlt das erhöhte Frühjahrshochwasser, 1956 tritt der höchste Abfluß des gesamten Zeitraumes im Sommer auf. Die Ganglinie des Tidehubes (in der die halbmonatlichen Ungleichheiten durch die Mittelbildung ausgeschaltet sind) weist einen ausgeprägten Jahresgang mit einer Amplitude zwischen 20 und 40 cm auf. Vergleicht man die Gang-

linien in Abbildung 2 und 3, so erkennt man, daß die charakteristischen Schwankungsperioden in der Größenordnung durchaus übereinstimmen.

b. Ergebnis der statistischen Auswertung

Mit Hilfe der Korrelationsrechnung können die Zusammenhänge zwischen physikalischen Vorgängen geprüft werden. Ein Kriterium für die Echtheit eines vermuteten Zusammenhanges gibt der in einer hier nicht zu erläuternden mathematischen Operation (8) errechnete Korrelationskoeffizient. In Abbildung 4 ist dargestellt, wie die Grenze zwischen zufälligem und echtem Zusammenhang in Abhängigkeit von der Anzahl der Beobachtungsdaten verläuft.

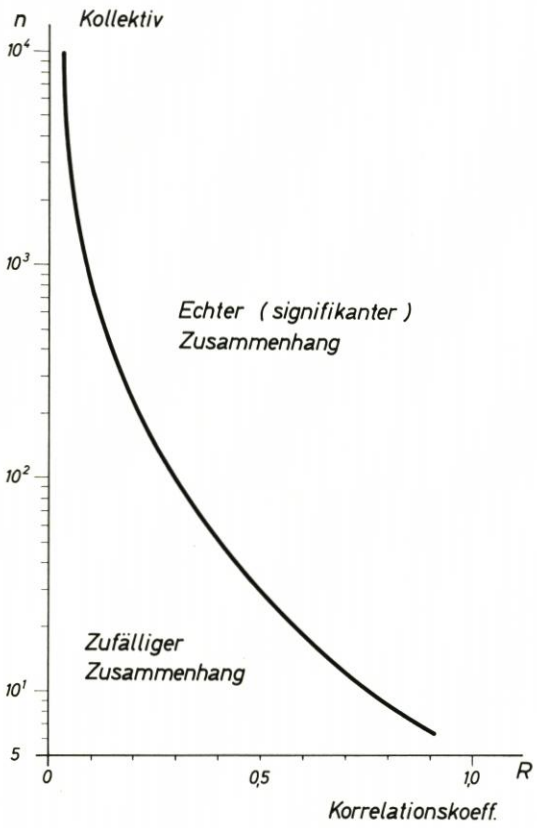


Abb. 4. Grenze zwischen zufälligem und echtem Zusammenhang

Der Ansatz einer linearen Mehrfachkorrelation zwischen den mittleren Tiefen des gesamten Untersuchungsabschnittes und den zugeordneten Quartalsmitteln des Oberwassers, des Tidehubes und des Tidehochwassers ergab: Zwischen den Tiefenschwankungen und dem Gang des Tidehubes sowie des Tidehochwassers läßt sich kein Zusammenhang nachweisen. Ein echter Zusammenhang besteht jedoch zwischen Tiefenänderungen und Oberwasserabfluß. Dieser Zusammenhang wurde daher weiter verfolgt.

Der in der linearen Mehrfachkorrelation gefundene partielle Korrelationskoeffizient von $R = 0{,}54$ konnte durch einen Potenzansatz auf $R = 0{,}65$ verbessert werden. (Beide Werte liegen bei $n = 27$ über der Zufallsgrenze, wie aus Abbildung 4 zu entnehmen ist.) Die gefundene Beziehung ist in Abbildung 5 dargestellt. Wenn man berücksichtigt, daß bei der Bildung der mittleren Fahrwassertiefen nur ein 200 m breiter Streifen aus der rund 800 m breiten Stromrinne erfaßt wurde und daß die Zuordnung der Tiefenwerte, die ja nur einen Augenblickszustand der Stromsohle darstellen, zu den Quartalsmitteln des Oberwassers ziemlich willkürlich ist, so muß man das Ergebnis als recht befriedigend bezeichnen. Es besagt, daß bei steigendem Oberwasser die Fahrwassertiefen abnehmen und umgekehrt. Nach den in Abbildung 6 aufgetragenen Ganglinien ist der Zusammenhang besonders eindeutig in den Jahren von 1951 bis 1953 und 1957, also in Jahren mit normalen Abflußverhältnissen. Zwischen 1954 und 1956 ist die Übereinstimmung weniger gut, was auf die außergewöhnlichen Abflußverhältnisse dieser Jahre zurückgeführt werden kann. Faßt man die Beobachtungsreihen noch zusammen und bildet Jahresmittel, so werden die Abflußschwankungen weiter ausgeglichen. Die in Abbildung 7 dargestellten Ganglinien der Jahresmittel zeigen erwartungsgemäß ein hohes Maß an Übereinstimmung. Der Korrelationskoeffizient beträgt bei 7 Wertepaaren $R = 0{,}93$.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

Schließlich wurde noch untersucht, ob sich die Beziehungen zum Oberwasser auch im Gang der mittleren Tiefen der 1000 m langen Teilabschnitte (vgl. Abb. 2) auffinden lassen. Der Einfachheit halber wurde dabei wieder ein linearer Ansatz gewählt. In Abbildung 8 sind die Korrelationskoeffizienten der Teilstrecken und die zugehörigen Streuungen der mittleren Tiefen aufgetragen. Die Korrelationskoeffizienten aller Teilabschnitte liegen unter dem für die Gesamtstrecke ermittelten Wert.

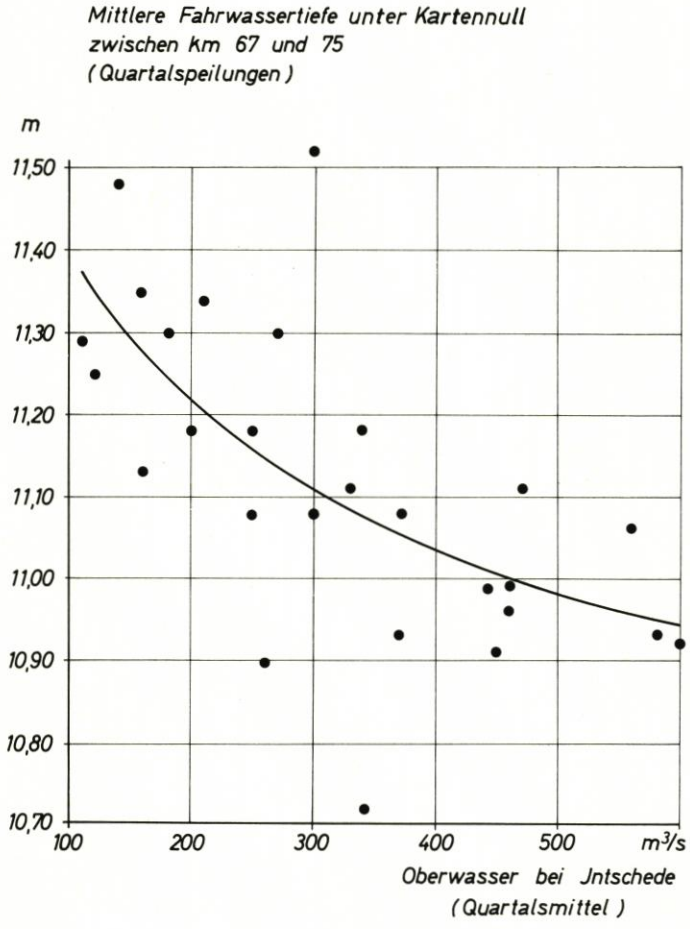


Abb. 5. Abhängigkeit der mittleren Fahrwassertiefe zwischen km 67 und 75 der Außenweser vom Oberwasser

Der Mittelwert (R = 0,38) liegt jedoch bei 216 Wertepaaren immer noch im signifikanten Bereich. Dieses Ergebnis läßt den Schluß zu, daß innerhalb des Untersuchungsabschnittes noch andere, auf engem Raum stattfindende Strombettveränderungen auftreten.

Sowohl der Korrelationskoeffizient als auch die Tiefenschwankungen sind am unteren und oberen Ende des untersuchten Fahrwasserabschnittes größer als im dazwischenliegenden Bereich. Daraus läßt sich auch schließen, daß der willkürlich abgegrenzte Stromabschnitt von km 67 bis km 75 nicht mit der vom Oberwasser beeinflußten Versandungszone übereinstimmt. Weiter oberhalb und unterhalb werden die Verhältnisse ähnlich sein. Das Beobachtungsmaterial reichte jedoch nicht aus, die Untersuchung weiter auszudehnen.

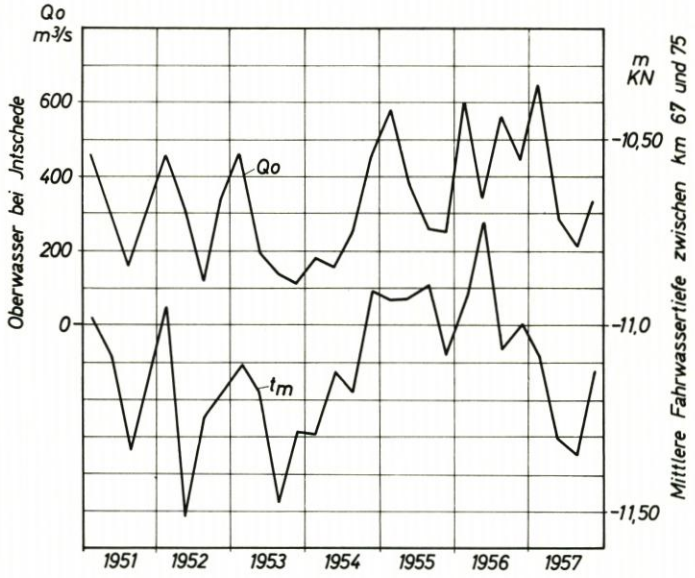


Abb. 6. Ganglinien der mittleren Fahrwassertiefe der Außenweser zwischen km 67 und 75 und des Quartalsmittels des Oberwassers

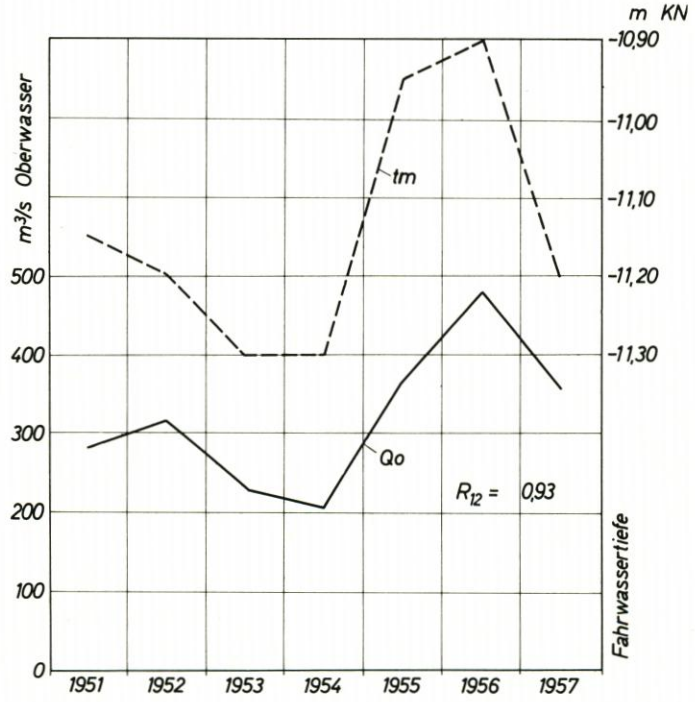


Abb. 7. Ganglinien der Jahresmittel des Oberwassers und der mittleren Fahrwassertiefen zwischen km 67 und 75 der Außenweser

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

4. Deutung des statistischen Ergebnisses

a. Der Einfluß des Oberwassers auf die Sandbewegung

Eine statistische Untersuchung, wie sie hier durchgeführt wurde, kann nur den Nachweis liefern, ob vermutete Zusammenhänge zwischen verschiedenen Größen, die durch Beobachtungsreihen erfaßt sind, vorhanden und echt sind. Eine gefundene kausale Beziehung muß in jedem Fall theoretisch zu



Abb. 8. Grundstreuung der mittleren Fahrwassertiefe zwischen km 67 und 75 der Außenweser und Korrelation zum Oberwasser

begründen sein. Für den im vorigen Abschnitt dargestellten Zusammenhang zwischen der Sandbewegung im Fahrwasser der Außenweser unterhalb Bremerhavens und dem Oberwasserabfluß kann folgende Erklärung gefunden werden:

Nach der für jeden Stromquerschnitt in einem Tidefluß gültigen Gleichung

$$T_f + {}_D\int Q_o \cdot dt = T_e,$$

die besagt, daß die einlaufende Flutwassermenge (T_f) um den Betrag des über die volle Tidestromdauer (D) summierten Oberwassers (Q_o) kleiner ist als die auslaufende Ebbewassermenge (T_e), wird durch Zunahme des Oberwasserzuflusses die mittlere Ebbestromgeschwindigkeit

$$V_{em} = \frac{T_e}{F_{em} \cdot D_e}$$

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

und damit die anteilmäßige Transportkraft der Ebbeströmung vergrößert. Diese Wirkung nimmt von der Tidestromgrenze ($T_f = O$, $T_e = Q_o$) bis zur Mündung ($T_f \approx T_e$) ständig ab (2).

In der Mischungszone von Fluß- und Seewasser treten Dichteströmungen auf. Diese Erscheinung ist bereits an vielen Stellen (u. a. 2, 3, 5) behandelt worden und bedarf hier keiner weiteren Erläuterung mehr. Da die Verteilung der Sinkstoffe in der Vertikalen nicht gleichmäßig ist, sondern die größten Konzentrationen in Sohlennähe beobachtet werden, kann es bei Vorhandensein eines starken Dichtegefälles zu einem unerwünschten, stromaufwärts gerichteten resultierenden Sandtransport kommen. Maßgebend für die Intensität der den Tideströmungen überlagerten Dichteströmung ist der Absolutwert des horizontalen Dichtegradienten oder in diesem Falle des Salzgehaltsgradienten $\frac{ds}{dx}$ (Veränderung des Salzgehaltes je Längeneinheit). Die Abnahme des Salzgehaltes vom See- zum Süßwasser erfolgt nicht linear. Es zeichnet sich eine Stelle des stärksten Salzgehaltsgradienten ab, an der auch die stärksten Dichteströmungen auftreten. Dieser Bereich, der das Zentrum der Mischungszone darstellt, verschiebt sich mit wachsendem Oberwasser stromab. Dabei nimmt das Dichtegefälle absolut zu. Abbildung 9 zeigt den Salzgehalt in zwei Längsprofilen der Tideweser von Brake bis zum Feuerschiff „Weser" (10). Die Profile wurden bei unterschiedlichem Oberwasser aufgenommen. An den Gradientkurven erkennt man ohne weiteres den Einfluß des Oberwassers auf die Maximalwerte des Gradienten. Bei $Q_o = 118$ m³/s liegt $\max \frac{ds}{dx}$ mit 0,9 zwischen km 50 und 60, d. h. noch in der Unterweser bei Nordenham. Bei $Q_o = 630$ m³/s wächst der Wert auf 1,25 und liegt bei km 80 in der Außenweser.

Vereinfachend kann man daher bei Ausklammerung aller übrigen Faktoren bezüglich der Wirkung des Oberwassers auf den resultierenden Sandtransport folgendes aussagen:

Hohes Oberwasser bewirkt im Oberlauf eines Tideflusses eine resultierend stromab gerichtete Sandbewegung. Weiter unterhalb nimmt die Räumkraft des Ebbestromes ständig ab. Der stromabwärts bewegte Sand gelangt schließlich in den Bereich des maximalen Salzgehaltsgradienten, in dem örtlich zumindest ein Gleichgewicht der Transportkräfte von Flut- und Ebbestrom auftreten kann. Hier muß es dann notwendigerweise zu Ablagerungen kommen. Die verstärkte Dichteströmung in der stromab gewanderten Hauptmischungszone stellt gleichsam eine Barriere für den aus dem Oberlauf des Tideflusses abgetriebenen Sand dar.

Es ist anzunehmen, daß der Sand bei abnehmendem Oberwasser wieder stromaufwärts transportiert wird, und zwar mit der ebenfalls wieder stromaufwärts rückenden Mischungszone. So brachte der sehr niederschlags- und abflußarme Sommer 1959 starke Versandungen im Fahrwasser der Unterweser oberhalb Bremerhavens, während sich die Verhältnisse in der Außenweser sehr günstig entwickelten. Es dürfte sich also bei den beobachteten Sandeintreibungen um einen mit der Brackwasserzone wandernden, vagabundierenden Sandkörper handeln. Damit findet man auch eine befriedigende Erklärung für einige Ergebnisse der statistischen Untersuchung, zum Beispiel für die Tatsache, daß das Korrelationsergebnis für die Teilstrecken viel schlechter ausgefallen ist als für die Gesamtstrecke. Man muß annehmen, daß die Lage der Versandungszone sehr veränderlich ist. Bei extrem hohem Oberwasser wird sie sogar noch weiter stromabwärts wandern, wobei die Tiefen im Untersuchungsabschnitt wieder zunehmen können. Sowohl der in Abbildung 3 dargestellte Verlauf der Ganglinien in den Jahren 1955 und 1956 als auch der asymptotische Verlauf der Ausgleichskurve bei hohem Oberwasser in Abbildung 5 lassen diesen Vorgang vermuten. Die gefundene Beziehung stellt sicherlich nur eine erste Näherung an die sehr komplizierten Vorgänge dar. Die grundsätzliche Tendenz dürfte jedoch kaum anzuzweifeln sein.

An dieser Stelle sei noch hervorgehoben, daß es sich bei der beschriebenen Zone ständig wechselnder Versandungen im Fahrwasser der Außenweser unterhalb Bremerhavens nicht um die von

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

W. HENSEN (2) beschriebene „Gleichgewichtszone des Sandtransportes" handelt. Diese Gleichgewichtszone liegt sehr viel weiter nach See zu. HENSEN vermutet sie etwa im Mündungsbereich der Außenweser bei Rotersand.

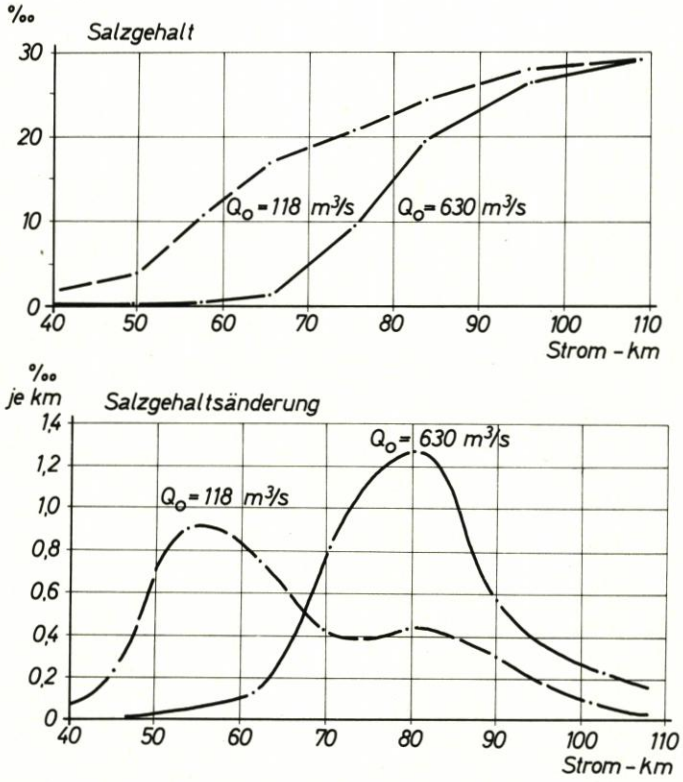


Abb. 9. Salzgehalt und Salzgehaltsgradient bei Tidehochwasser zwischen Brake (Unterweser) und Feuerschiff „Weser"

b. Folgerungen für die Fahrwasserunterhaltung

Das wesentliche Ergebnis der Untersuchung lautet:

Bei hohem Oberwasser treten in der Außenweser unterhalb Bremerhavens starke Sandeintreibungen auf.

Bei abnehmendem Oberwasser verschwinden sie wieder, und zwar ohne erkennbaren Einfluß der Unterhaltungsbaggerungen. (Diese Frage wurde gesondert untersucht und konnte eindeutig geklärt werden.)

Dieses Ergebnis ist für die Aufgaben der Fahrwasserunterhaltung von unmittelbarer Bedeutung. Bei einer Beobachtung der Oberwasserverhältnisse kann die Entwicklung des Fahrwasserzustandes in etwa vorhergesagt und bei der Disposition der Baggereinsätze berücksichtigt werden. Auch die Gewißheit, daß starke Versandungen nach Durchgang der Abflußwelle wieder selbsttätig ausgeräumt werden, ist wertvoll und kann zur Vermeidung mancher voreiligen oder übertrieben aufwendigen Gegenmaßnahme beitragen.

Das vorliegende Material ermöglicht eine einigermaßen zuverlässige Berechnung des Massentransportes. Legt man die ermittelte Ausgleichskurve zugrunde und extrapoliert das Ergebnis auf den gesamten Stromquerschnitt, so erhält man eine Sandmenge von rund 3 Millionen m³, die sich bei



Abb. 10. Die Fahrwassertiefen der Außenweser zwischen km 67 und 75 in den Jahren 1952 und 1956

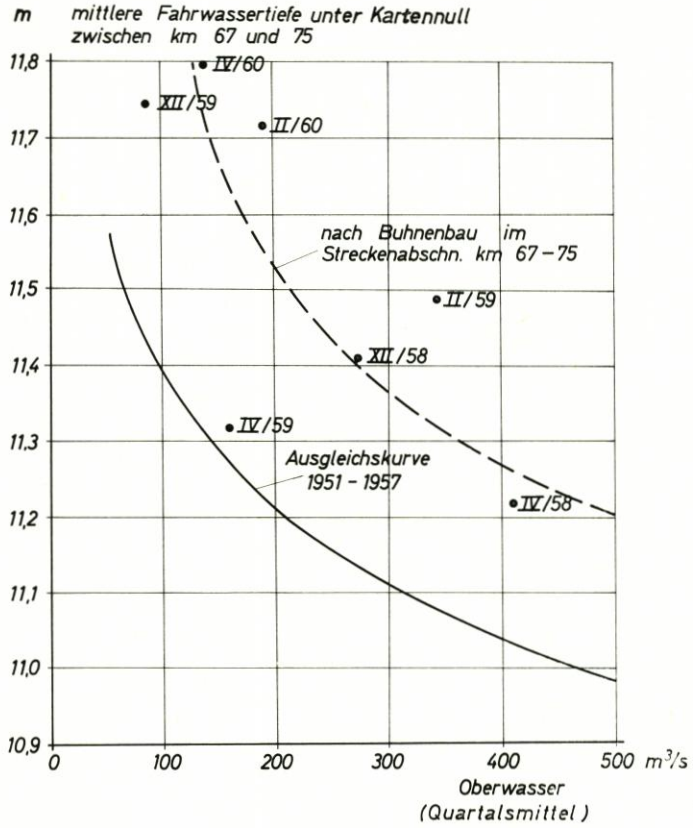


Abb. 11. Einfluß von Strombaumaßnahmen auf die Fahrwassertiefen der Außenweser zwischen km 67 und 75

einer Zunahme des Oberwassers (Quartalsmittel) von 100 auf 600 m³/s im betrachteten Stromabschnitt ablagert.

Abbildung 10 zeigt die Extremlagen innerhalb des Untersuchungszeitraumes, die Fahrwassertiefen im Sommer 1952 und im Sommer 1956, und läßt das Ausmaß der Versandung erkennen. Die Ablagerungen vom Sommer 1952 bis zum Sommer 1956 werden auf rund 5 Millionen m³ geschätzt.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

Die Untersuchung wurde zunächst für den Zeitraum von 1951 bis 1957 durchgeführt. Aus den Jahren vor 1951 lagen nicht genügend Fahrwasserpeilungen vor. 1957 wurden umfangreiche Strombaumaßnahmen zur Verbesserung der Fahrwasserverhältnisse eingeleitet, die zusätzliche Veränderungen des Strombettes erwarten ließen. Im Streckenabschnitt km 67 bis 75 wurden drei neue Strombuhnen am linken Ufer gebaut (Abb. 1). Der Erfolg dieser Baumaßnahmen, der sich bald in einer Verringerung der Unterhaltungsbaggerungen zu zeigen schien, konnte nach Kenntnis der oberwasserbedingten Versandungserscheinungen erst unter Berücksichtigung der Oberwasserverhältnisse beurteilt werden. In Abbildung 11 sind die mittleren Tiefen des Streckenabschnittes km 67 bis 75 aus sieben Aufnahmen der Jahre 1958 bis 1960 in Abhängigkeit vom Oberwasser aufgetragen. Zum Vergleich ist die Ausgleichskurve der Abbildung 5 mit eingezeichnet. Auch für den Zeitraum 1958 bis 1960 besteht eine eindeutige Beziehung zwischen Fahrwassertiefe und Oberwasser und läßt sich ohne Zwang durch eine Ausgleichskurve darstellen. Die mittlere Ordinatendifferenz zwischen beiden Kurven beträgt rund 30 cm und gibt ein echtes Maß für die durch den Buhnenbau erreichte Fahrwasserverbesserung.

5. Zusammenfassung

In einem 8 km langen Streckenabschnitt der Außenweser unterhalb Bremerhavens sind häufig starke Sandeintreibungen zu beobachten. Es wird nachgewiesen, daß die Versandungen vom Oberwasserabfluß abhängen. Sie treten bei hohem Oberwasser auf und werden auf die damit zusammenhängende Verstärkung der Ebbeströmung in der Unterweser zurückgeführt. Bei abnehmendem Oberwasser verschwindet der abgelagerte Sand wieder und wird vermutlich durch den Flutstrom und durch Dichteströmungen in der Unterweser zurücktransportiert. Die mit statistischen Methoden geklärten Zusammenhänge werden physikalisch begründet.

6. Schriftenverzeichnis

1. Dillo, H. G.: Sandwanderung in Tideflüssen. Mitteilung d. Franzius-Instituts f. Grund- u. Wasserbau der Techn. Hochschule Hannover, H. 17, 1960.
2. Hensen, W.: Die Entwicklung der Fahrwasserverhältnisse in der Außenelbe. HTG-Jahrbuch 1939 bis 1940.
3. Hensen, W.: Eindringen von Salzwasser in Gezeitenflüsse. Mitteilungen d. Franzius-Instituts f. Grund- u. Wasserbau der Techn. Hochschule Hannover, H. 3, 1953.
4. Küstenausschuß Nord- und Ostsee, Gutachtergruppe Eider: Gutachten über die Vorschläge zur Behebung der Schwierigkeiten in der Eider. Die Küste Jg. 12, 1964.
5. Agnew, R.: Estuarine Currents and Tidal Streams. Coastal Engineering, Vol. 2, 1961.
6. Lucht, F.: Die Sandwanderung im unteren Tidegebiet der Elbe. Deutsche Hydrographische Zeitschrift, Bd. 6, 1953.
7. Niebuhr, W.: Beobachtungen über den Sandtransport in der unteren Ems. Die Küste, Jg. 4, 1955.
8. Schroeder, G.: Die Korrelationsrechnung und ihre Anwendung in der Wasserwirtschaft. Bielefeld 1950.
9. Simon, W. G.: Sedimentpetrographische Untersuchungen der Grundproben aus der Außenweser. Gutachten über die Ursache von Versandungserscheinungen im Fahrwasser der Außenweser. (Amtlicher Bericht, nicht veröffentlicht.)
10. Wasser- und Schiffahrtsdirektion Bremen: Die Entwicklung der Salzgehaltsverhältnisse der Unterweser seit Beginn des Ausbaues. (Amtlicher Bericht, nicht veröffentlicht.)
11. Wasser- und Schiffahrtsamt Bremerhaven: Untersuchungen über die Ursachen der periodischen Ablagerungen bei km 69—71 und km 72—74 der Außenweser. (Amtlicher Bericht, nicht veröffentlicht.)

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

Ursachen und Verhinderung des Abbruches der Insel Sylt

Von Karl Gripp

Inhalt

I. Vorbemerkung 170
II. Das Geschehen vor der nordfriesischen Küste im großen gesehen 170
III. Die Zerstörung durch Brandung und Uferversatz 175
IV. Die Riffzone 180
V. Der anschließende Nordseeboden 181
VI. Folgerungen 181
VII. Schriftenverzeichnis 182

I. Vorbemerkung

Der Erdgeschichtler ist bemüht, aus nachweisbaren Begebenheiten das Geschehen vergangener Zeiten zu erkennen. Dafür muß er, soweit möglich, alle wirksamen Kräfte berücksichtigen. Er muß also festlegen, wie weit seine Untersuchungen zeitlich und räumlich auszudehnen sind. Die Insel Sylt ist ein kleiner Teil der Ostküste der Nordsee. Das Schicksal der Insel ist somit eingeschlossen im Gesamtgeschehen an der Ostseite jenes Meeres.

Nachstehend sei zunächst aufgezeigt, wie weit wir heute die Stellung Sylts im weiträumigen Küstengeschehen erkennen können. Der gewonnene Einblick ermöglicht — unter gewissem Vorbehalt — Aussagen, wie jenem Naturgeschehen dort, wo es menschliche Einrichtungen gefährdet, begegnet werden kann. Der Erdgeschichtler wagt damit Voraussagen.

II. Das Geschehen vor der nordfriesischen Küste im großen gesehen

Nördlich Westerland, zwischen Sylt und Blaavandshuk setzt der Boden der Nordsee bei 10 bis 12 m Tiefe ein. Der Anstieg von dort zur Küste ist verschieden stark geneigt. Vor Sylt liegt außerhalb der Barren die 6-m-Tiefenlinie rund 1 km von der Küste entfernt. Vor Römö, nördlich Lakolk, beträgt die entsprechende Strecke 5 km, vor Fanö 2,8 km. Über die Barre des Lister Tiefs gemessen, beträgt die Entfernung von Römö bis zur 6-m-Tiefenlinie über 10 km, desgleichen bei der Barre vor dem Juvre-Tief. Vor Rantum und Kampen verläuft die 10-m-Tiefenlinie rund 1,2 km von der Insel entfernt. Vor Fanö jedoch über 6 km.

Die zwischen den „Vorgebirgen“ von Blaavandshuk und Hornsriff im Norden und Westerland im Süden infolge der Tide hin und her schwingende Wassermasse hat eine landseitig vorgewölbte Bogenküste aus Sand aufgebaut. Im Nordteil des Bogens setzt sich die Küste unter Wasser in einem 6 km breiten ausgeglichenen Hang fort. Dort, wo der Trog der schwingenden Wassermasse eingeengt wird, vor Westerland, ist der entsprechende Hang doppelt so stark geneigt.

Der Verlauf der Küste und die Form des seeseitigen Hanges zwischen Sylt und Fanö sind Teil einer durch Gezeiten und Wellen gestalteten, sogenannten Ausgleichsküste. Ihre Schwingungsbögen sind die Folge des Bestrebens des Meeres, einen ausgeglichenen Küstenverlauf zu schaffen. Vorsprünge der Küste engen das Bett der schwingenden Wassermasse randlich ein, bündeln diese und beschleunigen die Strömung. Dort, wo der Widerstand nachläßt, breitet sich die Wassermasse wieder aus und schafft ein Gleichgewicht zwischen angreifender Kraft und der Masse des Sandes.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

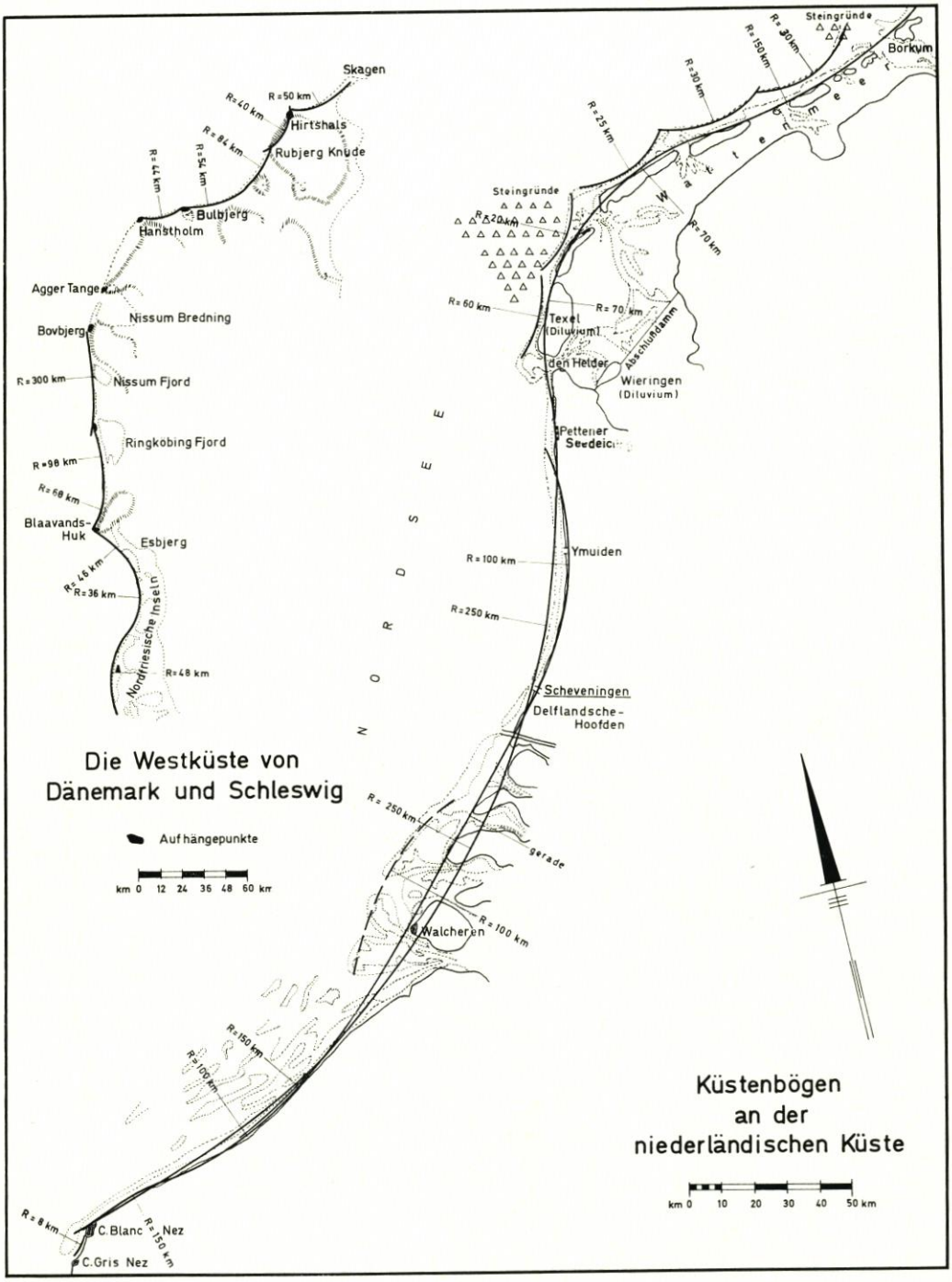


Abb. 1. Die Schwingungsbögen an der Ostküste der Nordsee nach VAN VEEN 1936

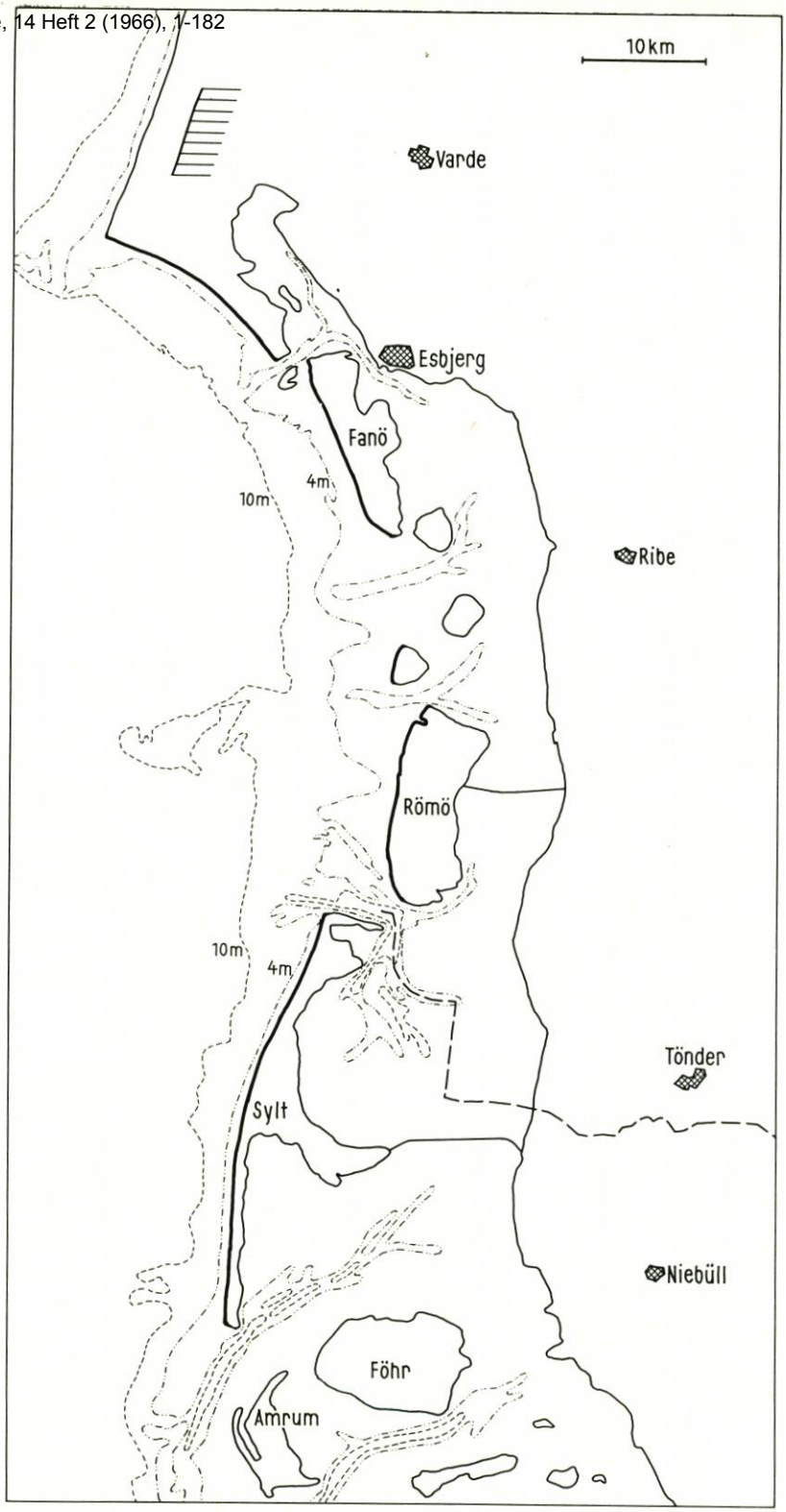


Abb. 2. Der Küstenbogen Westerland—Blaavandshuk mit Gats und Barren. Nördlich von Blaavandshuk ist die ehemalige Kliffküste der Geest von Graerup angegeben, um zu zeigen, daß dort Sand in ungefähr 10 km Breite in den letzten 6000 Jahren angeschwemmt wurde

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

Eine solche aus steilen Vorsprüngen und dazwischen bogenförmig verlaufenden Flachküsten aufgebaute Küste benannte F. v. RICHTHOFEN (1886) „Ausgleichsküste". A. PENCK (1894, S. 557 bis 561) schrieb darüber, was hier gekürzt wiedergegeben sei:

> *„Der Ausgleichsküste liegt ein gebuchteter Küstenverlauf zugrunde. Sie entstand dadurch, daß die Brandung die Vorgebirge untergrub und die Küstenströmung die Trümmer in die Bucht schleppte. Die Ausgleichsküste zeigt daher streckenweise Strandwälle mit Dünen, welche sich als sanft geschwungene Nehrungen vor die primären Buchten legen ... Man hat gebuchtete Küsten, deren Vorgebirge nur wenig abgetragen sind und dazwischen solche, wo es noch nicht zur Entstehung von Nehrungen, sondern nur zur Entwicklung von Haken gekommen ist."*

Diese Angaben treffen für das Gebiet zwischen Blaavandshuk und Westerland zu. Die Geest von Sylt ist das südliche, das Diluvial-Kliff bei Graerup ursprünglich das nördliche „Vorgebirge". Zwischen beiden wird seit 6 Jahrtausenden eine bogenförmige Ausgleichsküste angestrebt. Schon I. J. VAN

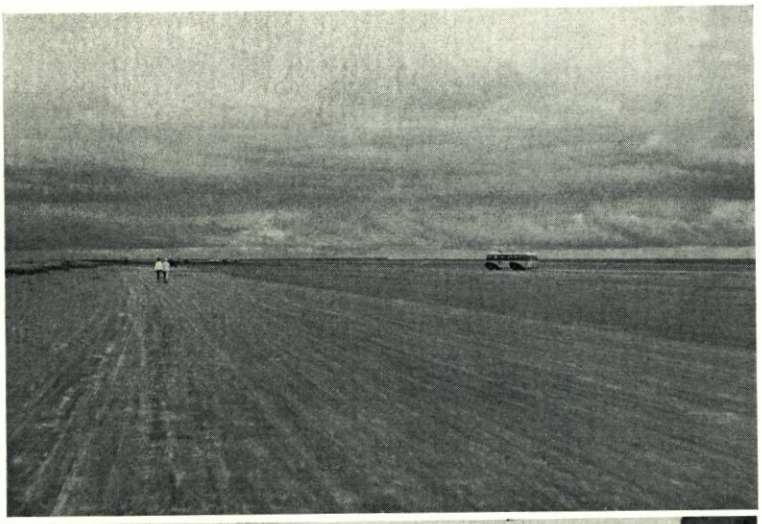


Abb. 3.
Strand von Fanö
10. 7. 1961.
Sand und Feinstkorn werden von Süden her dauernd zugeführt. Daher ist der Strand frei von Buhnen, tragfähig und so breit, daß zwei Bahnen von öffentlichen Bussen befahren werden.



Abb. 4.
Das Rote Kliff auf Sylt bei Niedrigwasser während einer Sturmflut. 22. 1. 1962.

VEEN (1936, S. 141) hat den Küstenbogen zwischen Westerland und Blaavandshuk aufgezeigt mit Radien von 36 bis 46 km (Abb. 1). In Abbildung 2 ist ersichtlich, daß Sylt sich nicht in den heute von Blaavandshuk bzw. Hornsriff bis Römö reichenden Ausgleichsküstenbogen einfügt. Warum nicht?

Die Küste von Blaavandshuk und Römö ist aus losem Sand aufgebaut, der vom Meer angespült wurde und wird. Die Küste verlagert sich auf der erwähnten Strecke seewärts. Die geschilderte Entwicklung prägt sich auch in der Neigung des seewärtigen Hanges im Schwingungsbogen aus. Während die Neigung des Seehanges seewärts der Riffzone vor Westerland bis zur 10-m-Tiefenlinie etwa 1:120 bis 160 beträgt, ist am Nordende des Bogens ein wesentlich flacherer Hang mit einer Neigung von 1:650 vorhanden (Abb. 3).

An der Küste Sylts aber boten und bieten hoch aufragende Kliffe aus pliozänen und diluvialen Sanden sowie ebensolche Dünen dem angestrebten Ausgleich des Küstenbogens eine erhebliche Erschwerung. Der Ausgleich wurde dort bis heute nicht erreicht. Aber die Kräfte des Meeres arbeiten weiter (Abb. 4). Daher tritt ständig neuer Landverlust ein.

Verwickelt wird der Aufbau des Küstenbogens zwischen Hornsriff und Westerland durch zwei Vorgänge:

1. Der Aufhängeort des Bogens bei Blaavandshuk wurde bis heute zunehmend westwärts verlagert.

2. Ist der Mensch bestrebt, die von der Natur geforderte Ostverlagerung des Westerländer Vorsprungs zu verhindern.

Beide Vorgänge seien näher betrachtet. Die Sandmassen, die während der letzten 6 Jahrtausende um Blaavandshuk zusammengetragen worden sind, haben die Küste vom Diluvial-Kliff bei Graerup

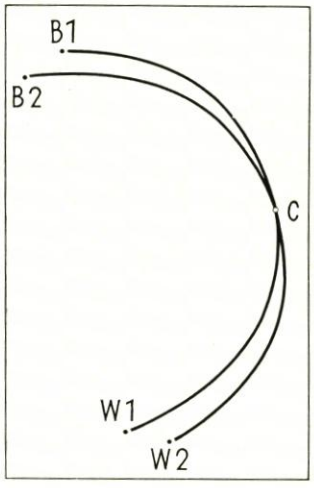


Abb. 5. Schema der Veränderungen der Bogenküste von Blaavandshuk (B) bis Westerland (W). Bei B wird die Küste seewärts, bei W landwärts verlagert. Von Punkt C an nördlich wächst das Land. Der Strand ist daher so breit, daß Autobusse auf ihm auf zwei Bahnen entlangfahren (vgl. Abb. 3). Südlich vom Punkt C aber liegt die Küste im Abbruch (Abb. 4 und 8 bis 12). Dieser Vorgang kann nur aufgehalten werden, wenn bei W eine „Felsküste" bis auf den sich eintiefenden Meeresgrund hinab künstlich geschaffen wird.

um über 3 km gegen W vorgeschoben. Da von Blaavandshuk das Hornsriff heute um Dutzende von km nach W vorgreift, ist sicher, daß das Nordende unseres Schwingungsbogens im Laufe der Zeit erheblich nach W verlagert wurde. In ungleich langsamerem Tempo aber wurde der Westerländer Vorsprung nach E zurückgedrängt. Abbildung 5 zeigt, daß bei dieser Verlagerung seiner Ausgangspunkte eine gleichbleibende Gestalt des Schwingungsbogens nicht erreicht werden kann. Bei C liegt ein Punkt, an dem Anlandungsbereich und Gebiet des Abtrags aneinander stoßen.

Der Rückgang der Westküste Nord-Sylts ist also durch die Dynamik einer großen Wassermasse hervorgerufen. Ihm ist mit menschlichen Mitteln schwer entgegenzuarbeiten. Schon H. O. Lamprecht (1957, S. 90) betont, daß Sylt im Sandhaushalt „eine negative Bilanz aufweist" (Abb. 6).

Südlich des Westerländer Vorsprungs ist eine Ausgleichsküste im Aufbau weniger weit vorgeschritten als im Norden (Abb. 7). Der von der Westerländer Geest ausgehende Hörnum-Haken ist der Anfang. Südlich anschließend haben die aneinandergereihten Barren von Vortrapp Tief, Norder und Süder Au, Norder und Süder Hever das Entstehen einer Bogenküste nicht zugelassen. Der Ebbstrom der Gats ist örtlich stärker als der Tideschwingungsstrom. Auch sind die bisher dort angefrach-

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

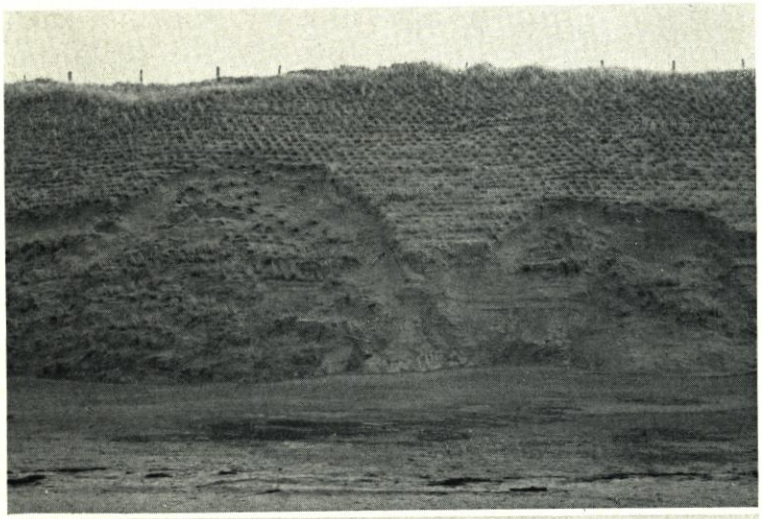


Abb. 6.
Helmpflanzung südlich von Westerland. 2. 1. 1966.
Ein nach der Februarflut 1962 maschinell abgeschrägter und mit Helm bepflanzter Dünenhang ist weithin an Kugelschal-Flächen abgerutscht, da Sturmfluten das Widerlager an der Basis weggespült und dadurch das Gleichgewicht des Hanges gestört haben. Vom schmalen Strand her kann der Sandverlust nicht ausgeglichen werden. Somit wird der Hang nach erneutem Unterspülen weiter ostwärts verlagert werden.

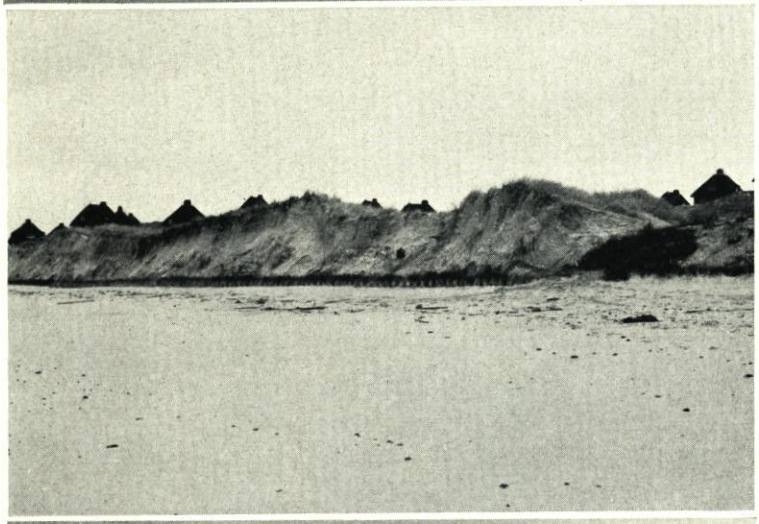


Abb. 7.
Hörnum, Kersig-Siedlung.
31. 12. 1965.
Die von der Februarflut 1962 durchbrochene und weitgehend zerstörte Randdüne war 1963 künstlich wiederhergestellt worden. Sie wurde aber durch Sturmfluten des Herbstes 1965 wieder weitgehend abgetragen. Ein aus Sand aufgebauter Küstenvorsprung kann infolge der allgemeinen Rückverlagerung des Hörnum-Hakens nicht von Bestand sein.



Abb. 8.
Westküste nördliches Listland.
29. 12. 1965.
Ein Windriß in der Dünenküste wurde bei Hochfluten durch Antreibsel und Sand strandwallartig aufgefüllt.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

teten Sandmassen noch zu gering, um den Raum außerhalb des dortigen Schwingungsbogens hinreichend aufzufüllen. Amrum liegt heute außerhalb des Schwingungsbogens, getrennt durch Vortrapp Tief und dessen westseitigen Barrenanteil (Teeknops, Jungnamen Sand).

Bislang hat der Mensch nur auf kurze Strecken den Rückgang der Küste aufgehalten und dies zumeist auch nur vorübergehend. Sollen für längere Zeit Erfolge erzielt werden, darf man nicht außer acht lassen, welche Wege die Natur geht, um ihr Ziel, eine Ausgleichsküste mit möglichst großem Radius, zu erreichen. Um diesen Ablauf des Geschehens zu erkennen, müssen wir uns zunächst Rechenschaft ablegen, auf welche Weise das Meer die Sylter Küste zurückdrängt.

Die ständig arbeitende Kraft ist die Tideströmung. Bei Sturmfluten wird sie von den Strömungen des durch Winddruck angestauten Wassers örtlich erheblich verstärkt. Beide erzeugen zwischen Meeresboden und dem benachbarten Land eine Gleichgewichtsgrenze zwischen Sandmasse und Verfrachtungsenergie in Gestalt einer schräg ansteigenden, ausgeglichenen Fläche. Diese Grenzfläche bleibt aber nur unterhalb etwa 5 m Tiefe für längere Zeit erhalten. Im oberen flachen Teil brechen sich die Wellen. Dort wird der Hang durch diese zusätzliche Dynamik zu Riffen und Rinnen ständig umgestaltet. Hinzu kommt hier der Uferversatz durch die auflaufenden Wellen.

Das Geschehen auf dem gesamten Hang muß betrachtet werden, wenn man erkennen will, warum die Grenze von Land und Meer unbeständig ist[1]).

Sichtbar sind: 1. Abtrag durch Wind,
2. Zerstörung durch Brandung und Uferversatz.

Unter Wasser spielen sich ab:
3. die Vorgänge in der Riffzone,
4. die Vorgänge auf dem Abfall zum Meeresboden.

Über die Zerstörung, die der Wind am Strande und auf dem Lande hervorruft, wird demnächst berichtet werden. Durch Einreißen von Antidünen in eine Dünen-Kliffküste bereitet der Wind Einbrüche des Meeres vor (Abb. 8). Es handelt sich hierbei aber nur um Überflutungen des untermeerischen Teiles der Haken, nicht um „Durchbrüche", d. h. das Entstehen neuer Gats. In fast allen Fällen werden diese Überflutungen durch neu aufgeworfene Strandwälle nach wenigen Tagen wieder abgeriegelt.

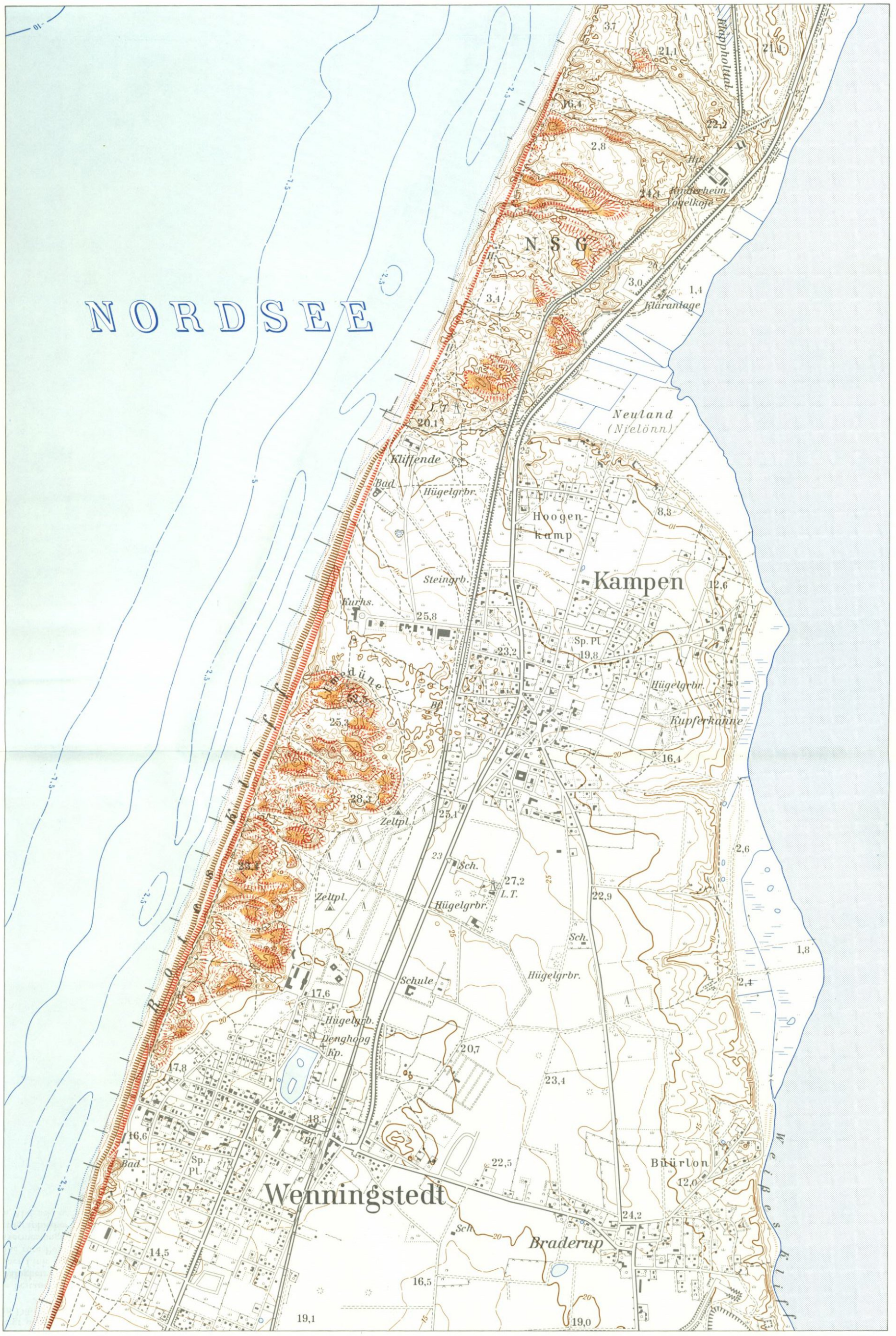
Die Antidünen haben andererseits das Verdienst, den Sandhaushalt an schmalen Stellen der Haken zu strecken. Landwärts verfrachteter Sand erhöht und verbreitert z. B. den Hörnum-Haken. Flugsand ist daher örtlich für die Erhaltung des Landes von Wert. Die vor genau 100 Jahren von den Sylter Einwohnern vertretene Anschauung, der Flugsand baue weite Teile ihres Landes auf (Müller/Fischer 1938, S. 153), ist durchaus berechtigt. Wo der Mensch durch Bepflanzen den Flugsand festlegt, wachsen die Dünen in die Höhe. Dies geschieht besonders in Strandnähe. Dort festgehaltener Sand fällt über Kliffrutschungen bald dem Meere wieder anheim (Abb. 6). Die Masse des Sandes bremst zwar die Rückverlagerung des Kliffs, trägt aber nicht zur Verbreiterung und damit zum längeren Erhalten des Landanteiles des Hakens bei.

III. Die Zerstörung durch Brandung und Uferversatz

Bei ruhigen Wetterlagen ist die Brandung gering oder bleibt aus. Sandwanderung, insbesondere durch den Uferversatz der auflaufenden Wellen, ist gering. Aber bei Sturmfluten ist der Wasserstand um mehrere Meter höher. Dann zerschlägt die Brandung das Ufer in einem höheren Stockwerk und sie ergreift Sand dort, wo lange Zeit Ruhe geherrscht hatte. Was dort losgeschlagen wird, trägt die Uferströmung sogar hoch oberhalb der Buhnen, die diesen Vorgang nicht hemmen können, davon (Abb. 9 und 10). Bei der gleichgerichteten Strömung in Flüssen sind Buhnen wirkungsvoll. In Tide-

[1]) Die Untersuchungen von H. Gutsche 1961 betrafen nur den oberen Teil des Küstenhanges, die Riffzone. Sie werden erst vollen Aussagewert erlangen, wenn sie bis 12 m Tiefe ergänzt sein werden.

Kliff und Küstendünen auf Sylt


NORDSEE
N S G
Kampen
Wenningstedt
Braderup
Neuland
(Nielönn)
Hoogen-
kamp
Kliffende
Bad
Hügelgrbr.
Steingrb.
Kurhs.
Sp. Pl.
Zeltpl.
Sch.
Schule
Hügelgrb.
Denghoog
Kp.
Bf.
Sp. Pl.
Kupferkanne
Klärantage
Bürlon
Meeresfliff
L.T.
Hügelgrbr.
Sch.
Hügelgrbr.
Hügelgrbr.
Sch
Bad
Zeltpl.
Zeltpl.
Hügelgrbr.
Hügelgrbr.
Hügelgrbr

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

Kliff und Küstendünen auf Sylt

Die Karte zeigt den Landverlust an der Westküste und die überraschend weitgehenden Veränderungen in den Dünen nach Luftaufnahmen von 1925 und 1965. Diese wurden durch Erderkundung ergänzt.

Bei Kliffende bestand zu beiden Zeiten ein Knick im Verlauf der Küste. Er ist durch die höhere Widerstandsfähigkeit der Grundmoräne des Roten Kliffs bedingt.

Zacken an einer Linie bedeuten Steilhang; je breiter die Dreiecks-Schraffen, um so steiler der Dünenhang. Feine rote Punkte geben Sandflächen frei von Pflanzenwuchs an.

Dem Landesvermessungamt Schleswig-Holstein sei gedankt für die Möglichkeit, eine für die Erörterung kartographischer Grundfragen neu angefertigte Karte des Raumes Wenningstedt—Kampen hier zum Abdruck zu bringen.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

gewässern und an Brandungsküsten im Abtragsbereich vermögen sie nicht die Küste vor weiterem Rückgang zu schützen (M. PETERSEN 1961)[2]). Dies bezeugt ferner die vom Landesvermessungsamt zu Kiel dankenswerterweise zum Abdruck überlassene Karte über den Rückgang der Kliffküste und die neu entstandenen Windrisse (Antidünen) im Raume Wenningstedt — südliches List-Land, siehe Falttafel.

Uferschutz gegen Hochwasserschäden wird für Lockergesteine nur dort erreicht, wo diese durch „Fels" ersetzt werden. Solche Umwandlung in eine Felsküste — als Strandmauer, Uferdeckwerk und schließlich Tetrapoden-Schüttung — ist seit Jahrzehnten im Gange. Moderne Schutzwerke dieser Art verhindern die Schäden des Hochwassers und seiner Brandung weitgehend. Sie kommen dem Bedürfnis nach Beruhigung der Anwohner nach.

Aber da sie einen Eingriff in den natürlichen Ablauf bedingen, d. h. der von der Ausgleichsküste erforderten Rückverlagerung entgegenarbeiten, ist zu fragen, was geschieht von seiten der Natur, um doch ihr Ziel zu erreichen?

Die Uferbefestigung vor Westerland hat bei der allgemeinen Rückverlagerung der Westküste von Ellenbogen bis Hörnum eine zunehmende Einengung für die freie Bewegung der Wassermassen zur Folge. Dies bedeutet für das Wasser Stau — Bündelung — beschleunigtes Fließen. Je weiter dort die Küste außerhalb der zu Fels gemachten Strecke zurückgeht, um so tiefer wird die Strömung am Fuß der „Felsen" auskolken. Das zunehmende Schwinden des Strandes deutet diesen Vorgang seit Jahren an. Sicherungen des Fußes der Mauer vor Westerland mußten verstärkt durchgeführt werden. Die neue Art des Uferschutzes durch die Grenobler Tetrapoden stellt eine Verfelsung der Ufer dar, die sogar nach Unterspülen absinken darf, ohne wertlos zu werden. Sie kann nämlich durch Auftrag weiterer Tetrapoden unschwer ergänzt werden. Eine Packung aus Tetrapoden, deren Gewicht auf die Stärke der Brandung abgestimmt ist, stellt nach Ansicht des Verfassers die bis heute günstigste Art der Verwandlung eines sandigen Küstenhanges in einen Felshang dar. Kann sie doch, wenn durch Verlust der Fuß-Sicherung erforderlich, solange ergänzt werden, bis sie dem Meeresboden auflagert. Das wäre vor Westerland bei einer Tiefe von 10 bis 12 m. Eine Sicherung für den Ort Westerland wäre also technisch zu erreichen. Allerdings wird dort der Sandstrand zunehmend verlorengehen. Dies könnte verhindert werden, wenn eine bis auf den Meeresboden, also bis etwa 12 m hinabreichende Felsnase in See hinaus vor Westerland errichtet und gehalten würde. Beiderseits dieses derart festgelegten Aufhängepunktes der Ausgleichsküste würde möglicherweise auf kurze Strecken Sandstrand entstehen und erhalten bleiben. Aber die Kosten für diese Lösung werden nicht aufzubringen sein.

An Felsküsten findet sich Strand in den Buchten zwischen zwei Felsvorsprüngen. Also könnte man auch daran denken, durch vorgeschobene, hinreichend schwere Felsnasen des Uferschutzwerkes künstlich Buchten zu schaffen. Aber diese Lösung würde gleichhohe Kosten für Bau und Erhaltung verursachen. Vermutlich werden daher die Westerländer Badegäste späterer Geschlechter bis nahe an das jeweilige Ende der Uferschutzzone fahren müssen.

---

[2]) Ein Beispiel hierfür: Die Sturmflut vom Februar 1962 hat am Morsum Kliff vom Kaolinsand S 2 (S = Schuppe), der im E von Glimmerton S 1 und im W vom Limonitsandstein S 2 unter Vorspringen flankiert wird, erhebliche Mengen fortgenommen. Aus einem schrägen Schutthang war vorübergehend ein steiles Kliff geworden. Dieser Verlust fast losen Sandes und die Sorge, Teile des Nösse-Grünlandes zu verlieren, hat die Gemüter derart beunruhigt, daß man zwei lange niedrige Buhnen in das Wattenmeer hineingebaut hat.

Dem Kaolinsand bieten die Buhnen keinen Schutz. Ob sie das Nösser Grünland erhalten werden, ist fraglich.

Dabei zeigt die Natur wenig weiter westlich auf, was hätte geschehen müssen. Vom Limonitsandstein S 2 gegen W liegt ein alter begrünter Strandwall vor dem Kliff. Dieser blieb bei der Sturmflut intakt und hat verhindert, daß das Kliff dort von jenem Hochwasser wesentlich beschädigt wurde.

Diesen Strandwall hätte man bis über den Glimmerton S 1 nach E verlängern sollen. Er würde den Grund vor dem Kaolinsandkliff aufhöhen, würde den Glimmerton vor dem täglichen Abgespültwerden schützen, so daß hier ein bald begrünter Dauerhang entstehen würde.

Es fragt sich, wie weit nördlich wird diese in fernen Zeiten liegen? Nördlich von Westerland springt heute schon regelmäßig am Ende eines neuen Deckwerks das Kliff und damit die Küste zurück, weil Sturmfluten den anschließenden ungeschützten Uferteil inselwärts besonders stark abradierten. Auch am Ende der nördlichen Tetrapoden-Reihe war Ende 1965 das Meer wieder erheblich vorgedrungen (Abb. 11 und 12). Es läßt sich voraussehen, daß die Uferschutzwerke schließlich von Westerland zunächst bis Wenningstedt und später noch weitergeführt werden. Die Wasserbauer



Abb. 9.
Fuß des Roten Kliffs.
23. 2. 1962.
Durch die Februar-Flut 1962 ist der Hangschutt entfernt und der Strand unmittelbar am Fuß des Kliffs soweit abgetragen worden, daß der schräg geschichtete Kaolinsand frei lag. Vorne links von der Mitte ein künstlicher Anschnitt, um den weißen Kaolinsand zu zeigen.

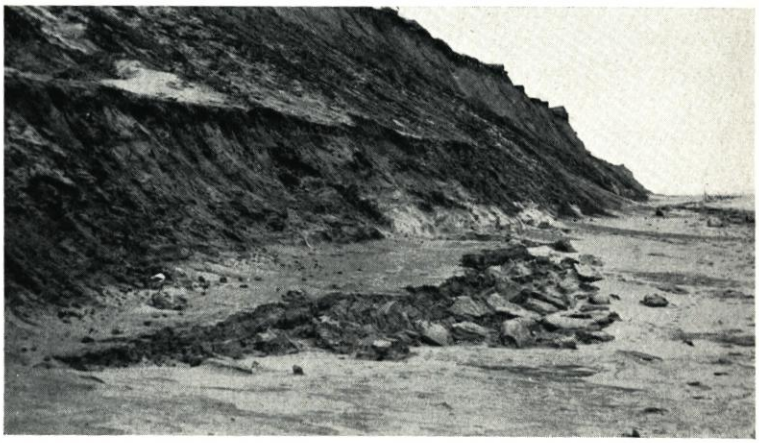


Abb. 10.
Fuß des Roten Kliffs.
2. 1. 1966.
Ein linsenförmiges Tonlager von 15 m Länge, dem Kaolinsand eingelagert, hat der Sturmbrandung bis auf die Randzone widerstanden und läßt durch die Breite seiner Oberfläche erkennen, wie weit das Kliff durch die Sturmfluten des Herbstes 1965 zurückgegangen ist.

müssen entscheiden, ob es durchführbar ist, den Unterwasserhang mindestens bis zu der Außenkante der Riffzone schon bald ganz oder örtlich zu Fels zu machen, wie ähnlich es LAMPRECHT (1957, S. 87) vorschlug, oder ob die Verfelsung in der heutigen Strandlinie im Wege dauernder Verlängerung nach N fortgesetzt werden soll. Im letztgenannten Fall wird sich für Westerland nach Norden hin infolge der dichten Besiedlung nicht die Gelegenheit bieten, daß zwischen zwei hochwasserfrei befestigten Vorsprüngen eine für den Sandfang geeignete, weit genug landwärts eingreifende Bucht nach Art der Calangen der mittelmeerischen Küste erhalten bleibt. Wohl aber wäre dies bei rechtzeitiger Planung südlich von Westerland zu erreichen.

Der Westerländer Vorsprung, d. h. der Schnittpunkt der N—S verlaufenden Küste der

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

Hörnum-Halbinsel mit der N 20 E verlaufenden nördlichen Sylter Westküste, liegt vor Westerland-Süderende. Einen ähnlichen Knick zwischen zwei geradlinig verlaufenden Küsten finden wir auf Amrum bei A-Hörn. Die Entstehung so scharfer Richtungsänderung in Abtragungsküsten mag damit zusammenhängen, daß SW-Sturm und Flutstrom die nördliche und NW-Sturm und Ebbstrom die südliche Küstenstrecke am nachhaltigsten gestalten. Auf Amrum ist dieser Vorgang durch den davor

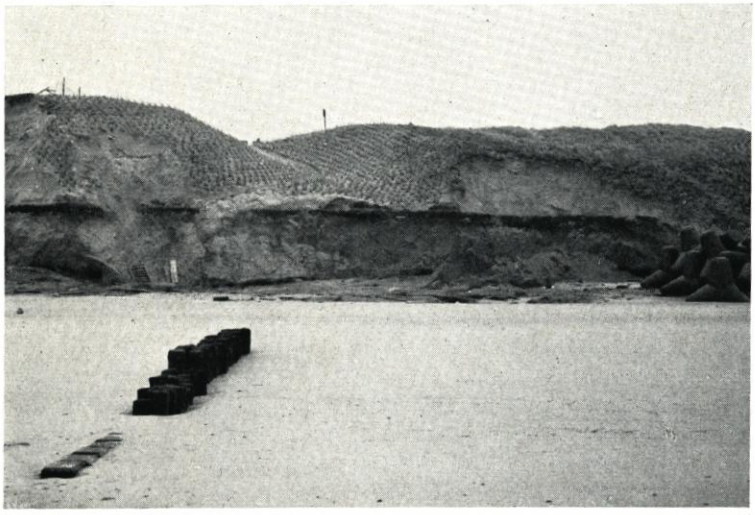


Abb. 11.
Westerland, nördliches Ende der Tetrapoden-Mauer.
30. 12. 1965.
Sturmfluten des Herbstes 1965 haben das an das Nordende der Tetrapoden-Reihe anschließende Kliff aus diluvialem Sand und Lehm erneut um 5 m abgetragen. Darüber ist das dunkle Band des humosen Mutterbodens der Geest weithin freigelegt. Die oberhalb davon liegenden Dünen sind an zwei Stellen mitsamt der neuen Helm-Bepflanzung abgerutscht, ebenso ein über eine Treppe nach unten führender Pfad.



Abb. 12.
Rechter Bildrand: Tetrapoden-Damm nördlich von Westerland.
30. 12. 1965.
Der Damm hat das Kliff vom Februar 1962 geschützt. Aber an seinem Nordende ist durch Brandung und Lee-Erosion ein neuer Einbruch (von der Bildmitte nach links) entstanden.

entstandenen Kniepsand weitgehend stillgelegt. Die Kliffdüne vor A-Hörn bleibt sogar durch ein Tal von dem Geestkliff getrennt. Auf Sylt wird der Westerländer Küstenvorsprung voraussichtlich in seiner ganzen Länge in wenigen Jahren durch ein Deckwerk festgelegt werden.

Die Fixierung der Lage dieses Küstenteils dürfte für das Geschehen an der südlichen Westküste von Sylt von entscheidender Bedeutung sein. Ist jener Abschnitt doch der Aufhängepunkt für die nach S sich neu aufbauende Ausgleichsküste. Die Entwicklung der nächsten Jahrzehnte wird zeigen, ob Mittel aufgebracht werden müssen, um beim Hörnum-Haken den natürlichen Umbau einer geraden Küste zu einer bogenförmigen zu unterbinden.

IV. Die Riffzone

Zum Wirkungsbereich von Brandung und ufernahen Strömen gehört auch die Riffzone. Aus zahlreichen Beobachtungen wissen wir, daß dort, wo die auflaufende Welle infolge zu geringer Wassertiefe sich erstmalig bricht, der Sand aufgewirbelt und dadurch ein im Gegensatz zum ebenflächigen tieferen Teil des Küstenhanges sehr unruhig gestalteter Meeresboden ausgebildet wird. Schmale Bänke entstehen, zwischen denen Wasser in Rinnen verstärkt strömt. Die zuverlässigste Auskunft über die Riffzone vor Sylt gaben die Untersuchungen von H. O. LAMPRECHT (1957). Die Verteilung der Formen und somit das Geschehen in dieser nach LAMPRECHT 100 bis 500 m breiten Zone wechselt mit der Stärke des Windes und der Dünung. Je stärker die Dynamik, desto stärker die Umlagerung des Sandes. Für die Erhaltung der Küste aus Lockergestein ist das Verhältnis des Umfanges von Sandzufuhr zu Sandabfuhr ausschlaggebend. Abbildung 5 zeigt das Gebiet, in das Sand angefrachtet wird. Wir sehen aber auch, daß am südlichen Aufhängepunkt des Küstenbogens überwiegend Sand fortgeführt wird.

Es ist bekannt, daß an der von Westerland nach N führenden Küste die Sandwanderung in gleicher Richtung verläuft. Bezeugt wird dies

a. von den Betreuern der Badeeinrichtungen. Sie beobachteten, daß bei Hochfluten losgeschlagene Treppen usw. im N strandeten,
b. durch den Umstand, daß die eiszeitlichen Geschiebe des Roten Kliff nach N verfrachtet werden; plattige Stücke bis auf den Ellenbogen,
c. durch die Verfrachtung eines zunächst bei Klappholttal angetriebenen Rothirsches, der von der folgenden Hochflut bis an den Strand von Ellenbogen, gleich östlich des Westfeuers, weiter verfrachtet wurde[3]),
d. durch die jüngsten Untersuchungen mittels radioaktiven Sandes und Luminophoren, ausgeschüttet auf dem Riff nördlich des Westerländer Vorsprungs (siehe M. PETERSEN 1965, K. H. NACHTIGALL und E. SEIBOLD 1965).

Südlich von Westerland aber, so versicherten die Betreuer der Badeeinrichtungen, werden losgeschlagene Teile ihrer Einrichtungen im Endeffekt nach S verfrachtet. Da der Ort des Anstehens der bei Puan Klent angetriebenen Kleigerölle nicht bekannt ist, kann aus ihnen die Transportrichtung nicht abgelesen werden. Am Südende der Hörnum-Halbinsel werden (zeitweise) Eem-Schichten vom Meere aufgearbeitet. Daraus stammende Molluskenschalen gehören z. T. anderen Arten an, als sie in der Nacheiszeit dort lebten *(Tapes senescens)*. Deren Schalen werden nur dort gefunden, wo die Eemschichten anstehen. Eine Verfrachtung gegen N ist nicht nachzuweisen.

Es ist eine dringende Aufgabe, sei es durch direkte Messungen oder mittels Leitstoffen wie radioaktiven Sanden oder Luminophoren, eindeutig aufzuzeigen, in welche Richtung Sand an der Küste südlich von Westerland verfrachtet wird.

Fast unbekannt ist uns das Geschehen auf dem tieferen Teil des Küstenhanges. Westlich von Sylt wurde Land in noch unbekannter Breite bis 10 m Tiefe während der letzten Jahrtausende abradiert. Dies und die ruhigen Formen der dabei entstandenen Hänge bezeugen Sandverfrachtung. Die Unterschiede in der Neigung der Hänge (siehe S. 174) sind die Reaktion auf die Stärke der Strömung. Nach LAMPRECHT (1957, S. 46, 56, 57) unterliegt der Küstenhang vor Sylt unterhalb der Riffzone, also in seinen unteren 5 bis 6 m, erheblichen Veränderungen. Auch dies besagt, daß hier Sediment verfrachtet wird.

Ein besonderes Interesse beansprucht die von LAMPRECHT aufgezeigte Nase in 10 m Tiefe, also auf dem Boden der Nordsee, gleich unterhalb des Küstenhanges. Nach den Unterlagen, die uns

---

[3]) Nach freundlicher Mitteilung von Fräulein Weinrich vom Nordseeheim Klappholttal lag der Hirsch etwa 8 Tage am Strande vor Klappholttal. Jungen aus jenem Kinderheim sägten das Geweih ab. Die Sturmflut vom 5./6. Dezember 1961 verfrachtete das Tier bis auf den Ellenbogen. (Abgebildet im Flensburger Tageblatt vom 28. Dezember 1961.)

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182

LAMPRECHT gibt, liegt diese Nase genau vor dem Knick der Sylter Westküste. Ihre Spitze erreicht bis 2 km Abstand vom Ufer; in der Länge schwankt sie um 600 m und verschiebt ihre Spitze bis zu 2 km. Da dort, wo dieser Rücken liegt, nach Auffassung der Geologen nur das Auftreten leicht zu zerstörender Kaolinsandschichten anzunehmen ist, dürfte nicht ein Abrasionsrest vorliegen. Es ist vielmehr wahrscheinlich, daß es sich um eine Sandanhäufung des dort hin und her pendelnden Tidestromes handelt.

Die Fußlinie des Küstenhanges ist das seeseitige Gegenstück zur Wasserlinie am Strande. Zwischen diesen beiden Grenzen spielen sich die Vorgänge der Küstenzerstörung ab. Da mit Sandabwanderung dort unten zu rechnen ist, verdient diese Zone im Nord- wie im Südabschnitt der Insel untersucht zu werden. Insbesondere ist zu prüfen, ob bei kräftigem ablandigem Wind, verbunden mit Dünung aus westlicher Richtung, aus der Tiefe aufsteigendes Wasser außer Bernstein auch Sand hangaufwärts in die Riffzone verfrachtet.

V. Der anschließende Nordseeboden

Wie schon VAN VEEN betonte, stellt der Boden der südlichen Nordsee keine ruhende Fläche dar. Vielmehr heben hohe Wellen feine Teilchen an, so daß diese von der Tideströmung verfrachtet werden können. Bessere Kenntnis des Verhaltens des Sediments am Grunde der Nordsee vor Sylt erscheint unerläßlich, wenn man die Sandbilanz auch quantitativ erfassen will.

Bei der Tiefenlage von 10 bis 12 m ist damit zu rechnen, daß tonige Ablagerungen des eemzeitlichen Meeres im Westen der Abrasions-Ebene der heutigen Nordsee erhalten geblieben sind. Bodenprofile, mit dem Kolbenlot gewonnen, könnten mit geringen Unkosten deren Ostgrenze nachweisen und damit klarlegen, wie breit der Streifen ist, der Sylt seit Wiederkehr der Nordsee durch Abrasion verlorengegangen ist. Es ist zu erstreben, daß das Deutsche Hydrographische Institut durch eines seiner Schiffe diese für die Geschichte der nordfriesischen Küste wichtige Untersuchung durchführt.

VI. Folgerungen

Das heutige Geschehen an der nordfriesischen Küste ist trotz mancher und auch neuerer erfolgreicher Untersuchungen noch teilweise unbekannt. Dringend erforderlich ist, nähere Kenntnis über die Sandwanderung zu gewinnen:

a. am Küstenabfall unterhalb der Riffzone,
b. am Grunde der Nordsee unweit des Küstenabfalls,
c. auf dem Riff und Küstenabfall vor der Hörnum-Halbinsel.

} im Untersuchungsgebiet von H. O. LAMPRECHT

Erst wenn die Vorgänge zwischen der 12-m-Tiefenlinie und dem Strand hinreichend bekannt sein werden, kann die Sandbilanz zuverlässig erfaßt werden.

Für das Geschehen an der nordfriesischen Küste ergibt sich:

1. Sylt stellt für die Schwingungen des Tidewassers südlich vom Horns Riff ein Hindernis dar. Die Insel wird daher ohne starke Sicherungsmaßnahmen bis zum Erreichen einer vollendeten Ausgleichsküste abgetragen werden.
2. Dieser Abtrag, also Sandwanderung, findet nicht nur in der Brandungszone, sondern auf dem ganzen Hang zwischen Meeresboden und Strand statt. Die Riffzone ist der obere, durch brechende Wellen umgestaltete Teil dieses Hanges.
3. Um weiteren Landverlust örtlich zu unterbinden, hat der Mensch begonnen, aus der Lockersandküste eine „Fels"-Küste zu machen.
4. Da die durch künstliche Felsnasen eingeengte Strömung verstärkt abträgt, wird der Küstenhang (0—10 m) steiler werden. Der Strand wird zunehmend schwinden.

5. Tetrapoden-Schüttungen bieten neben anderem den Vorteil, daß sie oben ergänzt werden können, wenn sie nach Schwinden der Riffzone infolge Unterspülens zusammenbrechen.

6. Infolge des abschnittsweisen Ausbaus der Schutzwerke und der Lee-Erosion am jeweiligen Ende wird die Umwandlung in eine Felsküste zu Felsbastionen führen.

7. Die Westerländer „Felsküste" wird voraussichtlich bis nördlich von Wenningstedt verlängert werden.

8. Dies bedeutet, daß der Strand von Westerland gegen N im Laufe der Jahrzehnte zunehmend schmaler und schließlich fehlen wird.

9. Es ist daher zu prüfen, ob südlich von Westerland Sandstrand erhalten bleiben kann, und zwar in einer Bucht zwischen zwei künstlichen Felsbastionen, entsprechend den Calangen an der Küste des Mittelmeeres. Es wäre an einer Seewasserbau-Versuchsanstalt zu prüfen, wie tief die Brandung den Sand zwischen derartigen Bastionen herausschlägt, wenn an der Küste ein Sandstrom vorbeizieht.

10. Die „Verfelsung" der Küste liegt zwar teilweise noch in weiter Ferne, aber sie sollte frühzeitig bei der Planung beachtet werden.

11. Siedlungen nahe der Westküste auf Sylt sind solange zu verhindern, bis die durch die vorgesehene Planung der „Verfelsung" zu sichernden Gebiete bestimmt sind.

VII. Schriftenverzeichnis

Czock, H. u. Wieland, P.: Naturnaher Küstenschutz am Beispiel der Hörnum-Düne auf der Insel Sylt nach der Sturmflut vom 16./17. Februar 1962. Die Küste 13, S. 61—72, 1965.

Dittmer, E.: Erdgeschichte der Nordfriesischen Inseln in Kersten & La Baume. Neumünster 1958, S. 13—16.

Dolezal, R., Petersen, M., usw.: Entwicklung und Untersuchung eines radioaktiven Indikatorverfahrens zur Messung der Kinetik, der Erosion und des Sandtransportes an sandigen Brandungsküsten. Euratom 2167 d., Brüssel 1965.

Gripp, K.: Erdgeschichte von Schleswig-Holstein. Neumünster i. H. 1964.

Gripp, K., Simon, W. G., Becker, W.: Untersuchungen über den Aufbau und die Entstehung der Insel Sylt. Die Westküste 2, H. 2, S. 24—84, 1940.

Gutsche, H.: Über den Einfluß von Strandbuhnen auf die Sandwanderung an Flachküsten. Mitt. Franzius-Institut für Grund- und Wasserbau TH Hannover, 20, S. 74—211, 1961.

Knop, Fr.: Küsten- und Wattveränderungen Nordfrieslands. Methoden und Ergebnisse ihrer Überwachung. Die Küste 11, S. 1—33, 1963.

Lamprecht, H. O.: Uferveränderungen und Küstenschutz auf Sylt. Die Küste 6, H. 2, S. 39—93, 1957.

Mager, F.: Der Abbruch der Insel Sylt durch die Nordsee. Schriften Baltische Kommission zu Kiel VI, S. 1—199, Breslau 1927.

Müller-Fischer, O.: Das Wasserwesen an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste — II. Teil: Die Inseln. 7. Folge. Sylt. Berlin 1938.

Penck, A.: Morphologie der Erdoberfläche. Stuttgart 1894.

Petersen, M.: Das deutsche Schrifttum über Seebuhnen an sandigen Küsten. Die Küste 9, S. 1—57, 1961.

Petersen, M., Nachtigall, K. H., und Seibold, E.: Studien an sandigen Brandungsküsten mit Scandium 46. Atomkernenergie 10, S. 285—294, 1965.

Simon, W. G.: Der voralluviale Untergrund des nordfriesischen Wattenmeers. Kieler Meeresforschungen 5, S. 146—168, 1941.

van Veen, I. Joh.: Onderzoekningen in den Hoofden. s'Gravenhage 1936.

Walther, F.: Grundlagen für die Entwicklung der Meeresströmung in den Seegaten und Wattgebieten der ostfriesischen Küste. Wasserwirtschaft 40, H. 1 und 2, Stuttgart 1949.

Zausig, F.: Veränderungen der Küsten, Sände, Tiefs und Watten der Gewässer um Sylt (Nordsee) nach alten Seekarten, Seehandbüchern und Landkarten seit 1585. Geol. d. Meere u. Binnengewässer III, 4, 1939.

Die Küste, 14 Heft 2 (1966), 1-182